

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ им. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

**Методическое руководство
по агроэкологической оценке земель,
проектированию
адаптивно-ландшафтных
систем земледелия и агротехнологий**

**Под редакцией академика РАСХН В.И. Кирюшина,
академика РАСХН А.Л. Иванова**

Москва, 2005

Оглавление

- ВВЕДЕНИЕ**
- 1. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**
 - 1.1. Системы земледелия как базовая составляющая агропромышленного производства**
 - 1.2. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия**
- 2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ**
 - 2.1. Задачи и принципы построения агроэкологической оценки земель**
 - 2.2. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур как исходный критерий агрооценки земель**
 - 2.3. Ландшафтно-экологический анализ территории**
 - 2.3.1 Понятие ландшафта и агроландшафта
 - 2.3.2 Географическая классификация природных и природно-сельскохозяйственных ландшафтов
 - 2.3.3 Агрооценка ландшафтно-экологических условий
 - 2.3.3.1. Геоморфологические условия
 - 2.3.3.2. Литологические условия
 - 2.3.3.3. Гидрогеологические условия
 - 2.3.3.4. Агроклиматические условия
 - 2.3.3.5. Геохимические условия
 - 2.3.3.6. Оценка поверхностного стока и дренированности
 - 2.3.3.7. Оценка выноса почвы ветром
 - 2.3.3.8. Естественная дренированность территорий
 - 2.3.3.9. Структура почвенного покрова
 - 2.4. Агроэкологическая оценка почв**
 - 2.4.1. Агрономические свойства почв
 - 2.4.1.1 Строение почвенного профиля
 - 2.4.1.2. Физические свойства почв
 - 2.4.1.3. Химические и физико-химические свойства почв
 - 2.4.1.4. Биогенность и биологическая активность почвы
 - 2.4.1.5. Окультуренность почв
 - 2.4.1.6. Оценка эрозионной опасности и эродированности почв.
 - 2.4.1.7. Диагностика гидроморфизма почв и оценка степени заболоченности
 - 2.4.2. Почвенные режимы
 - 2.5. Агроэкологическая оценка земель загрязненных тяжелыми металлами**
 - 2.6. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных радионуклидами**
 - 2.6.1. Методология и содержание оценки
 - 2.6.2. Методы обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами
 - 2.6.3. Методические основы оценки миграционной подвижности радионуклидов в аграрных экосистемах
 - 2.6.4. Радиологическая классификация агросистем
 - 2.6.5. Радиологическая классификация лугов
 - 2.6.6. Агроэкологическая оценка загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодий, определяющая возможность их хозяйственного использования
 - 2.7. Фитосанитарная оценка земель**
 - 2.7.1. Методы учёта насекомых
 - 2.7.2. Методы учёта грызунов
 - 2.7.3. Методы учёта развития и распространения болезней

- 2.7.4. Методы учёта сорняков
- 2.8. Санитарная оценка земель**
- 2.9. Оценка устойчивости ландшафтов и агроландшафтов и их антропогенной преобразованности**
 - 2.9.1. Экологическая устойчивость природных ландшафтов
 - 2.9.2. Устойчивость агроландшафтов
 - 2.9.3. Оценка деградации агроландшафтов и почв
 - 2.9.4. Экологическая ёмкость агроландшафта
- 3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**
 - 3.1. Принципиальная схема агроэкологической типизации земель**
 - 3.2. Ландшафтно-экологическая классификация земель**
 - 3.3. Разработка ландшафтно-экологической классификаций земель по природно-сельскохозяйственным провинциям**
 - 3.4. Классификация почв**
 - 3.5. Группировка агроэкологических видов земель**
- 4. МЕТОДИКА ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**
 - 4.1. Общие принципы**
 - 4.2. Требования к содержанию почвенно-ландшафтных карт**
 - 4.3. Предварительный камеральный период**
 - 4.4. Полевой период**
 - 4.5. Завершающий камеральный период**
 - 4.6. Использование ГИС-технологий при почвенно-ландшафтном картографировании земель и обобщении материалов их агроэкологической оценки**
- 5. БОНИТИРОВКА ПОЧВ И ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ**
- 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ**
- 7. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И ТИПИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЯХ.**
- 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**
 - 8.1. Проект АЛСЗ как составная часть проекта внутрихозяйственного землеустройства**
 - 8.1.1. Основное содержание проекта внутрихозяйственного землеустройства на эколого-ландшафтной основе
 - 8.1.2. Анализ производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия
 - 8.1.3. Обоснование специализации производства, соотношения и структура сельскохозяйственных угодий
 - 8.1.4. Определение организационно-производственной структуры хозяйства, состава, количества и размера производственных подразделений
 - 8.1.5. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур с использованием ГИС-технологий
 - 8.2. Формирование севооборотов.**
 - 8.2.1. Экологические критерии.
 - 8.2.2. Социально-экономические критерии.
 - 8.2.3. Оптимизация структуры пашни и севооборотов
 - 8.2.4. Длительность ротации севооборотов.
 - 8.2.5. Проектирование полей севооборотов и производственных участков.
 - 8.2.6. Паспортизация полевых и производственных участков
 - 8.3. Особенности проектирования систем обработки почвы в севооборотах**
 - 8.4. Проектирование системы удобрения сельскохозяйственных культур**

- 8.4.1. Задачи и принципы проектирования систем удобрений
- 8.4.2. Применение органических удобрений
- 8.4.3. Известкование кислых почв
- 8.5. Фитосанитарная оптимизация агроценозов**
- 8.5.1. Основные вредители и болезни сельскохозяйственных культур
- 8.5.2. Наиболее вредоносные виды сорных растений
- 8.5.3. Экономическая оценка вредоносности и целесообразности применения защитных мероприятий
- 8.5.4. Принципы формирования и возможности экологизации систем защиты растений
- 8.5.5. Применение биопрепаратов
- 8.5.6. Проектирование систем защиты растений
- 8.6 Организация территории сельскохозяйственного предприятия**
- 8.7. Проектирование агролесомелиоративных мероприятий**
- 8.7.1. Ландшафтно-экологические принципы формирования агролесомелиоративных комплексов
- 8.7.2. Проектирование защитных лесонасаждений
- 8.7.2.1. Проектирование ползащитных (ветроломных) лесных полос
- 8.7.2.2. Автоматизированное проектирование систем стокорегулирующих лесополос
- 8.7.2.3. Проектирование ЗЛН на склоновых землях присетевого и гидрографического фондов
- 8.7.2.4. Размещение защитных лесных насаждений на аридных пастбищах
- 8.7.3. Ассортимент деревьев и кустарников для создания защитных лесных насаждений
- 8.7.4. Технология создания защитных лесных насаждений
- 8.7.4.1. Создание ползащитных (ветроломных) лесонасаждений на богарных и орошаемых землях
- 8.7.4.2. Создание противозерозионных лесных полос
- 8.7.4.3. Создание защитных лесных насаждений в экстремально засушливых условиях
- 8.7.4.4. Лесохозяйственные приемы формирования защитных лесных насаждений
- 8.8. Проектирование оросительных и осушительных мелиораций**
- 8.8.1. Экологическая роль и место гидротехнических мелиораций в адаптивно-ландшафтном земледелии
- 8.8.2. Нормативная база и стадии проектирования мелиораций
- 8.8.3. Мелиоративные системы и их составляющие
- 8.8.4. Состав агроэкологического обоснования мелиорации на предпроектных стадиях
- 8.8.5. Агроэкологическое обоснование оросительных и осушительных мелиораций при проектировании
- 8.8.6. Оптимизация мелиоративных мероприятий в соответствии с генетическими особенностями почв и почвообразующих пород
- 8.8.7. Регулирование мелиоративных режимов агрогеосистем различного уровня, агроэкологические риски и ограничения.
- 8.8.8. Контрольный лист агроэкологической оценки проекта мелиорации
- 8.9. Проектирование технологий возделывания полевых культур**
- 8.9.1. Методические основы формирования и освоения агротехнологий
- 8.9.2. Выбор сорта
- 8.9.3. Планирование урожайности
- 8.9.3.1. Категории урожайности сельскохозяйственных культур
- 8.9.3.2. Расчет потенциальной урожайности
- 8.9.3.3. КПД фотосинтеза
- 8.9.3.4. Расчет климатически обеспеченной урожайности
- 8.9.3.5. Расчет действительно возможной урожайности
- 8.9.3.6. Выбор уровня планируемой урожайности
- 8.9.3.7. Методика определения статистических характеристик ожидаемой урожайности

- 8.9.3.8. Региональная практика расчета планируемой урожайности
- 8.9.4. Разработка структурных моделей посевов сельскохозяйственных культур с учетом предшественников и планируемой урожайности при различных уровнях интенсификации агротехнологий
- 8.9.5. Расчет потребности в элементах питания на планируемую урожайность
- 8.9.6. Внесение удобрений
- 8.9.7. Применение микроудобрений
- 8.9.8. Регулирование минерального питания растений в процессе вегетации
- 8.9.9. Формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя
- 8.9.10. Управление ростом развитием элементов продуктивности полевых культур
- 8.9.11. Преодоление стрессовых ситуаций
- 8.9.12. Регулирование микробиологических процессов в агроценозах
- 8.9.13. Сроки и способы уборки урожая
- 8.9.14. Оценка энергетической эффективности агротехнологий
- 8.10. Контроль качества продукции**
- 8.10.1. Качество продукции растениеводства и стандартизация
- 8.10.2. Обеспечение качества продукции
- 8.10.3. Контроль качества и сертификация продукции
- 8.10.4. Сертификация агротехнологий и агропредприятий
- 8.11. Проектирование кормопроизводства**
- 8.11.1. Современное состояние кормопроизводства и новые требования к его формированию
- 8.11.2. Состояние природных кормовых угодий
- 8.11.3. Размещение отраслей животноводства в соответствии с природными условиями
- 8.11.4. Расчет потребности животных в кормах
- 8.11.5. Ассортимент кормовых культур
- 8.11.6. Организация культурных пастбищ
- 8.11.7. Технологии улучшения природных кормовых угодий.
- 8.11.8. Организация зеленого конвейера
- 8.11.9. Заготовка кормов на зимний период
- 8.11.10. Устройство территории пастбищ
- 8.11.11. Устройство территории сенокосов
- 8.11.12. Составление картограммы мероприятий по организации, использованию и улучшению кормовых угодий.
- 8.12. Овощеводство**
- 8.12.1. Задачи овощеводства
- 8.12.2. Агроэкологическая оценка овощных культур
- 8.12.3. Особенности проектирования овощеводства и бахчеводства
- 8.12.3.1. Севообороты
- 8.12.3.2. Особенности удобрения овощных культур
- 8.12.3.3. Особенности системы обработки почвы
- 8.13. Сорта и семеноводство**
- 8.13.1. Правовые аспекты селекции и семеноводства, сертификация семян
- 8.13.2. Система семеноводства
- 8.14. Охрана природы и поддержание биоразнообразия, микрозаказники**
- 8.15. Особенности проектирования АЛСЗ для земель различных агроэкологических групп в зональном и провинциальном аспектах**
- 8.15.1. Эрозионноопасные земли
- 8.15.2. Дефляционно-опасные земли
- 8.15.3. Переувлажненные земли
- 8.15.4. Пойменные земли

- 8.15.5 Засоленные земли
- 8.15.6 Солонцовые земли
- 8.15.7 Мерзлотные земли
- 8.15.8 Особенности проектирования земледелия на сельскохозяйственных территориях загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами
- 8.15.8.1 Принципы организации земледелия на сельскохозяйственных территориях загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами
- 8.15.8.2. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем радиоактивного загрязнения
- 8.15.8.3. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами
- 8.16 Техническое обеспечение адаптивно-ландшафтного земледелия и его отражение в проектах**
 - 8.16.1 Определение потребности в технике
 - 8.16.2 Оценка технико-экономических показателей сельскохозяйственной техники и технологий
 - 8.16.3. Принципы проектирования технического оснащения АЛСЗ
 - 8.16.4. Математическое и информационное обеспечение проектирования технического оснащения АЛСЗ
 - 8.16.5. Экономическая эффективность формирования технической базы АЛСЗ
 - 8.16.6. Формирование первичных коллективов машинного производства сельскохозяйственной продукции
- 8.17. Определение эколого-экономической эффективности АЛСЗ**
- 9. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**
- 10. ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОКОМПЛЕКСОВ, РЕГИСТРОВ АГРОТЕХНОЛОГИЙ И АГРОГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ**
 - 10.1. Принципы разработки региональных агрокомплексов и агрогеоинформационных систем
 - 10.2. Опыт разработки региональных агрокомплексов на примере Западной Сибири
 - 10.3. Формирование региональных регистров агротехнологий
- 11. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЛСЗ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА**
 - 11.1. Современное состояние государственного землеустройства
 - 11.2. Регулирование использования земель
 - 11.3. Муниципальное землепользование и землеустройство
 - 11.4. Основное содержание и задачи проведения землеустройства на эколого-ландшафтной основе
 - 11.5. Формирование агроландшафтов при землеустройстве
 - 11.6. Оценка природоохранной организации территории
- 12. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

ВВЕДЕНИЕ

Более четверти века прошло с начала становления зональных систем земледелия в России. В первое десятилетие (1980...90 гг.) эта работа набрала значительное ускорение. За это время для всех регионов России были разработаны и изданы в виде обширных монографий рекомендации по системам земледелия, которые в той или иной мере были дифференцированы на уровне зональных природно-сельскохозяйственных провинций. В 1986...90 гг. по инициативе правительства была развернута общегосударственная кампания по освоению интенсивных агротехнологий. Она явилась своеобразным откликом на достижения мировой технологической революции в сельском хозяйстве, попыткой вывести страну из технологической отсталости в АПК. В эти годы правительство как никогда ранее оказывало поддержку развитию сельскохозяйственного производства. Наряду с усилением материально-технического обеспечения предпринимались попытки развития хозрасчетных отношений. Соответственно во второй половине 80-х годов были достигнуты наиболее высокие производственные показатели, в особенности урожайности зерновых культур. При всех положительных сдвигах эти показатели были в 3-4 раза ниже средней урожайности в развитых странах и в 2 раза ниже среднемировой. Это связано с несовершенством инфраструктуры земледелия, укоренившимися шаблонами директивно-плановой системы хозяйствования, технико-технологической отсталостью от современных достижений НТП.

Опыт освоения зональных систем земледелия уже в середине 80-х годов показал необходимость более глубокой дифференциации систем земледелия применительно к различным агроэкологическим условиям. В дальнейшем стала все более очевидной необходимость адаптации систем земледелия и агротехнологий к разным уровням интенсификации производства, хозяйственным укладам и далее к рынку сельскохозяйственной продукции. Эти задачи особенно отчетливо проявились на фоне новейших достижений мирового НТП в области агротехнологий, информатики и в связи с принятием новой парадигмы природопользования в терминах *sustainable development*, которая определила задачи экологизации хозяйственной деятельности, в том числе и в АПК. Принятие этой новой идеологии конференцией ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году в глобальном масштабе совпало с Решением сессии Россельхозакадемии, определившим курс на развитие докучаевских идей землепользования и земледелия с учетом типов местности и их углубленной идентификации, то есть, выражаясь современным языком, на ландшафтной основе.

Разумеется, в земледелии такой огромной страны, как Россия, не может быть универсальных проектных решений. Недопустимость шаблонов доказана самой историей развития земледелия в России.

Тем не менее общие методологические подходы к формированию систем земледелия и агротехнологий неизбежны. Они должны отражать сущ-

ность государственной технологической политики в АПК и аграрной политики в целом. Такая политика существует в каждом государстве. В России она имеет особое значение в связи с большими размерами сельскохозяйственных предприятий, охватывающих весьма различающиеся в агроэкологическом отношении территории. В отличие от сложившейся десятилетиями и веками инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий Запада в России предстоит огромная работа по упорядочению использования земельных ресурсов, которые перегружены маргинальными землями (эрозионными, солонцовыми, переувлажненными и др.) в результате различных кампаний в прошлом и претерпели стихийные преобразования в период реформ. Структура этих угодий несет на себе печать шаблонов старой системы с нерациональным размещением культур, экстремальными размерами полей и т.п. Эта задача не может быть решена сама по себе. Потребуются немалые усилия государства, соответствующая земельная политика, которая может реализовываться лишь через проекты землеустройства, включающие проекты АЛСЗ как базовую их часть. Соответственно землеустройство получит новое содержание на более адекватной ландшафтной основе.

Развивая новые подходы к проектированию АЛСЗ нельзя не учитывать преемственность с ранее выполненными проектами зональных систем земледелия и проектов внутрихозяйственного землеустройства. Некоторые из них опережали свое время и могут быть эффективно использованы при соответствующих дополнениях и уточнениях, другие требуют значительной корректировки или пригодны весьма ограниченно. Но во всех случаях составленные для всех хозяйств России крупномасштабные почвенные карты существенно облегчают формирование новой землеоценочной основы.

В основу предлагаемого Руководства положена методология землеоценки и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий, разработанная академиком РАСХН В.И. Кирюшиным и апробированная в различных природно-сельскохозяйственных зонах и провинциях, в частности в Новосибирской, Московской, Владимирской, Ярославской, Воронежской, Оренбургской, Тамбовской областях.

Наряду с обобщением этого опыта были использованы материалы научных исследований по агроэкологической оценке земель и проектированию АЛСЗ, выполненные в различных научных центрах. Из непосредственных участников этих работ сформирован коллектив авторов данного методического руководства: академик РАСХН В.И. Кирюшин (1; 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.9; 3; 4; 7; 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.9; 8.15; 9; 10; 12), М.В. Буланова (2.3.3.9; 3.3; 3.4; 4; 8.15), И.В. Слива (4.6; 7; 8.1; 10.2.5; 10.1; 12) д.с.х.н. Ю.П. Жуков (8.4.1; 8.9.5; 8.9.6; 8.9.7; 8.9.8), д.с.х.н. Н.Н. Дубенок (8.8.3; 8.8.7), д.б.н. И.И. Васенев (7; 12), член-корр. В.С. Кочетов (8; 10) к.с.х.н. В.Г. Мамонтов

(2.3; 2.4), д.с.х.н. А.М. Березкин (8.13), к.б.н. А.М. Малько (8.13), д.с.х.н. М.М. Овчаренко (8.9.8), д.с.х.н. К.Г. Алимов (8.9.1), Е.В. Карякина (2.3; 3.1) – МСХА имени К.А. Тимирязева; академик РАСХН А.Л. Иванов (Вступление; 8.1; 8.9; 10.1), академик РАСХН Н.В. Краснощеков (8.16; 10.3), академик РАСХН В.А. Захаренко (2.7; 8.5), академик РАСХН Б.С. Маслов (8.8), чл.-корр. РАСХН А.В. Захаренко (2.7; 8.5; 8.9.14), чл.-корр. РАСХН И.П. Свинцов (8.7) чл.-корр. РАСХН М.С. Кузнецов (2.3; 3.6; 8.9.14), к.с.х.н. В.В. Вершинин (2.5; 8.15.8; 11.4; 11.5; 11.6) – Россельхозакадемия; академик РАСХН А.Н. Власенко (8.15.7; 10), д.с.х.н. Н.Г. Власенко (2.7; 8.5; 10.2), д.с.х.н. А.И. Южаков (8.15.7; 10.2), д.с.х.н. В.К. Каличкин (10.2), к.с.х.н. Ю.П. Филимонов (10.2), к.с.х.н. Л.Н. Иодко (10.2) – СибНИИЗХим, чл.-корр. РАСХН В.А. Рожков (7), д.с.х.н. Д.С. Булгаков (5), чл.-корр. РАСХН И.И. Карманов (5); д.с.х.н. Н.П. Сорокина (4), д.с.х.н. А.С.Извеков (8.15.2) – Почвенный институт имени В.В. Докучаева; академик РАСХН И.А. Тихонович (2.4.14; 8.5.5;), д.б.н. Ю.В. Круглов (2.4.1.4; 8.5.5), д.б.н. О.В. Смирнов (8.5.5), к.б.н. В.К. Чеботарь (8.5.5) – ВНИИ микробиологии, академик РАСХН Н.В. Войтович (8.4; 8.9.1; 8.9.5), чл.-корр. РАСХН Б.И. Сандухадзе (8.9.1); д.с.х.н. Г.В. Благовещенский (8.11), д.с.х.н. В.Г. Егоров (8.16.1), к.с.х.н. А.В. Останина (8.4.3), к.с.х.н. В.Д. Штырхунов (8.11) – НИИСХ ЦРНЗ; академик РАСХН К.Н. Кулик (8.7), академик РАСХН В.И. Петров (8.7), чл.-корр. РАСХН Г.Я. Маттис (8.7), д.с.х.н. А.Т. Барабанов (8.7) – ВНИАЛМИ, д.с.х.н. В.А. Федотов (8.9.2; 8.9.3.8; 8.9.4; 8.9.9; 8.9.11; 8.9.13), д.с.х.н. С.В. Кадыров (8.9.3.8; 8.9.4; 8.9.9), д.с.х.н. М.И. Лопырев (8.6; 8.14; 10.1), – Воронежский ГАУ, д.с.х.н. Ф.Р. Зайдельман (2.4.1.7; 8.6.6), д.с.х.н. Е.В. Шеин (2.4.1.2), д.с.х.н. П.Н. Балабко (8.15.4) – МГУ имени М.В. Ломоносова; академик РАСХН Н.Г. Ковалев (8.15.3), д.с.х.н. Д.А. Иванов (8.15.3) – ВНИИМЗ; академик РАСХН Р.М. Алексахин (2.6; 8.15.8), д.с.х.н. С.В. Фесенко (2.6; 8.15.8) – (ВНИИСХРАЭ); чл.-корр. С.Н. Волков (11.4; 11.5; 11.6), А.А. Варламов (6), к.э.н. Г.В. Ломакин (6) – ГУЗ; академик РАСХН Б.М. Кизяев (8.8.1; 8.8.3), д.с.х.н. Л.В. Кирейчева (8.8.1; 8.8.3), д.с.х.н. Н.И. Парфенова (8.8.3; 8.8.7) – ВНИИГИМ, академик РАСХН Э.И. Липкович (8.16.3; 8.16.4; 8.16.5), д.т.н. Ю.И. Бершицкий (8.16.3; 8.16.4; 8.16.5) – НИПТИМЭСХ; академик РАСХН Л.Н. Петрова (8.9.8) – Ставропольский НИИСХ; академик РАСХН В.П. Ермоленко (8.9.1) – Донской НИИСХ; д.с.х.н. Е.И. Шиятый (2.3.3.7; 8.15.2) – Челябинский НИИСХ, д.с.х.н. В.П. Герасименко (2.3.3.6; 2.4.1.6; 8.15.1) – Курская ГСХА, д.с.х.н. И.Л. Фрумин (9) – Челябинский ГАУ, д.с.х.н. Н.Н. Дубачинская (3.4; 8.15.6), д.с.х.н. В.М. Кононов (3.4) – Оренбургский ГАУ, чл.-корр. РАСХН

В.В. Коломейченко (8.11.7; 8.9.10) – Орловская ГСХА, д.э.н. А.С. Миндрин (8.17), к.э.н. Н.Н. Корнева (8.17) – ВНИЭТУСХ; д.с.х.н. М.А. Мазиров (2.4.2), д.с.х.н. А.Т. Волощук (8.15.3) – Владимирский НИИСХ, д.с.х.н. А.И. Еськов (2.8; 8.4.2) - ВНИПТИОУ к.с.х.н. А.А. Гладков (8.2.5) – ВИСХАГИ; академик РАСХН С.С. Литвинов (8.12), д.с.х.н. В.А. Борисов (8.12) – ВНИИ овощеводства; к.т.н. В.М. Пронин (8.16.2), к.т.н. В.А. Прокопенко (8.16.2.) - Поволжская МИС; к.г.н. М.В. Кумани (8.15.1) – ВНИИЗ и ЗПЭ; д.г.н. Б.И. Кочуров (11.1; 11.2; 11,3), Ю.Г. Иванов (11.1; 11.2; 11,3) – Институт географии РАН; к.т.н. Е.И. Коромыш (8.8) – СНЦ “Госэкомелиовод”

Под редакцией академика РАСХН В.И. Кирюшина, академика РАСХН А.Л. Иванова.

1. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

1.1. Системы земледелия как базовая составляющая систем агропромышленного производства.

В качестве одного из наиболее обобщенных выражений научного обеспечения АПК традиционно практиковалось формирование так называемых систем ведения сельского хозяйства. Регулярно издававшиеся для каждой области книги под таким названием отражали государственную аграрную политику в региональном ее преломлении с учетом местных природных и производственных ресурсов. Они служили руководством для организации сельскохозяйственного производства на различных уровнях.

В последние годы эта работа прекращена, нередко ставится под сомнение ее целесообразность, что мотивируется приоритетом рынка в формировании производственных отношений.

Во многом можно соглашаться с критикой традиционных руководств по системам ведения сельского хозяйства. Действительно, они носили декларативный характер, опирались на жесткие командные методы управления. Тем не менее они интегрировали достижения научно-технического прогресса, устанавливали определенные правила хозяйствования, взаимодействия отраслей и т.п. Многие из этих правил остаются актуальными в любой экономической системе и не могут быть заменены рынком.

Трудно рассчитывать на серьезный прогресс в АПК, пока не будут созданы научно-обоснованные модели хозяйствования на всех уровнях от предприятия до областного и республиканского АПК. Непременным условием разработки современных систем агропромышленного производства должна быть многовариантность решений, особенно технологических, возможность выбора в зависимости от природных и социально-экономических факторов. Последнее обстоятельство приобретает особый смысл в условиях многоукладности хозяйствования, экономического расслоения, различной обеспеченности производственными ресурсами, конкуренции.

Требуется более глубокий методологический уровень выполнения работы, чтобы перейти от поверхностных обобщений «от здравого смысла» к моделям агропромышленного производства, оптимизированным по совокупности определенных факторов. Это нечто иное, «чем комплекс взаимоувязанных технологических, технических, экономических, социальных, природовосстановительных и природоохранных мероприятий», как чаще всего формулировались системы агропромышленного производства. Речь идет об оптимизации хозяйственной деятельности по экономическим, социальным, производственным параметрам и ее экологизации. Последняя означает не только и не столько проведение природовосстановительных и природоохранных мероприятий, сколько приведение производственных процессов в соот-

ветствие с разнообразными условиями ландшафтов и законами экологии, а стало быть, устранение причин тех или иных нарушений, а не последствий.

Методология систем ведения хозяйства как на региональном уровне, так и на уровне сельскохозяйственного предприятия требует серьезного переосмысления. Опыт сельскохозяйственного проектирования свидетельствует о необходимости разработки комплексных проектов агропромышленного производства, особенно для крупных предприятий, включающих три производственных блока: земледельческий, животноводческий и блок хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Земледельческий блок представляет собой агрокомплекс, состоящий из адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые интегрируют полеводство, овощеводство, луговоеводство, и другие отрасли растениеводства. Их пространственное размещение в значительной мере взаимообусловлено эколого-ландшафтными условиями. Данный блок является базовым по отношению к другим. Исходя из потенциальных возможностей растениеводства формируется структура животноводства и технологии. В отличие от имевших место в прошлом диспропорций сельскохозяйственного производства и малоразвитой переработки продукции, ныне роль последней в АПК сильно возросла. Соответственно на всех уровнях вместо систем ведения сельского хозяйства должны разрабатываться системы агропромышленного производства.

Очевидно, в данном направлении предстоит большая работа. При этом опережающими темпами необходимо развивать зонально-провинциальные агрокомплексы и составляющие их адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

1.2. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Понятие «система земледелия» имеет сложную и противоречивую историю. Существует множество ее определений. В качестве официального (гостированного), вошедшего в учебники используется следующее определение: “Система земледелия – это комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, направленный на эффективное использование земли и других ресурсов, сохранение и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур”. Оно носит слишком общий характер и совершенно безадресно в экологическом отношении. Лишь в результате взятого в 80-е годы курса на дифференциацию земледелия в соответствии с природными условиями, появляется экологический адрес системы земледелия, хотя и очень приблизительный – зональная. В ГОСТе 16265-89 зональная система земледелия определена как “система, все звенья которой в полной мере учитывают и реализуют почвенно-климатические, материально-технические и трудовые ресурсы конкретной природной зоны”. Такая “привязка” системы земледелия далеко

не адекватна, поскольку природная зона охватывает чрезвычайно разнообразные условия. Фактически степень дифференциации систем земледелия различалась на уровне природно-сельскохозяйственных провинций.

В 90-х годах в результате активизации исследований по углублению адаптации земледелия к природным условиям стали активно появляться новые формулировки, в которых развивались различные аспекты проблемы, дополняя друг друга. Тем не менее системы земледелия не воспринимались как целостное явление природно-хозяйственной деятельности. Помимо неопределенности экологического адреса и безальтернативности в них не отражалась социально-экономическая, рыночная мотивация, связь с производственным потенциалом, хозяйственными укладами.

С учетом этих недостатков В.И.Кирюшиным разработана методология, которая позволяет строить модели систем земледелия, взвешенные не только в физическом пространстве, но и в социально-экономическом с учетом определенной совокупности факторов (75,78):

- 1) общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции);
- 2) агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние;
- 3) агроэкологические параметры земель (природно-ресурсный потенциал);
- 4) производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации;
- 5) хозяйственные уклады, социальная инфраструктура;
- 6) качество продукции и среды обитания, экологические ограничения.

Исходя из этого подхода сформулировано определение системы земледелия: **адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.**

Термин “ландшафтная” в названии системы означает, что она разрабатывается применительно к конкретной категории агроландшафта, трансформированной через призму агроэкологической оценки в агроэкологическую группу земель. При этом звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель (т.е. участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями); элементы (приемы обработки, посева и т.п.) дифференцированы в соответствии с элементарными ареалами агроландшафта (т.е. элементами мезорельефа, ограниченными элементарными почвенными структурами); а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта и условий его функционирования.

Термин “адаптивная” означает адаптированность системы земледелия ко всему комплексу обозначенных условий.

Совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия в пределах природно-сельскохозяйственной провинции названа зонально-провинциальным агрокомплексом.

В пределах землепользования достаточно крупных хозяйств может встречаться несколько агроэкологических групп земель, для которых должны разрабатываться соответствующие адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Тогда их совокупность в пределах сельскохозяйственного предприятия может называться хозяйственным агрокомплексом.

На основе данной методологии сформирована классификация адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которая начинается с определения их агроэкологической принадлежности, исходя из природно-сельскохозяйственного районирования и группировки земель в пределах провинции (табл.1.1.).

1.1. Классификация адаптивно-ландшафтных систем земледелия (78)

Агроэкологические условия			Основные направления растениеводства	Уровень интенсификации	Форма использования земли и воспроизводства плодородия почвы	Ограничения химизации
Природно-сельскохозяйственная зона	Провинция	Агроэкологическая группа земель				
Среднетаежная, Южнотаежная, Лесостепная, Степная, Сухостепная	Среднерусская, Южнорусская, Предкавказская, Заволжская, Предуральская, Западносибирская	Плакорные, Эрозионные, Дефляционные, Перевлажные, Засоленные, Солонцовые, Литогенные, Мерзлотные	Зерновая, Кормовая, Технических культур, Лугопастбищная	Экстенсивная, Нормальная, Интенсивная, Высокоинтенсивная (точная)	Паровая, Плодо-сменная, Мелиоративная, Контурномелиоративная, Гребнегрядовая	Биодинамическая, Органическая

Пример: Западносибирская лесостепная зерно-кормовая противозероэрозийная интенсивная система земледелия на холмисто-увалистых равнинах с выщелоченными черноземами

Реализация потенциальных возможностей использования земельного ресурса, определяемого группой земель, зависит от потребностей рынка и производственного потенциала товаропроизводителя, уровня интенсификации и социально-экономических условий, что также отражено в классификации. Из экологически возможного набора культур специализация растение-

водства окончательно определяется рынком, что обозначается терминами «зерновая», «кормовая» и т.д.

Количественная и качественная сторона производства зависит от уровня его интенсификации, то есть наукоемкости и обеспеченности современными производственными ресурсами. В данном отношении системы земледелия разделяются на ряд уровней, начиная с экстенсивного земледелия, рассчитанного на использование естественного плодородия почв без удобрений и мелиораций. Такое земледелие в настоящее время в России преобладает, нанося экономический и экологический ущерб, особенно на маргинальных (эрозионных и др.) землях. Термином «нормальные» обозначены системы земледелия среднего уровня интенсивности. Это понятие было введено В.В. Докучаевым, рекомендовавшим при разработке бонитировки почв ориентироваться на нормальный уровень интенсификации. В современном понимании это означает обеспеченность минеральными удобрениями на уровне устранения наиболее острого дефицита питательных веществ, освоения почвозащитных и первоочередных мелиоративных мероприятий и достижения качества продукции не ниже среднего.

Интенсивные системы земледелия означают переход к качественно новым сортам растений с программированным применением удобрений и регулированием продукционного процесса различными биологическими и химическими средствами.

Высокоинтенсивные системы (точные) предполагают наиболее полное использование достижений научно-технического прогресса, создание сортов растений с заданными параметрами продуктивности и качества, современные средства реализации их генетического потенциала, оптимальную организацию территории на основе идентификации ландшафтно-экологических связей с помощью новейших методов математического моделирования и информатизации. Точное земледелие включает:

- проектирование АЛСЗ и агротехнологий на основе электронных ГИС;
- выделение производственных участков с достаточно однородным почвенным покровом и оптимальными условиями увлажнения, теплообеспеченности и почвенного плодородия;
- прецизионную предпосевную обработку почвы, точный посев, дифференцированное внесение удобрений и других агрохимических средств в соответствии с микроструктурой почвенного покрова и состоянием посевов;
- регулирование продукционного процесса специальных сортов растений по микропериодам органогенеза с использованием самонастраивающихся автоматизированных средств на основе электронных систем управления;
- идентификацию состояния посевов, прогноз урожайности и качества продукции на основе автоматизированных дистанционных систем наблюдения, картирование урожайности в процессе уборки;

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия реализуются пакетами агротехнологий для различных агроэкологических типов земель при разных

уровнях производственно-ресурсного потенциала (экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокие). Чем выше уровень интенсификации агротехнологий, тем больше учитываются агротехнологических параметров и детальнее землеоценочная основа.

В качестве одного из традиционных критериев классификации систем земледелия применяется форма использования земли и воспроизводства плодородия почвы. По этому критерию выделяются виды систем земледелия: паровая, плодосменная, контурно-мелиоративная и др.

Наконец, в особую категорию выделены системы земледелия с ограничениями, или исключением применения удобрений и пестицидов во избежание риска загрязнения водоохранных, курортных зон и т.п. В эту же категорию отнесены альтернативные системы земледелия: биодинамическая, органическая.

2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

2.1. Задачи и принципы построения агроэкологической оценки земель

Для разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима адекватная система агроэкологической оценки земель. Она значительно отличается от традиционной системы землеоценки, практиковавшейся при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства.

Прежняя землеоценочная основа не имела экологической определенности, поскольку сами зональные системы земледелия были лишены конкретного экологического адреса. Землеоценка была безальтернативной, так же как и системы земледелия, как правило однозначные, поставленные в рамки директивного планирования. Многочисленные землеоценочные материалы всех уровней (почвенные, агроклиматические, мелиоративные, эрозионные и другие тематические карты всех масштабов, данные изысканий и экспериментов) весьма ограниченно были востребованы на практике в связи с экстенсивной аграрной политикой и низким технологическим уровнем земледелия. Там, где требования к землеоценке повышались, особенно в проектах мелиорации земель, проявлялась слабая интеграция оценочных решений из-за разобщенности специалистов различных профилей. Общие недостатки прежней системы агрооценки земель в большой мере связаны с узкопотребительским отношением к природопользованию и ограниченностью экологического кругозора.

Своеобразно проявилась цеховая «приватизация» различных сторон землеоценки, в особенности подмена группировки земель группировкой почв, что задержало развитие классификаций и земель, и почв.

До последнего времени проекты земледелия и внутрихозяйственного землеустройства выполнялись на основе агропроизводственных группировок почв, которые разрабатывались по материалам крупномасштабных почвенных карт. Существенными их недостатками были: в большинстве случаев крайне слабое отражение структуры почвенного покрова, недостаточное отражение рельефа, литологических и гидрогеологических условий. Практически не учитывались почвенно-ландшафтные связи.

В отличие от агропроизводственной группы не связанных между собой участков почв, агроэкологическая группа земель представляет собой агроэкологическую общность, пространственно характеризуемую геосистемой, функционирование которой происходит в единой цепи миграции вещества и энергии. Построение АЛСЗ осуществляется с учетом законов и правил функционирования этой системы. Чем выше уровень интенсификации земледелия и насыщенность высокоэффективными наукоемкими агротехнологиями, тем выше требования к полноте и точности землеоценочной основы.

Таким образом, задачи агроэкологической оценки земель заключаются в том, чтобы идентифицировать агрономически значимые параметры разли-

чающихся участков земель (в соответствии с агроэкологическими требованиями сельскохозяйственных культур и агротехнологий), определить ландшафтные связи между ними, особенности энерго-массопереноса и ландшафтно-геохимические потоки, в пределах которых возможны антропогенные преобразования.

Предлагаемая система агроэкологической оценки земель включает следующие позиции: ландшафтно-экологический анализ территории, агроэкологическую оценку почв, агроэкологическую типизацию и классификацию земель, агрогеоинформационные системы по агроэкологической оценке земель. Оценка земель соотносится с системой агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур, требования которых сопоставляются с агроэкологическими параметрами земель в процессе формирования агроэкологических типов земель.

Агроэкологическая оценка земель определенным образом соотносится с экономической оценкой (цена земли, прибыль и т.д.), социоэкологической (условия жизни людей) и эколого-экономической (оценка ущерба от деградации земель и др.).

2.2. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур как исходный критерий агрооценки земель

Агроэкологическая оценка земель осуществляется в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их средообразующим влиянием и агротехнологиями. Эти условия сопоставляются с агроэкологическими параметрами первичных земельных участков (элементарных ареалов агроландшафта – ЭАА), на основании чего делается вывод о степени пригодности их для использования под ту или иную культуру. Близкие по условиям возделывания конкретных сельскохозяйственных растений ЭАА объединяются в агроэкологические типы земель, в пределах которых формируются производственные участки. Чем выше уровень интенсификации производства, тем точнее должны быть соответствующие оценки. При интенсивных агротехнологиях, особенно при высокоинтенсивных, эта задача решается на основе математических моделей земледелия с использованием ГИС-технологий, автоматизированного проектирования и реализуется на практике новейшими агротехнологическими и информатизационными средствами. Это означает, что система агроэкологической оценки культур и соответствующая ей система агроэкологической оценки земель должны получить предельно конкретизированное достаточно формализованное выражение.

Пока что не все аспекты агроэкологической оценки растений разработаны с достаточной полнотой, особенно почвенные, некоторые трудно поддаются формализации. Часть критериев данной оценки имеют описа-

тельный характер и основываются на практическом опыте без углубленной экспериментальной проработки, что определяет необходимость развития соответствующих научных исследований. Тем не менее имеющийся обширный фактический материал позволяет достаточно эффективно решать эту задачу при формировании современных систем земледелия. Следует ускорить разработку региональных рекомендаций по данному вопросу с учетом местных условий, культур, сортов растений. В качестве общего руководства можно воспользоваться учебником (78), в котором схематично рассмотрена система агроэкологической оценки культур в указанных аспектах. Она включает следующие основные позиции:

1. Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания.

➤ **Отношение растений к свету:**

размещение растений по реакции на продолжительность дня (длинного, короткого, нейтрального);

определение потенциальной урожайности культур по приходу ФАР.

➤ **Требования растений к теплообеспеченности и температурному режиму:**

длительность вегетационного периода;

требуемая сумма активных температур (выше 10^0C) за период вегетации;

биологический минимум температуры при прорастании семян, появлении всходов, формировании вегетативных и генеративных органов, плодоношении, перезимовке растений;

холодоустойчивость (способность растений в течение длительного времени переносить низкие температуры ($1-10^0\text{C}$) без необратимых повреждений);

морозоустойчивость (способность растений переносить температуру ниже 0^0C);

жароустойчивость (способность растений переносить жару без необратимого повреждения).

➤ **Отношение растений к влагообеспеченности, водному и воздушному режимам почв:**

оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений;

коэффициент завядания растений (отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности почвы);

коэффициент транспирации растений (количество воды в граммах, которое расходуется на синтез 1 г сухого вещества);

коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур (количество воды в м^3 , расходуемое на испарение с поверхности почвы и транспирацию для образования 1 т биомассы);

устойчивость растений к переувлажнению и затоплению;
отношение растений к глубине залегания пресных и засоленных, застойных и проточных грунтовых вод.

➤ **Требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию:**

отношение к гранулометрическому составу, скелетности почв, глубине подстилания плотными породами; отношение к плотности почвы.

➤ **Потребность растений в элементах питания и характер их потребления.**

➤ **Отношение к реакции почвы (рН).**

➤ **Чувствительность к повышенному содержанию подвижных алюминия, марганца, к восстановительным условиям (ОВП).**

➤ **Солеустойчивость – устойчивость к избыточной концентрации солей в почвенном растворе в связи с повышением осмотического давления и токсичным влиянием.**

➤ **Солонцеустойчивость – способность растений преодолевать в основном неблагоприятные агрофизические свойства почв, обусловленные их солонцеватостью.**

➤ **Отношение растений к карбонатности почв.**

➤ **Устойчивость сельскохозяйственных культур к эродированным и техногенно-нарушенным почвам.**

➤ **Отношение растений к фитосанитарным условиям почвы.**

➤ **Чувствительность растений к загрязнению почв тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами.**

➤ **Реакция растений на загрязнение воздуха.**

2. Оценка сельскохозяйственных культур по влиянию на почвы и ландшафты в связи с биологическими особенностями и технологиями возделывания.

➤ **Оценка культур по количеству растительных остатков, поступающих в почву, и их качественному составу.**

➤ **Влияние растений на симбиотическую и ассоциативную азотфиксацию.**

➤ **Влияние культур и технологий на сложение и структурное состояние почв.**

➤ **Оценка растений по характеру их влияния на водный режим почв.**

➤ **Оценка фитомелиоративного влияния растений на почву.**

➤ **Оценка культур по влиянию на фитосанитарное состояние почв:**

влияние на накопление специфических видов сорняков, болезней и вредителей;
влияние на почвоутомление.

2.3. Ландшафтно-экологический анализ территории

2.3.1. Понятия ландшафта и агроландшафта.

Ландшафтный анализ территории является системной матрицей агро-экологической оценки земель. Представление о ландшафтах и ландшафтной оболочке Земли является наиболее общим выражением системного подхода к природе.

Ландшафтная оболочка представляет собой иерархию природных образований различных пространственно-временных масштабов. В географической литературе за такими образованиями закрепился термин «природно-территориальный комплекс» (ПТК), под которым понимается совокупность взаимосвязанных природных компонентов (литогенной основы, воздушных масс, природных вод, почв, растительности и животного мира) в форме территориальных образований различного иерархического ранга. Термином ПТК обозначаются ландшафтно-географические объекты любой размерности – от пятна солонца до физико-географической страны и более.

В качестве базовой категории в ландшафтоведении используется понятие ландшафта. Наиболее общепринятое его определение принадлежит Н.А. Солнцеву: ландшафт – это генетически однородный природный территориальный комплекс, имеющий одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и состоящий из свойственного только ему набора динамически сопряженных и закономерно повторяющихся урочищ.

Данная формулировка недостаточно определяет географический адрес ландшафта, его пространственную размерность.

С углублением системной иерархичности понятие ПТК уступает понятию географической системы (геосистемы). Данная категория, введенная В.Б. Сочавой (207), определяется как «земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической средой и человеческим обществом».

В структуре ландшафтной оболочки Земли представлены геосистемы различных пространственно-временных масштабов. Они составляют многоступенчатую систему таксонов, именуемую иерархией природных геосистем (таблица 2.1.).

Согласно этой классификации (207) ландшафт представляет собой наиболее крупную таксономическую единицу топологической размерности и наименьшее подразделение региональной размерности. Отсюда вытекает соответствующее определение данной категории: *природный ландшафт – геосистема наименьшей региональной размерности, состоящая из взаимосвя-*

занных генетически и функционально локальных геосистем, сформировавшихся на единой морфоструктуре в условиях местного климата. Локальные геосистемы (морфологические единицы) представлены фациями, подурочищами, урочищами и местностями.

2.1. Иерархия природных геосистем

Геосистемные уровни	Иерархические таксоны геосистем	
	Зональные	Азональные
Планетарный	Ландшафтная оболочка земли	
	Физико-географические пояса	Континенты, океаны, субконтиненты
Региональный	Физико-географические:	
	зоны, подзоны, провинции,	страны, области,
	районы, ландшафты	
Локальный	Морфологические единицы ландшафта:	
	местности, урочища, подурочища, фации	

Между компонентами геосистемы осуществляется вещественно-энергетический и информационный обмен. Наиболее яркое проявление вещественно-энергетических связей – биогеохимический круговорот веществ, характеризующий ландшафт как целостную геосистему. Информационные взаимосвязи в ландшафтах прослеживаются как в пространстве, так и во времени. Суть их состоит в передаче территориального и временного упорядоченного разнообразия одними природными компонентами другим. Компоненты геосистемы как бы стремятся запечатлеть свою пространственно-временную организацию в других компонентах и геосистеме в целом. Например, разнообразие горных пород и рельефа находит соответствующее отражение в пространственной смене почвенного и растительного покрова, водного режима и микроклимата.

Межкомпонентные связи в ландшафте не являются абсолютно жесткими и носят вероятностный характер. Они обладают некоторой степенью свободы, благодаря чему ландшафт может более или менее пластично реагировать на возмущения внешней среды (139). До определенных пороговых нагрузок он способен оставаться относительно устойчивым.

С экологических позиций ландшафт рассматривается как средообразующая и ресурсовоспроизводящая геосистема, включающая живое вещество. Эта геоэкологическая точка зрения развивается в терминах «экосистема» и «биогеоценоз».

В отличие от природных ландшафтов природно-антропогенные ландшафты включают три подсистемы: природную, социальную и производ-

ственную, которые взаимодействуют друг с другом посредством прямых и обратных вещественных, энергетических и информационных связей. Создание культурного ландшафта достигается гармонизацией этого взаимодействия, что возможно лишь при высокой культуре природопользования.

Понятия «сельскохозяйственный ландшафт» и «агроландшафт» требуют разделения и конкретизации. Первый обычно рассматривается в общехозяйственном и социальном аспекте, второй – с позиций земледелия. Часто они используются как синонимы.

В соответствии с ГОСТом 17.87.1.02.88 сельскохозяйственным ландшафтом называется ландшафт, используемый для целей сельскохозяйственного производства, формирующийся и функционирующий под его влиянием.

Точнее можно определить сельскохозяйственный ландшафт как антропогенно-природный ландшафт, обусловленный сельскохозяйственной деятельностью, в котором природная основа сочетается с производственной и социальной инфраструктурой (культурный, акультурный, в том числе деградированный). Данную категорию правильнее определять как природно-сельскохозяйственный ландшафт.

В целях формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия используется понятие агроландшафта, который следует рассматривать как целенаправленно детерминированную категорию, как геосистему, преломленную через призму экологических требований сельскохозяйственных культур, условий их возделывания, потребностей животных и человека.

Агроландшафт – это геосистема, выделяемая по совокупности ведущих агроэкологических факторов (определяющих применение тех или иных систем земледелия), функционирование которой происходит в пределах единой цепи миграции вещества и энергии. С точки зрения агроэкологической типологии земель агроландшафт соответствует агроэкологической группе земель. С позиций генетико-морфологической структуры он может соответствовать ландшафту, местности, урочищу или подурочищу. Например, при сильной расчлененности территории агроландшафт чаще всего будет соответствовать ландшафту, в пределах которого потребуется противоэрозионная система земледелия. В случае крупных форм мезорельефа агроландшафты могут соотноситься с подурочищами. Например, на многокилометровых по длине и достаточно широких (1...2 км) плоских вершинах грив Северной Кулунды (подурочища) практикуется зернопаровая противодефляционная система земледелия, нижние части склонов грив и делювиальные шлейфы с солонцовыми комплексами (подурочища) используются в противосолонцовой системе земледелия; на межгривных понижениях располагаются солонцовые пастбища.

Использование морфологических единиц природного ландшафта (подурочище, урочище, местность) при структуризации агроландшафтов имеет

значение для организации территории (противоэрозионной, мелиоративной) и для экологического нормирования территории.

Первичная структурная единица агроландшафта включает одну или несколько фаций составляющих единое целое с точки зрения земледельческого использования. В качестве таковой рассматривается **элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), который представляет собой участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарной почвенной структурой (реже – элементарным почвенным ареалом) при одинаковых геологических и микроклиматических условиях (75).**

2.3.2. Географическая классификация природных и природно-сельскохозяйственных ландшафтов.

Ландшафтный анализ территории начинается с определения местоположения объекта в ландшафтной оболочке. Для характеристики природных ландшафтов предлагается использовать классификации, разработанные А. Г. Исаченко, Ф. Н. Мильковым, В. А. Николаевым, обобщенные в работе последнего (75) с некоторыми коррективами (рисунок 2.1.).

Высшим таксоном ландшафтов Земли признан *отдел*, в основе выделения которого лежит характер взаимодействия геосфер (лито-, атмо-, гидросферы) в структуре ландшафтной оболочки. По Н.Ф.Милькову, обособляются четыре отдела ландшафтов: наземных, земноводных (речные, озерные, шельфовые), водных (поверхностный ярус ландшафтной сферы в морях и океанах), донных (морских и океанических, за исключением шельфовых).

Следующая категория – *классы* – устанавливается по морфотектоническим показателям. Выделяются классы равнинных и горных ландшафтов.

Классы подразделяются на *подклассы* в соответствии с ярусной дифференциацией ландшафтной структуры в горах и на равнинах. На равнинах различаются подклассы возвышенных, низменных, низинных ландшафтов, в горах – подклассы низко-, средне- и высокогорных ландшафтов.

Ниже классов стоят *типы* ландшафтов, выделяемые в соответствии с почвенно-биоклиматическими условиями. Различают зональные типы равнинных ландшафтов: тундровый, таежный, лесостепной, степной и т. д. В равной мере заслуживают выделения в качестве типов болотные, луговые, солонцово-солончаковые и другие интразональные ландшафты.

Зональные типы ландшафтов разделяются на *подтипы* по подзональным признакам (подтипы почв, группы растительных формаций). Например, лесостепной тип делится на северный, средний и южный подтипы.

Роды ландшафтов отражают генетический тип рельефа и структуры морфологических комплексов, *подроды* – литологический состав.

В качестве низшей классификационной единицы рассматривается *вид* ландшафта, выделяемый по условиям мезорельефа, мезоструктуры почвенного и растительного покрова.

Пример полного названия ландшафта: бореальный умеренно-континентальный (восточно-европейский) южно-таежный моренно-водно-ледниковый увалисто-волнистый ландшафт под еловыми и мелколиственными лесами на слабо-, средне-, сильноподзолистых и дерново-подзолистых глееватых и глеевых почвах.

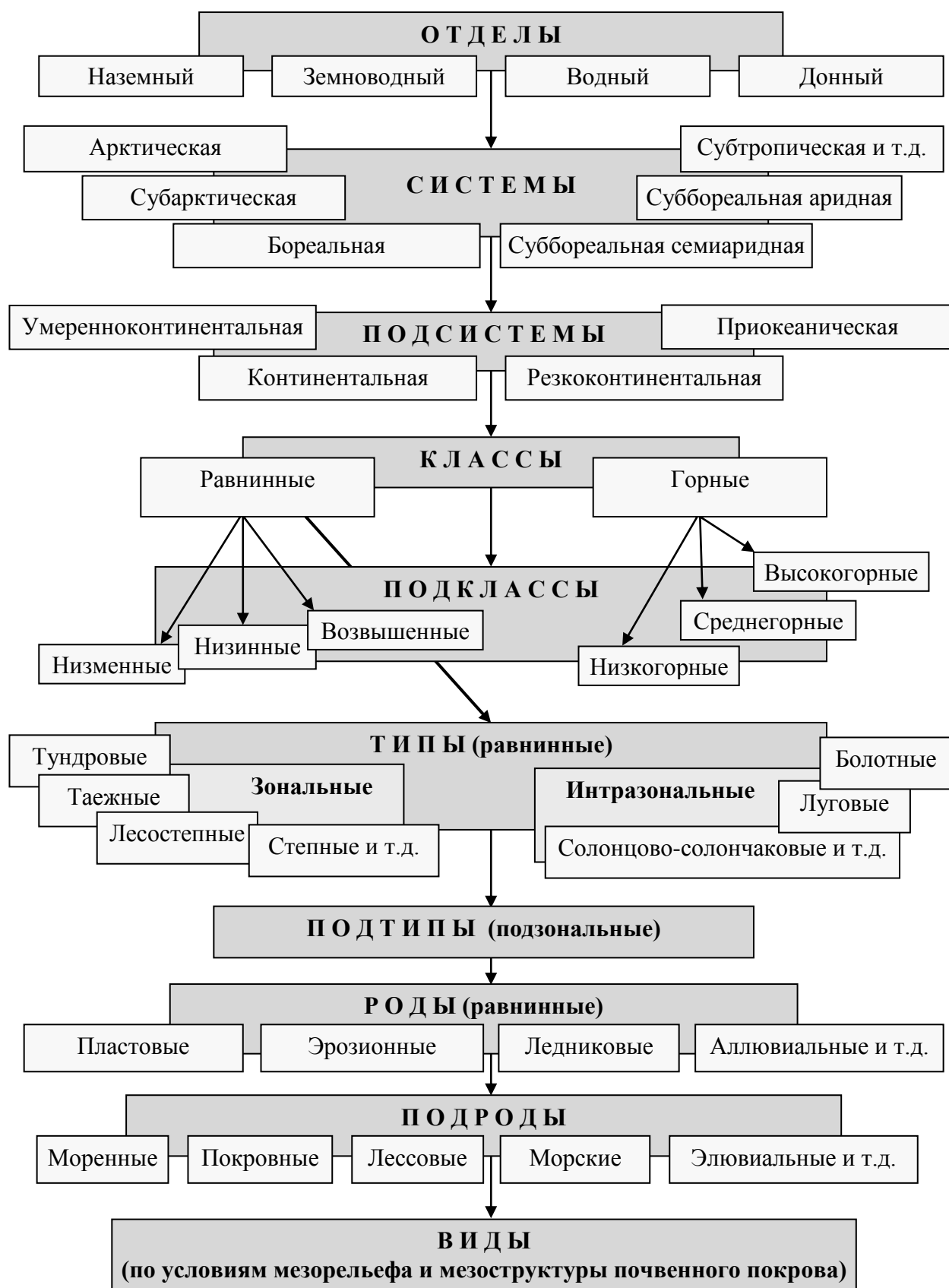


Рис. 2.1. Схема классификации природных ландшафтов

Классификация природно-сельскохозяйственных ландшафтов построена на основе классификации природных ландшафтов с учетом антропогенных изменений, которые вводятся в соответствующие таксоны в зависимости от глубины трансформации природного ландшафта. Большая часть этих изменений фиксируется на уровне вида, а нередко и на более высоком уровне (рисунок 2.2).



Рис. 2.2. Схема классификации сельскохозяйственных ландшафтов

Эти классификации используются для географической привязки объекта изысканий и его экологической идентификации, позволяющей экстраполи-

ровать экспериментальные данные научных центров по сельскохозяйственному использованию земель и агротехнологиям.

2.3.3. Агрооценка ландшафтно-экологических условий.

Наиболее значимыми природными условиями, определяющими функционирование ландшафтов, являются рельеф, литология, климат, влияние грунтовых вод, растительность, почвенный покров. Их агроэкологическая оценка составляет основной предмет ландшафтного анализа, который проводится по отношению к каждому ЭАА как элементарной структурной единице агроландшафта. Количество оцениваемых параметров зависит от уровня интенсификации производства. Эти параметры в дальнейшем ранжируются в структурной иерархии ландшафта согласно ландшафтно-экологической классификации земель.

2.3.3.1. Геоморфологические условия.

2.3.3.1.1. Абсолютная высота над уровнем моря. Влияние абсолютной высоты на климат и почвы сказывается не только в горных районах с их вертикальной зональностью, но и на равнинах с колебаниями высот менее 250...300 м. На каждые 100 м высоты атмосферное давление снижается на 6...9 мм, температура на 0,5...0,6 °С. На возвышенностях европейской территории России годовое количество осадков через каждые 100 м высоты увеличивается на 10...12 % по сравнению со средней суммой осадков на равнине. В известной степени абсолютная высота определяет дренированность территории.

По абсолютной высоте на водораздельных равнинах выделяются местоположения очень высокие (выше 300 м), возвышенные (300...200 м), средневысотные (200...100 м), низкие (ниже 100 м).

2.3.3.1.2. Классификация форм рельефа. Характеристика геоморфологических условий проводится согласно структурной иерархии ландшафта от генетического типа макрорельефа до элемента мезорельефа и типа микрорельефа. Тип рельефа образован генетически связанными между собой и закономеренно сочетающимися в пространстве формами рельефа. В зависимости от размеров выделяют три группы типов рельефа: макро-, мезо- и микрорельеф.

Макрорельеф – крупные формы земной поверхности, занимающие обширные площади и определяющие их общий облик (равнины, горные системы, низменности). Макрорельеф воздействует на формирование воздушных масс, определяет вертикальную поясность и климат, влияет на почвообразование и дифференциацию почвенного покрова. Классам и подклассам природных ландшафтов соответствуют определенные типы и подтипы макрорельефа. Разнообразие сочетаний форм макрорельефа сводится к четырем морфолого-генетическим типам:

- горный, или структурно-тектонический (подтипы высокогорный, альпийский, среднегорный, низкогорный, сельговый);

- структурный, или пластовый (подтипы – плоскогорья, плато, куэсты);
- скульптурный, или эрозионный тип рельефа включает равнины, образованные линейной речной эрозией, плоскостным смывом, абразией;
- аккумулятивный, или насыпной.

По высотным уровням равнины делят на низменности (ниже 200 м) и плато (выше 200 м).

Мезорельеф – средние формы земной поверхности, занимающие площади в сотни и тысячи м² с колебаниями относительных высот 1...100 м (иногда более). Мезорельеф является фактором перераспределения агроклиматических ресурсов и формирования микроклимата; каркасом геохимического ландшафта, определяющим направленность и интенсивность геохимических процессов; фактором дифференциации почвенного покрова и формирования мезоструктур почвенного покрова. При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы мезорельефа: водоразделы, склоны, подошвы склонов, шлейфы склонов, днища межсклоновых западин, днища оврагов и балок, террасы, уступы и склоны террас.

Плато – равнинные поверхности, ограниченные более или менее глубокими выемками гидрографической сети.

Террасы – ровные поверхности, с одной стороны граничащие с более повышенными элементами рельефа, с другой – более или менее резко ограниченные понижением (речной долиной, балкой, озерной впадиной и т.д.).

Депрессионные равнины – вогнутые ровные участки, окруженные поверхностями более высокого уровня (днища котловин, приморские и приозерные береговые равнины, подгорные шлейфы и др.).

Холм – возвышенность округлых очертаний, не выше 200 м относительной высоты, с округлым основанием, и склонами, обращенными на все стороны.

Увал – вытянутое в одном направлении мысообразное возвышение высотой до 200 м, большей частью присоединенное к более крупной форме рельефа или образующее с несколькими другими увалами при смыкании наиболее высоких частей общий водораздельный узел.

Гряды, валы – узкие, длинные возвышения, чаще всего ориентированные в одном направлении, параллельные друг другу.

Крупные барханы – песчаные навейные ветром холмы полулунной формы (в плане).

Крупные дюны – песчаные холмы, навейные ветром, располагающиеся параллельно берегу реки или моря.

Гора – возвышенность превышающая 200 м относительной высоты, резко выступающая на местности и со сравнительно небольшим основанием.

Котловины – замкнутые или почти замкнутые пониженные участки земной поверхности.

Впадины – обширные по площади участки поверхности, пониженные относительно окружающей территории.

Долины – сильно вытянутые в длину сравнительно узкие углубления в рельефе, иногда прямые, большей частью извилистые, открытые в одном конце и обладающие общим наклоном ложа в этом направлении. С боков долины ограничены обращенными друг к другу параллельными скатами (бортами). Если в долине имеется постоянный водоток, она называется речной долиной, в ином случае – сухой.

К категории мезорельефа относятся и крупные элементы суходольной гидрографической сети – лощины, балки (см. ниже).

Закономерное чередование в пространстве форм мезорельефа образует определенный тип мезорельефа. Единой классификации типов мезорельефа пока не существует, однако они хорошо различаются по генетическим и морфологическим признакам. К более крупным элементам генетической классификации рельефа относятся комплексы типов рельефа, обычно отождествляемые с геоморфологическими районами (в некоторых случаях с геоморфологическим районом территориально совпадает и тип рельефа). В природно-сельскохозяйственном районировании СССР (50) они отражены как типы округов равнинных территорий, разделяемые на категории по генезису и более мелкие выделы по особенностям рельефа и литологии (в классификации природных ландшафтов отражаются соответственно на уровне родов и подродов):

- 1) морские равнины
 - 1-1) плоские песчано-глинистые,
 - 1-2) плоско-волнистые песчаные, частично с эоловой переработкой;
- 2) аллювиальные и древнеаллювиальные равнины
 - 2-3) плоские суглинистые и глинистые, преимущественно лессовидные,
 - 2-4) плоско-волнистые песчано-глинистые,
 - 2-5) плоско-холмистые песчаные, включая перевеянные;
- 3) аллювиально-дельтовые равнины
 - 3-6) плоские слоистые песчано-глинистые;
- 4) озерно-аллювиальные равнины
 - 4-7) плоские и плоско-волнистые глинистые и суглинистые,
 - 4-8) плоско-волнистые песчано-суглинистые;
- 5) водно-ледниково-озерные равнины (включая зандровые)
 - 5-9) плоские песчано-глинистые, местами подстилаемые моренными суглинками,
 - 5-10) плоско-волнистые песчаные и супесчаные, подстилаемые моренными суглинками,
 - 5-11) плоско-холмистые песчаные и супесчаные;
- 6) моренные равнины
 - 6-12) холмистые (конечно-моренные) с чередованием моренных суглинков и песков,
 - 6-13) волнистые суглинистые,

- 6-14) плоско-волнистые суглинистые и двучленные, подстилаемые карбонатными породами,
- 6-15) плоско-холмистые песчаные и супесчаные.
- 6-16) плоско-волнистые песчаные и супесчаные, близко подстилаемые моренными суглинками,
- 6-17) волнисто-увалистые покровно-суглинистые, включая слабокарбонатные;
- 7) предгорные, преимущественно пролювиальные равнины
- 7-18) волнисто-увалистые глинистые и суглинистые, местами щебневатые;
- 8) эрозионные равнины
- 8-19) волнисто-увалистые лессовые и лессовидные суглинистые,
- 8-20) увалистые элювиально-делювиально-суглинистые и глинистые на коренных породах,
- 8-21) волнистые пеплово-вулканические;
- 9) эрозионные плато
- 9-22) плоско-увалистые элювиально-делювиально-суглинистые на коренных породах;
- 10) эрозионно-денудационные равнины частично с мелкосопочником
- 10-23) увалисто-холмистые элювиально-делювиально-суглинистые на коренных породах;
- 11) аридно-денудационные равнины и плато
- 11-24) плоско-увалистые элювиально-делювиальные преимущественно суглинистые на коренных породах,
- 11-25) плоско-холмистые песчаные (перевеянные);
- 12) аридно-денудационные равнины с мелкосопочником
- 12-26) холмистые элювиально-делювиально-суглинистые щебнистые на коренных породах.

Микрорельеф – мелкие формы земной поверхности, занимающие незначительные площади (единицы – сотни м²) с колебаниями относительных высот до 1 (иногда до 1,5) м. Разграничение форм микрорельефа от мезорельефа не всегда достаточно отчетливо и проводится с некоторой условностью. Микрорельеф перераспределяет тепло и влагу на небольших расстояниях, является основным фактором дифференциации почвенного покрова на уровне микроСПП, поэтому с видом микрорельефа и степенью его выраженности связаны многие вопросы мелиоративного проектирования, он является индикатором микроструктур почвенного покрова.

Микрорельеф играет роль не только фактора образования и индикатора структуры почвенного покрова. Он имеет значение в перераспределении влаги и тепла в пределах небольших участков, что сказывается на формировании урожаев сельскохозяйственных культур. Особенно сильно влияние микрорельефа проявляется в условиях плохой дренированности территории, почвообразующих пород тяжелого гранулометрического состава. Весной застаивание воды в замкнутых микропонижениях обуславливает сильное запаздыва-

ние сроков поспевания почвы, оглеение, накопление токсичных продуктов почвообразования, вымокание посевов озимых культур.

В таблице 2.2. представлена классификация микрорельефа. В агроэкологическом отношении особый интерес представляют следующие формы микрорельефа.

2.2. Классификация микрорельефа

Вид микрорельефа	Фактор образования	Основные формы
Просадочный	Суффозионный Термокарстовый	Мелкие плоские понижения на равнинах: блюдца, западины, конические воронки, просадочные трещины
Разветвления (выдувания)	Эоловый	Чаши, котловины, ямы выдувания и др.
Насаженный	Зоогенный Эоловый Криогенный	Муравейники, термитники, кротовины, сурчины Валки, гривки Полигоны
Выпучивания	Криогенный Солифлюкционный	Бугры Солифлюкционные террасы
Фитогенный	Фитогенный Ветровальный	Кочки, прикорневые повышения, седловины Бугры, ямы
Эрозионный	Эрозионный Оползневый	Струйчатые размывы, ложбины, ливины Чаши, бугры

Ложбины. Это микропонижения, характеризующиеся стоком (чаще являются начальным звеном гидрографической сети), общей протяжённостью от нескольких метров до нескольких десятков метров и более и глубиной от 50 сантиметров до одного метра.

Вследствие эрозионной опасности ложбины стока подлежат залужению.

Ложбинообразные понижения. Отличаются от ложбин тем, что они не сопряжены с гидрографической сетью и имеют сток только в пределах понижения. В отличие от ложбин влага весной в ложбинообразных понижениях задерживается на более длительное время. Посевы озимых весной более изрежены. Во многих случаях целесообразно выравнивание ложбинообразных понижений.

Гофрированные склоны. Это комплекс ложбин и ложбинообразных понижений, расположенных на склонах различной крутизны. Они характеризуются высокой эрозионной опасностью.

Конусы выноса. Встречаются в комплексе с элементами гидрографической сети, характеризующимися наличием постоянного или временного водотока. С целью предотвращения заиливания водоёмов их засаживают кустарником.

Промоины, водороины. Протяжённость от нескольких метров до нескольких десятков метров. Ширина и глубина не более метра. Форма микрорельефа антропогенного происхождения. Предотвращаются противоэрозионными мероприятиями. Обязательно выравниваются.

Карстовые воронки. Округлые микропонижения площадью до нескольких десятков квадратных метров, часто с обрывистыми краями и вскрытием материнской породы. Старые воронки более выровненные. Это более глубокие микропонижения и более труднопроходимые для техники. После выравнивания карстовый процесс возобновляется.

Суффозионные блюдца. Это замкнутые бессточные понижения округлой формы, диаметром до ста метров и глубиной до одного метра. На элементах мезорельефа располагаются цепочками. Чаще суффозионные блюдца выполнены контрастными почвами и с фоновыми почвами образуют сложные СПП. На тяжёлых почвах влага весной в этих понижениях задерживается надолго и озимые, чаще всего, полностью выпадают. Выравнивание этой формы микрорельефа целесообразно, однако понижения могут возобновиться вследствие продолжительного суффозионного процесса. В некоторых случаях нецелесообразно выравнивать суффозионные блюдца на склонах, где эти микропонижения играют противозерозионную роль.

Как разновидность микрорельефа выделяют нанорельеф, с колебаниями относительных высот до 0,3 м.

На полях с выраженным нанорельефом невозможно обеспечить качественную предпосевную обработку почвы, получить дружные всходы и обеспечить одновременное развитие растений. Это приводит к неравномерному созреванию культур и снижению качества продукции.

Чаще всего нанорельеф имеет антропогенное происхождение. Это струйчатые водороины, возникшие вследствие эрозии; неровности, обусловленные низким качеством основной и предпосевной обработки почвы.

Элементы гидрографической сети. Сток формируется в пределах водосбора – территории, ограниченной водораздельной линией. Элементами водосбора являются водоразделы, склоны и гидрографическая сеть. Под *водораздельным пространством* или *водоразделом* на равнине понимают междуречье, не имеющее стока в какую-либо речную систему, или со стоком, осуществляемым слабоврезанными верховьями рек. В более широком плане – это пространства, примыкающие к водораздельным линиям. Различают водоразделы первого порядка, ограничивающие водосборы суходольных систем, и водоразделы более высоких порядков, которые ограничивают водосборы лощин, ложбин. *Гидрографической сетью* называют сеть понижений, по которым осуществляется сток поверхностных вод. Верхняя ее часть, обычно лишенная постоянных водотоков, называется суходольной сетью.

Ложбина – верхнее звено гидрографической сети, примыкающее к наиболее высоким частям водосборов, имеет глубину 0,5...2 м, склоны не круче 3...8°. Площадь водосбора до нескольких десятков гектаров. Переход ложбины в лощину начинается обычно с пунктов сети, имеющих площадь водосбора около 50 га, а в глубоко расчлененных районах – 10...15 га. Выделяют два вида ложбин. *Микроложбины* представляют собой слабовыраженные углубления, как правило, продольного склону направления и мягко сли-

вающиеся с ним, дно неярко выражено. Крутизна склонов до 3° . Проходимы для сельскохозяйственных агрегатов в любом направлении, распахиваются. *Макроложбины* представляют собой углубления с выраженным дном, глубиной более 1,5 м и крутизной склонов $3...8^{\circ}$. Труднопроходимы для сельскохозяйственных агрегатов в поперечном направлении.

Лощина – отличается от ложбины более резкими очертаниями, глубиной и крутизной склонов ($8...15^{\circ}$). Руслу потока в днище обычно не бывает. Лощина переходит в более крупную форму – балку (суходол, яр, байрак).

Балка – это вытянутая впадина, отделенная от присетевого склона хорошо выраженной бровкой. Глубина балок обычно 6...20 м, ширина 60...200 м, крутизна склонов $10...15^{\circ}$ (в подмытых местах 35° и более), площадь водосбора от 250 до нескольких тысяч гектаров. Характерной особенностью балки является хорошо выраженное русло временного водотока на дне. На склонах балок заметны террасы или их нечетко выраженные бровки. В глубоких балках наблюдается выклинивание грунтовых вод. Балки впадают в речные долины.

Долина реки – наиболее древнее звено гидрографической сети, отличается от балки наличием постоянного водотока и связанных с ним форм рельефа: пойм, террас, и др.

К современным эрозионным формам рельефа относят размывы. По отношению к материнской форме, например, к балке, размывы бывают *донными* (идущими по тальвегу), *вершинными* (выходящими на водораздел по продолжению тальвега), *склоновыми* (впадающими в материнскую форму под некоторым углом).

В зависимости от стадии развития среди склоновых и вершинных размывов выделяют водороины, промоины и овраги. *Водороины* – размывы почвы глубиной 0,2...0,6 м, которые заглаживаются при пахоте. Обычно они формируются по бороздам при вспашке вдоль склона, а также на слабозадернованных лугах при сбросе большого количества воды. *Промоины* – размывы глубиной 0,5...3 м, шириной 5...8 м. Они непроходимы для обычной сельскохозяйственной техники. *Овраг* – размыв, выработавший свой собственный продольный профиль, не совпадающий с профилем склона. Глубина наиболее крупных оврагов на Русской равнине достигает 30 м, ширина – 50 м. Подавляющее большинство оврагов короткие (до 0,5 км), количество длинных оврагов (2...5 км) невелико.

Среди донных размывов в зависимости от стадии эволюции выделяют вымоины, донные промоины и донные овраги. Сток по дну балки осуществляется в виде широкого потока (если дно балки не распахируется). В местах нарушения дернины начинается размыв дна с образованием ям соответствующей ширины – *вымоин*, которые являются начальной стадией размыва дна материнской формы. *Донная промоина* – размыв, образованный в результате слияния соседних вымоин. Занимает часть днища материнской формы. *Дон-*

ный овраг – размыв, образовавшийся в результате расширения донной промоины, занявший все днище материнской формы.

2.3.3.1.3. Оценка расчлененности территории проводится по отношению к составляющим ее группам земель.

Для оценки потенциального развития линейной эрозии часто используют глубину местных базисов эрозии. *Базис эрозии* – уровень, ниже которого не может идти эрозия. Для оврага базисом эрозии может быть уровень дна балки, поймы или меженный уровень воды в реке, для малой реки – уровень воды в реке, в которую она впадает. Всеобщим базисом эрозии является уровень мирового океана. Местным называют базис эрозии, характерный для данной местности.

Степень вертикального расчленения территории (таблица 2.3) характеризуется глубиной расчленения рельефа, отражающей превышение водоразделов над базисами эрозии внутри элементарных бассейнов. Определяется как разность наибольшей и наименьшей абсолютных высот по каждому элементарному бассейну, в качестве которого принимают бассейн каждого единичного водотока с постоянным или временным течением (или бассейн единичного озера). Для равнинного рельефа типичны ступени 1...5, для предгорий – 3...6, для среднегорного рельефа – 4...6, для высокогорного – 6...8.

Обычно отмечается увеличение пораженности территории оврагами с увеличением глубины базиса эрозии до 40...60 м. При этом большинство оврагов приурочено к склонам длиной 300...1250 м и крутизной 3...9°.

2.3. Ступени шкалы относительных высот для карт расчленения рельефа

Ступень	Относительная высота, м	Ступень	Относительная высота, м
1	Менее 5	5	50...100
2	5...10	6	100...200
3	10...25	7	200...300
4	25...50	8	300...500

Коэффициент расчлененности территории K характеризует горизонтальное расчленение рельефа:

$$K = L / S,$$

где **L** – длина долинной и балочной сети (км), **S** – площадь территории (км²). Этот показатель неприменим для районов с нелинейным расчленением.

Ширина водосборного бассейна a (среднее расстояние между соседними тальвегами) эрозионной сети определяется по обратной формуле:

$$a = S / L.$$

Для районов с преобладанием нелинейного расчленения (озерного, холмистого, бугристого, западинного и др.) используют формулу:

$$a = S / k,$$

где **k** – общее число понижений (озер, западин и др.)

С коэффициентом расчлененности территории и шириной водосборного бассейна связана *средняя длина склонов l* :

$$l = 2 K = 0,5a.$$

Степень повреждения территории современными формами линейной эрозии характеризуется коэффициентами расчлененности территории оврагами, овражности и плотностью оврагов.

Коэффициент расчлененности территории оврагами – суммарная протяженность оврагов на 1 км² площади. По этому показателю различаются слабая (менее 0,25 км/км²), средняя (0,25-0,50), сильная (0,50-0,75) и очень сильная (более 0,75) степени развития эрозии. Расчлененность овражной сетью определяется также по среднему расстоянию между соседними оврагами (по средней ширине водосборного овражного бассейна): более 1000 м – слабая, 1000...500 м – средняя, 500...250 м – сильная, менее 250 м – очень сильная.

Коэффициенты овражности – отношение площади оврагов к общей площади территории (га/км²).

Плотность оврагов – число оврагов на 1 км². Плотность оврагов менее 0,25 шт./км² соответствует слабой степени развития линейной эрозии, 0,25...0,5 – средней, 0,5...0,75 – сильной, более 0,75 – очень сильной.

Глубину расчленения и стадии развития процессов линейной эрозии (реликтовые и/или современные формы) характеризует тип линейного расчленения. По глубине расчленения различают слабоврезанные (5...10 м), средневрезанные (10...25 м) и глубокооврезанные (25...50 м) эрозионные системы; по составу элементов – ложбинно-лощинные, ложбинно-лощинно-балочные, лощинно-балочные, овражно-лощинно-балочные и др.

2.3.3.1.4. Классификация склонов. Важнейшими характеристиками рельефа, от которых зависят микроклиматические и геохимические условия ЭАА, сток и эрозия почв, являются крутизна, форма, экспозиция, длина склонов и их расчлененность.

Крутизна склонов играет определяющую (хотя и не единственную) роль в формировании стока. Ее влияние на интенсивность эрозионных процессов сильно различается в зависимости от почвенно-литологических и других условий. Поэтому единой классификации склонов по эрозионной опасности существовать не может, но некоторые усредненные представления по этому поводу сложились.

Для таежно-лесной зоны интервал 0...1° характеризует повышенную вероятность переувлажнения, выраженность микрорельефа, наличие в структуре почвенного покрова оглеенных компонентов. Интервал 1...3° обеспечивает более благоприятные условия дренированности, но после 2° начинает проявляться линейная эрозия и требуется ограничение доли пропашных культур в севообороте. При 3...5° сильно развиваются эрозионные процессы. Использование таких земель в пашне должно осуществляться в системе противоэрозионных мероприятий с исключением пропашных культур. При уклонах

5...8° практикуются почвозащитные севообороты. Склоны круче 8° используются в основном как сенокосно-пастбищные угодья.

Предлагается выделять следующие категории склонов (таблица 2.4.).

Форма склона оказывает большое влияние на условия увлажнения. По форме продольного профиля выделяют прямые, выпуклые и вогнутые склоны. Иногда встречаются склоны сложной формы – выпукло-вогнутые, вогнуто-выпуклые и ступенчатые. Прямые и выпуклые склоны сложены обычно легко размываемыми породами, вогнутые – трудно размываемыми, ступенчатые – чередующимися рыхлыми и твердыми породами. Эрозионная опасность выпуклых, прямых и вогнутых склонов соотносится примерно как 1,25...1,5 : 1 : 0,5...0,75. По форме поперечного профиля также различают склоны прямые, выпуклые и вогнутые. При выпуклой форме поперечного профиля склона сток происходит по расходящимся направлениям, и склон называют рассеивающим. Вогнутая форма склона обуславливает сток по сходящимся направлениям (собирающий склон). Прямой поперечный профиль является нейтральным. Собирающие склоны наиболее опасны в эрозионном отношении, рассеивающие – наименее опасны.

2.4. Классификация склонов по крутизне

Категория поверхностей		Крутизна ската (α)	Уклон ($\text{tg } \alpha$)
Плоские поверхности		до 1°	Менее 0,0175
Склоны	Очень пологие	1...2°	0,0175...0,0349
	Пологие	2...3°	0,0349...0,0524
	Слабопокатые	3...5°	0,0524...0,0875
	Покатые	5...8°	0,0875...0,1405
	Сильнопокатые	8...10°	0,1405...0,1763
	Крутые	10...15°	0,1763...0,2679
	Очень крутые	15...20(30)°	0,2679...0,3640 (0,5774)
	Чрезвычайно крутые	20(30)...45°	0,3640 (0,5774)...1,000
	Обрывистые	45...70°	1,000...2,7475
	Отвесные	70...90°	Более 2,7475

Для целей противоэрозионного проектирования принята следующая классификация склонов по форме.

Типы склонов выделяются по форме поперечного профиля, определяющего форму водосбора: I – прямые, II – рассеивающие, III – собирающие; подтипы (в типах II и III) по параллельности горизонталей: 1 – с параллельными горизонталями (с одинаковой крутизной), 2 – с непараллельными горизонталями (с разной крутизной); виды по форме продольного профиля: А – продольно-прямые, Б – продольно-вогнутые, В – продольно-выпуклые; разновидности по характеру поверхности в зависимости от микрорельефа: ровные, бугристые, мелколожбинные, макроложбинные и т.д.

В сложных условиях необходимо учитывать принадлежность ЭАА не только к склону определенной формы, но и к его части (верхней, средней, нижней).

Экспозиция склона оказывает значительное влияние на микроклиматические условия и интенсивность смыва почвы. В период весеннего снеготаяния основной причиной различий в смыве является неравномерность распределения снега в разных частях склонов разных экспозиций (что зависит в основном от преобладающего направления ветров) и разная скорость снеготаяния, зависящая от угла падения солнечных лучей, определяемых на данной широте экспозицией склона. Например, для лесостепной зоны европейской территории России, если снежность на водоразделе принять за 1, то снежность южных, юго-восточных, восточных склонов равна 0,5, северо-восточных 1, северо-западных – 2. В то же самое время суточные суммы прямой солнечной радиации на водоразделах, восточных и западных склонах практически не различаются (максимальное различие наблюдается на низких широтах и при крутизне склона 20° составляет всего 6...7 %, при 10° – 2 %, при 5° отсутствует). Южные склоны отличаются в этом отношении от водоразделов в среднем за вегетацию на +4...6 % для склонов 5° ; на +5...10 % для склонов 10° ; на +9...23 % для склонов 20° ; северные склоны – на –4...7, –10...16 и –20...40 % соответственно.

Длина склона – расстояние от водораздела до бровки элемента гидрографической сети по линии наибольшего уклона (таблица 2.5.).

2.5. Классификация склонов по длине (М.Н. Заславский, 1987)

Категория склонов	Протяженность склонов, м
Чрезвычайно короткие	Менее 50
Очень короткие	50...100
Короткие	100...200
Средней длины	200...500
Повышенной длины	500...1000
Длинные	1000...2000
Очень длинные	2000...4000
Чрезвычайно длинные	Более 4000

2.3.3.1.5. Система оценки рельефа. Каждый ЭАА в системе агроэкологической оценки рельефа, должен получить следующие характеристики:

- приуроченность к форме мезорельефа (увал, холм, лощина и т.д.);
- приуроченность к элементу мезорельефа (вершина, склон, днище и т. д.);
- приуроченность к определенной части склона и его форме (нижняя, средняя или верхняя часть прямого, выпуклого или вогнутого склона);
- крутизна склона;
- форма в плане (характер водосбора: рассеивающий, собирающий, прямой);
- экспозиция (теплая, холодная, нейтральная);
- расстояние от водораздела;

- микрорельеф.

Для всей оцениваемой территории устанавливается следующий комплекс показателей оценки:

- морфолого-генетический тип макрорельефа;
- комплекс типов мезорельефа (по происхождению);
- категория типов мезорельефа (по особенностям рельефа и литологии);
- горизонтальная расчлененность территории (коэффициент расчлененности, средняя ширина водосбора, средняя длина склонов);
- вертикальная расчлененность;
- тип линейного расчленения по составу гидрографической сети и глубине вертикального расчленения;
- пораженность современными линейными эрозионными процессами (коэффициент овражности, суммарная протяженность оврагов на 1 км², плотность оврагов).

2.3.3.2. Литологические условия

В таблице 2.6. показана классификация горных пород в зависимости от происхождения, сложения, возраста и участия в почвообразовании. Широкое участие в почвообразовании коренных пород или их маломощного элювия на какой-либо территории в большинстве случаев дает основания для выделения литогенной группы земель.

2.6. Классификация горных пород

По происхождению	По сложению	По значению и возрасту
Магматические интрузивные (глубинные)	Массивно-кристаллические	Коренные (дочетвертичные)
Магматические эффузивные (излившиеся)		
Метаморфические		
Осадочные древние	Плотные	Почвообразующие (четвертичные)
Осадочные молодые	Рыхлые	

Геологическое строение местности, сопряженное с геоморфологическими условиями, т.е. «пересечение» различных геологических пластов поверхностями рельефа, определяет локализацию многих агроэкологически значимых явлений и процессов. Например, горизонтальное залегание пласта третичных засоленных глин и выход его к поверхности на эродированных склонах обуславливает формирование или вероятность появления «солонцового пояса» на определенном гипсометрическом уровне. С той же закономерностью проявляются оползневые и солифлюкционные явления, приуроченные к местам близкого залегания водоупорных пород и формирования поверхностей скольжения.

Характеристика литологических условий ЭАА включает мощность различных отложений; гранулометрический состав и его преобладающие фракции, скелетность, каменистость; химические и физические свойства

(карбонатность, гипсоносность, засоленность, оглеение, плотность, пористость, водопроницаемость, влагоемкость, водоудерживающая способность, водоподъемная способность).

Почвообразующие породы представлены следующими основными генетическими типами.

Элювиальные отложения (элювий) – продукты выветривания коренных пород, оставшиеся на месте образования. Отличаются большим разнообразием по составу и мощности в зависимости от свойств исходной породы и условий выветривания. Различают следующие виды элювия плотных пород:

- элювий карбонатных пород – известняков, доломитов, мрамора, мела, мергелей, карбонатных глинистых сланцев, карбонатных опок;
- элювий бескарбонатных пород – песчанистых и глинистых сланцев, аргиллитов, песчаников, опок, конгломератов и т.п.;
- элювий кристаллических магматических и метаморфических пород – гранитов, сиенитов, диабазов и т.д., которые подразделяются на кислые и основные, кальциевые и магнезиальные;
- латеритизированные современные элювиальные образования на различных плотных породах.

Делювиальные отложения (делювий) – отложения дождевых и талых вод. Откладываются в виде пологого шлейфа с наибольшей мощностью у основания склона. Для делювия характерны сортированность, слоистость. Состав обусловлен составом смываемых с вышележащих склонов пород.

Элювиально-делювиальные отложения выделяются при тесном совмещении и трудном разграничении вышеописанных отложений, что часто наблюдается в условиях пересеченного рельефа.

Пролювиальные отложения (пролювий) – отложения временных водных и селевых потоков значительной мощности в виде конусов выноса. Характерен для горных стран. Как правило, плохо сортирован, включает крупнообломочный материал.

Аллювий – отложения постоянных водных потоков. Различают русловой аллювий (донные отложения рек), сложенный преимущественно песками и галькой; пойменный аллювий (отложения разливов), преимущественно суглинистый и глинистый; старичный аллювий, обогащенный органическим веществом и илом. Аллювиальные отложения характеризуются горизонтальной или косой слоистостью, окатанностью минеральных зерен, включением органических остатков. Характер слоистости и литологический состав аллювиальных отложений бывает очень различным, нередко контрастным. Пойменные аллювиальные отложения суглинистого и глинистого состава имеют хорошие агрономические свойства.

Озерные отложения заполняют понижения древнего рельефа, отличаются глинистым составом и слоистостью, часто содержат органические прослойки, могут накапливать известь, в сухих областях – гипс и легкорастворимые соли. При достаточном и избыточном увлажнении тяжелый грануломет-

рический состав обуславливает застой поверхностных вод. В зоне недостаточного увлажнения озерные отложения засолены, пересыхающие соленые озера образуют соровые солончаки.

Ледниковые (моренные) отложения – продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником. Широко распространены на севере европейской части России и Западной Сибири. Обычно залегают на возвышенных водоразделах, формируют конечно-моренные гряды. Моренные отложения несортированы, имеют неоднородный гранулометрический состав, включают валуны, обогащены песком, чаще всего являются валунными песчанистыми суглинками. Окраска красно-бурая, желто-бурая, зеленовато-бурая, пестрая и др., что зависит от характера пород подледникового ложа, условий выветривания и почвообразования. По химическому составу выделяют карбонатные и бескарбонатные (кислые) морены. Сильная завалуненность пород значительно ухудшает свойства почв и препятствует сельскохозяйственным работам.

Флювиогляциальные (водноледниковые) отложения образованы деятельностью мощных ледниковых потоков. Характеризуются сортированностью, бескарбонатностью, легким гранулометрическим составом (преимущественно песчаным и песчано-галечниковым), не содержат валунов. Формирующиеся на них почвы бедны гумусом, питательными веществами, обладают малой влагоемкостью, высокой водопроницаемостью.

Часто флювиогляциальные наносы подстилаются моренными суглинками и глинами, что приводит к застою влаги на контакте пород и контактному оглеению.

Покровные суглинки и глины имеют проблематичный генезис, чаще рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Имеют желто-бурую окраску, хорошо сортированы, содержат большое количество пылеватых фракций и ила, не содержат валунов, преимущественно бескарбонатные. Во влажном состоянии сильно набухают, при подсыхании растрескиваются, отличаются плотным сложением, слабой водопроницаемостью, высокой капиллярностью.

Лессы и лессовидные суглинки также имеют проблематичное происхождение. Для лессов характерна палевая или буровато-палевая окраска, карбонатность, пылевато-суглинистый гранулометрический состав с преобладанием крупнопылеватой фракции, мучнистость, пористость, рыхлое сложение, микроагрегированность, хорошее сочетание водопроницаемости и влагоемкости. По химическим и водно-физическим свойствам наиболее благоприятны для развития растений. Лессовидные суглинки менее карбонатны (встречаются бескарбонатные), более грубозернистые, в них слабее выражена микроагрегированность, мучнистость, пористость, отмечается слоистость.

Морские отложения (не старше верхнетретичного возраста) характеризуются ясной горизонтальной слоистостью, хорошей послойной сортирован-

ностью осадков. В целом гранулометрический состав разнообразен. Как правило, отличаются сильным засолением.

2.3.3.3. Гидрогеологические условия

Характеристика территории по этим условиям включает принадлежность к гидрогеологическому бассейну, модуль подземного стока, химизм грунтовых вод, водоносные горизонты, их мощность, дебит, общую оценку многолетней динамики этих показателей.

Для каждого ЭАА оцениваются следующие показатели.

Глубина залегания грунтовых вод оказывает влияние на почвообразование, водный режим и влагообеспеченность почв: более 6 м – автоморфные условия, 3...6 м – полугидроморфные условия, менее 3 м – гидроморфные условия, в т. ч. менее 1,5 м – сильногидроморфные условия.

Залегание пресных грунтовых вод выше 80 см неблагоприятно для всех полевых культур и большинства трав, на уровне 80...100 см – благоприятно для большинства трав, некоторых плодовых кустарников (смородины, малины), овса, гороха, льна, но исключает возделывание плодовых культур; 100...120 см – оптимальна для большинства полевых культур, но неблагоприятна для плодовых насаждений; 120...140 см – оптимальна для косточковых плодовых культур, винограда; 140...200 см – оптимальна для семечковых плодовых, теплолюбивых косточковых (абрикоса, персика).

2.7. Оценка глубины залегания минерализованных грунтовых вод по данным В.Ф. Валькова (78)

УГВ, м	Состояние культур
Глубже 3,5	Нормальное
3,5...2,75	Очень слабое угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности до 10 %)
2,75...2,25	Среднее угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 10...30 %); слабое угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности до 10 %), очень слабое угнетение виноградной лозы (снижение урожайности до 5 %)
2,25...2,00	Сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 30...50 %); среднее угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности на 10...20 (30) %); слабое угнетение виноградной лозы (снижение урожайности до 10 %)
2,00...1,40	Очень сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 50...85 %); сильное угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности на 20 (30)...50 %); среднее угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 10...25 %)
1,40...1,00	Крайне сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности более 85 %); очень сильное угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности на 50...90 %); среднее угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 25...30 %)
1,00...0,50	Полная гибель семечковых, абрикоса, черешни, сливы, вишни, яблони на парадизке; очень сильное угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 50...90 %)
Выше 0,50	Полная гибель всех плодовых культур

Глубина залегания минерализованных грунтовых вод оценивается исходя из относительного снижения урожайности многолетних насаждений (таблица 2.7.).

При высоком уровне грунтовых вод необходим учет их динамики в течение вегетационного периода (отмечается период, в течение которого грунтовые воды хотя бы частично перекрывают корнеобитаемый слой, и глубина УГВ в этот период).

Проточность грунтовых вод оказывает благоприятное действие на растения, т. к. в этих условиях они не испытывают экологического переувлажнения при расположении корней в зоне капиллярной каймы благодаря достаточной обеспеченности кислородом и отсутствию условий накопления токсичных продуктов анаэробного разложения в почве. В застойных грунтовых водах происходит накопление токсичных продуктов анаэробного разложения, что особенно неблагоприятно для многолетних насаждений.

Состав грунтовых вод характеризуется: pH, содержанием Fe^{2+} ; общим содержанием легкорастворимых солей, соды, Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} и HCO_3^- (в зависимости от зоны, таблицы 2.8.-2.10.).

2.8. Оценка концентрации Fe^{2+} в грунтовых водах с точки зрения опасности закупорки дренажных труб (48)

Содержание Fe^{2+} в грунтовых водах, мг/л		Угроза закупорки дренажных труб гидроокисью железа	Профилактические мероприятия по борьбе с закупоркой дренажных труб
pH < 7	pH > 7		
< 3	< 3	Отсутствует	Не требуется
3...6	3...6	Возможна закупорка перфораций пластмассовых труб	Применение дренажных труб из иных материалов (гончарные, деревянные и др.)
6...10	6...12	Возможно образование железистых пробок в пластмассовых трубах	Увеличение уклона дренажных труб до 0,005...0,007 и более
10...20	12...25	Возможно интенсивное образование железистых пробок в трубах	То же и внесение извести в дренажные засыпки (2 кг/м), интенсивное известкование и аэрация почв (кротование, рыхление)
20...50	25...50	Интенсивное охрообразование в трубах	То же. Целесообразно применение дренажных труб большого диаметра (7,5...10 см). Использование ионов Cu^{2+} для подавления жизнедеятельности железобактерий
> 50	> 80	Интенсивное охрообразование в трубах, интенсивное ожелезнение почв	То же. Отвод ожелезненных вод открытыми ловчими каналами.

Оценка качества воды, которая может быть применена для орошения, проводится несколькими способами.

2.9. Оценка опасности отложения охры в пластмассовых дренах в зависимости от концентрации Fe^{2+} и pH (48)

Содержание Fe^{2+} в грунтовых водах, мг/л		Опасность отложения охры в дренах
pH < 7	pH > 7	
Менее 0,5	Менее 1,0	Маловероятна
0,5...1,0	1,0...2,5	Незначительна
1,0...2,5	3,5...5,0	Средняя
3,5...5,0	5,0...7,5	Большая
Более 5,0	Более 7,5	Очень большая

Оценка воздействия Na^+ оросительных вод на почву проводится по величине *коэффициента относительной потенциальной адсорбции SAR* (*Sodium adsorption ratio*) (концентрация катионов выражается в мг-экв/л):

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

2.10. Оценка качества оросительных вод по величине SAR

Содержание натрия в воде	Общая минерализация воды, г/л	
	0,1	0,1...0,5
Низкое	Менее 10	Менее 6
Среднее	10...18	6...10
Высокое	18...26	10...18
Очень высокое	Более 26	Более 18

Поемность оценивается по следующим параметрам: периодичность затопления, сроки и длительность затопления, температура поемных вод (сумма температур полой воды). Для оценки поемности В.И. Шрагом предложена следующая градация:

- короткая поемность – срок стояния полых вод до 7 дней – позволяет возделывать большинство культур, принятых для данной зоны;
- средняя поемность – срок стояния полых вод 7...15 дней – исключает возделывание озимых культур, благоприятна для естественных и сеяных трав и большинства плодовых насаждений;
- продолжительная поемность – 15...30 дней – исключает полевые культуры и плодовые, благоприятна не для всех трав;
- очень продолжительная поемность со стоянием полых вод более 30 дней способствует заболачиванию территории и развитию болотных травянистых группировок.

Выживание растений в условиях затопления сильно зависит от температуры воды. Если в весенний период допустимая продолжительность затопления некоторых видов трав достигает 20...25 суток, то в летний период она

не должна быть более 20...26 часов. Поэтому для оценки летнего затопления при высокой температуре воды предлагается следующая шкала:

- очень короткое – до 5 ч – позволяет возделывать все культуры, принятые в данной зоне, в т. ч. овощные;
- короткое – 5...7 ч – исключает возделывание некоторых культур, неустойчивых к летнему затоплению;
- среднее – 7...12 ч – исключает возделывание овощных культур и некоторых зерновых;
- длительное – 12...20 ч – исключает возделывание зерновых культур;
- очень длительное – 20...26 ч – исключает выращивание некоторых видов многолетних трав, неустойчивых к летнему затоплению;
- крайне длительное – более 26 ч – исключает выращивание всех многолетних трав.

2.3.3.4. Агроклиматические условия

Солнечная радиация, ФАР. Температура воздуха, почвы и растения всегда зависит от количества солнечной радиации. Суммарная солнечная радиация включает прямую (поступающую непосредственно от Солнца) и рассеянную (поступающую от небосвода). Часть суммарной радиации отражается от земной поверхности, часть превращается в тепло.

Суммарная солнечная радиация, приходящаяся на горизонтальную поверхность, приведена в справочниках по климату, расчет на наклонные поверхности проводится с помощью коэффициентов (таблица 2.11.).

2.11. Относительное значение сумм прямой солнечной радиации на склонах разной экспозиции (коэффициент K_s)

Гео- графич. широта	Крутизна 5°						Крутизна 10°						Крутизна 20°					
	Месяцы						Месяцы						Месяцы					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Северные склоны																		
46°	0,94	0,97	0,98	0,98	0,96	0,92	0,87	0,92	0,94	0,94	0,89	0,82	0,72	0,83	0,87	0,86	0,78	0,63
54°	0,93	0,96	0,98	0,97	0,94	0,90	0,84	0,90	0,92	0,92	0,88	0,77	0,65	0,79	0,84	0,82	0,72	0,53
62°	0,90	0,95	0,97	0,97	0,92	0,87	0,80	0,89	0,92	0,90	0,85	0,70	0,57	0,76	0,81	0,78	0,66	0,40
Южные склоны																		
46°	1,05	1,02	1,01	1,02	1,04	1,08	1,08	1,03	1,01	1,02	1,06	1,13	1,15	1,05	1,01	1,02	1,10	1,24
54°	1,07	1,03	1,02	1,02	1,05	1,10	1,12	1,05	1,03	1,04	1,09	1,18	1,23	1,10	1,04	1,07	1,17	1,35
62°	1,09	1,04	1,02	1,02	1,06	1,13	1,16	1,07	1,05	1,06	1,13	1,24	1,32	1,15	1,07	1,10	1,23	1,49
66°	1,11	1,05	1,03	1,03	1,06	1,15	1,18	1,09	1,06	1,07	1,14	1,28	1,37	1,17	1,08	1,11	1,26	1,56
Восточные склоны																		
46°	1,00						0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96
54°							1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,99
62°							1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00
Западные склоны																		
46°	1,00						0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95
54°							0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95
62°							1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,97	0,96	0,97	0,98	0,99

2.12. ФАР и потенциальная биологическая урожайность

Географическая широта	Приход ФАР, млн МДж/га	3 % использования ФАР, ккал/га	Возможная биологическая урожайность, т/га
0...10°	3,75...2,51	113...75	67...45
10...20°	3,35...2,09	100...63	60...38
20...30°	2,93...2,01	88...60	53...36
30...40°	2,01...1,34	60...40	36...24
40...50°	1,34...0,87	40...26	24...16
50...60°	0,92...0,75	28...23	17...14
60...70°	0,84...0,50	25...15	15...9

Фотосинтетически активная радиация ФАР (световые лучи с длиной волны 0,38...0,71 мкм) – усваиваемая растениями часть солнечной энергии:

$$\text{ФАР} = 0,43 S + 0,57 D,$$

где **S** – прямая радиация, поступающая на горизонтальную поверхность; **D** – рассеянная радиация.

Коэффициент использования ФАР (КПД ФАР) – часть ФАР, используемая для фотосинтеза. По А.А. Ничипоровичу, посевы культур по использованию ФАР можно разделить на группы: обычные – 0,5...1,5 %, хорошие – 1,5...3,0, рекордные – 3,5...5,0 %, теоретически возможные – 6...8 %. Потенциальная урожайность рассчитывается по приходу ФАР (таблица 2.12.):

$$Y_{\text{биол}} = \frac{\sum Q_{\text{ФАР}} K_{\text{ФАР}} D_{\text{нм}}}{10^5 q},$$

где $Y_{\text{биол}}$ – биологический урожай абсолютно сухой растительной массы, т/га; $\sum Q_{\text{ФАР}}$ – приход ФАР за период вегетации культуры, 10^6 МДж/га; $K_{\text{ФАР}}$ – запланированный коэффициент использования ФАР, %; $D_{\text{нм}}$ – доля надземной массы, %; q – количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг сухого вещества биомассы (16,76 МДж); 10^5 – коэффициент для пересчета в тонны.

Теплообеспеченность земель. Для оценки температурного режима применяют характеристики, дающие представление об общем количестве тепла за год и отдельные периоды, о годовом и суточном ходе температуры: сумму температур, средние суточные, средние месячные, средние годовые температуры, максимальные и минимальные температуры, амплитуды суточного хода температуры.

По теплообеспеченности в природно-сельскохозяйственном районировании России выделяют три пояса: холодный (менее 1600 °С), умеренный (1600...4000 °С) и теплый субтропический (более 4000 °С).

В зависимости от длительности промерзания почвы и ее среднегодовой температуры выделяются четыре типа температурного режима почв: мерзлотный характерен для районов вечной мерзлоты (среднегодовая температура почвы отрицательная); длительно сезонно промерзающий с длительностью промерзания не менее 5 месяцев (среднегодовая температура почвы положительная, глубина проникновения отрицательных температур более 2 м); сезонно промерзающий с длительностью промерзания от нескольких дней до

5 месяцев (глубина проникновения отрицательных температур не более 2 м); непромерзающий (отрицательные температуры почвы отсутствуют или держатся от одного до нескольких дней) (таблица 2.13.).

2.13. Термические параметры фациальных подтипов почв

Фациальный подтип почв	Сумма температур выше 10°C		Продолжительность периода с отрицательной температурой почвы на глубине 0,2 м
	Воздуха	Почвы на глубине 0,2 м	
Арктический мерзлотный	0...300	0	Более 8
Субарктический мерзлотный	300...500	0...400	Более 8
Субарктический длительно промерзающий			5...8
Очень холодный мерзлотный	500...900	400...800	Более 8
Очень холодный длительно промерзающий			5...8
Холодный мерзлотный	900...1250	800...1200	Более 8
Холодный длительно промерзающий			5...8
Холодный промерзающий			2...5
Умеренно холодный мерзлотный	1250...1600	1200...1600	Более 8
Умеренно холодный длительно промерзающий			5...8
Умеренно холодный промерзающий			2...5
Умеренный длительно промерзающий	1600...2000	1600...2100	5...8
Умеренный промерзающий			2...5
Умеренно теплый длительно промерзающий	2000...2500	2100...2700	5...8
Умеренно теплый промерзающий			2...5
Умеренно теплый кратковременно промерзающий			1...2
Теплый промерзающий			2...5
Теплый кратковременно промерзающий	2500...3100	2700...3400	1...2
Теплый периодически промерзающий			Менее 1
Очень теплый промерзающий	3100...3800	3400...4400	2...5
Очень теплый кратковременно промерзающий			1...2
Очень теплый периодически промерзающий			Менее 1
Очень теплый непромерзающий			0
Субтропический кратковременно промерзающий	3800...4900	4400...5600	1...2
Субтропический периодически промерзающий			Менее 1
Субтропический непромерзающий			0

Для характеристики тепловых ресурсов территории необходимо также использовать обеспеченность сумм активных температур (таблица 2.14.). Принято считать обеспеченность теплом в 80...90 % хорошей. При обеспеченности 50...70 % необходимо применять меры по улучшению термических условий. При обеспеченности культуры теплом менее 50 % ее возделывание не имеет смысла.

2.14. Обеспеченность сумм температур выше 10 °C в зависимости от многолетней средней (по кривой Ф.Ф. Давитая)

Среднегоголетние суммы температур > 10°C	Обеспеченность, %										
	100	90	800	70	60	50	40	30	20	10	0
3600	3000	3280	3400	3500	3580	3640	3680	3730	3780	3860	4200
3200	2600	2880	3000	3100	3180	3240	3280	3330	3380	3460	3800
2800	2200	2480	2600	2700	2780	2840	2880	2930	2980	3060	3400
2400	1800	2080	2200	2300	2380	2440	2480	2530	2580	2660	3000

Особое значение имеет оценка вероятности повреждения сельскохозяйственных культур заморозками. Она необходима для расчетов сроков сева, рационального размещения наиболее теплолюбивых культур, определения вероятности и предупреждения гибели всходов полевых культур, цветков и завязей плодовых и т. д.

Длительность безморозного периода в воздухе и теплообеспеченность изменяются в зависимости от местоположения (таблица 2.15.).

2.15. Изменение термических характеристик климата отдельных форм рельефа

Форма рельефа	Холодный воздух:		Заморозкоопасность*, баллы	Разность по сравнению с ровным местом			
	при-ток	Сток		Минимальных температур за ночь весной и осенью, °С	Длительности безморозного периода, дни	Суммы температур за безморозный период, °С	Минимальной температура воздуха за июль, °С
Вершины, верхние и средние части крутых склонов ($h > 50$ м, $\alpha > 10^\circ$)**	Нет	Хороший	1	+3...+5	+15...+25	+150... ...+200	+1,5... ...+2,0
Вершины, верхние и средние части пологих склонов ($h < 50$ м, $\alpha 3...10^\circ$)	Нет	Есть	2	+1...+3	+5...+15	+50... ...+150	+1,0... ...+1,5
Равнины, плоские вершины, дно широких (более 1 км) открытых долин в средней части	Нет	Нет	3	0	0	0	0
Средние части пологих склонов ($h > 50$ м, $\alpha 3...10^\circ$)	Нет	Есть	3	0	0	0	0
Дно и нижние части склонов узких долин с большим уклоном вдоль оси	Есть	Хороший	1	+3...+5	+15...+25	+150... ...+200	+1,0... ...+2,0
Дно и нижние части склонов узких долин с умеренным уклоном	Есть	Есть	2	+1...+3	+5...+15	+50... ...+150	—
Долины больших рек, берега водоемов	Есть	Есть	2	+2...+4	+10...+20	+100... ...+200	+0,5... ...+1,0
Дно и нижние части склонов нешироких долин с большим уклоном вдоль оси	Есть	Есть	3	0	0	0	0
Дно и нижние части склонов нешироких долин со слабым уклоном	Есть	Слабый	4	-2...-3	-10...-15	-100... ...-200	-0,5... ...-1,5
Дно и нижние части склонов нешироких, извилистых, замкнутых долин	Есть	Почти нет	5	-4...-6	-15...-25	-200... ...-300	-0,5... ...-2,0
Котловины	Есть	Нет	5	-2...-3	-20...-30	-250... ...-350	-2,0... ...-2,5
Нижние части склонов и прилегающие части дна широких долин	Есть	Слабый	4	-3...-5	-15...-25	-200... ...-300	-1,0... ...-1,5
Замкнутые, широкие, плоские (корытообразные) долины	Есть	Почти нет	5	-4...-6	-20...-30	-250... ...-300	-2,0... ...-2,5
Сырые низины с минеральной почвой	Нет	Нет	4	-3...-6	-15...-30	-200... ...-350	-1,5... ...-2,0
Торфяные почвы: слабоосушенные, необработанные участки					-10...-15	-100... ...-200	-1,0... ...-1,5
Луга на осушенных болотах					-25...-30	-250... ...-300	—
Хорошо осушенные, окультуренные участки					-5...-10	-50... ...-100	—

Примечание: * в тихие ясные ночи; ** h – относительная высота (перепад высот); α – крутизна склона

Разность в суммах температур воздуха за безморозный период между вершинами и прилегающими долинами в европейской части России обычно

бывает в пределах 200...300 °С. Это соответствует изменению теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, которое наблюдается на ровных местах, на 150...200 км по широте.

Распределение температуры почвы на отдельных участках при равных зонально-фациальных условиях зависит от гранулометрического состава, количества органического вещества в почве, местоположения по рельефу (таблица 2.16.). Различия в средней месячной температуре песчаной и глинистой почв достигают 3...4 °С, осушенной и неосушенной торфяной почв – свыше 5 °С.

В холмистой местности распределение температур почвы на отдельных участках определяется различиями во влажности почвы, солнечном нагреве и особенностями воздушного обмена. В средних широтах при относительных разностях высот 10...100 м средние суточные температуры почвы на глубине 5...10 см в весенний период на пологих южных склонах выше по сравнению с ровным полем в среднем на 0,5...1,0 °С, по сравнению с северными склонами на 2 °С. Такое повышение температур дает возможность высевать на южных склонах яровые раньше, чем на ровных полях, в среднем на 2...5 дней, а по сравнению с северными склонами на 4...7 дней.

Летом в дневные часы при малооблачной погоде температура почвы на пологих южных склонах в слое 5...10 см выше, чем на северных, на 3...4 °С, на глубине 20 см – на 1...2 °С.

2.16. Особенности термического режима органических и минеральных почв различного гранулометрического состава

Почва	Разность по сравнению со среднесуглинистой почвой					
	средней температуры почвы за май, °С	дат перехода (дни) средней суточной температуры почвы через		сумм температур почвы выше 10 °С	продолжительности периода(дни) с температурой почвы выше	
		5 °С	10 °С		5 °С	10 °С
Песчаная, супесчаная	+1,0...+2,0	-6...-10	-10...-15	+250...+350	+15...+25	+20...+25
Легкосуглинистая	+0,5...+1,0	-3...-5	-5...-10	+100...+150	+5...+10	+10...+15
Тяжелосуглинистая и глинистая	-0,5...-1,5	+3...+5	+5...+10	-100...-200	-5...-10	-5...-10
Торфяная осушенная	-1,0...-2,0	+8...+10	+5...+10	+50...+100	+5...+10	+5...-5
Торфяная неосушенная	-2,5...-4,0	+10...+15	+15...+25	-25...-30	-25...-30	-10...-20

Оценка условий перезимовки растений. Перезимовка растений зависит от состояния их осенью, температурных условий и высоты снежного покрова зимой. Неблагоприятно сказываются на состоянии зимующих культур, особенно озимых зерновых, резкие колебания температуры, частые продолжительные оттепели, гололед.

Комплексным показателем агроклиматических условий зимнего периода может служить *показатель суровости зимы К*:

$$K = T_m / C,$$

где T_m – средний из абсолютных минимумов температур воздуха за месяц и в среднем за зимние месяцы, °С; C – средняя высота снежного покрова, см.

Малосуровые условия зимы характеризуются величинами показателя до 1, суровые – 1...3 и весьма суровые – выше 3.

Влиянию низких температур на почву зимой противостоит снежный покров, который оказывает решающее влияние на глубину промерзания. При высоте снежного покрова до 20 см зимы относят к малоснежным, 20...30 см – среднеснежным, выше 30 см – многоснежным. Решающее значение имеет установление снежного покрова достаточной высоты в первой половине зимы, т.к. интенсивность промерзания почвы с начала зимы наибольшая. Правильное и по возможности раннее снегонакопление позволяет в условиях резко континентального климата уменьшить глубину промерзания почвы. Этому же способствует и растительный покров, задерживающий снег и сохраняющий его в рыхлом состоянии.

На глубину промерзания сильно влияет влажность почвы. Чем она выше, тем меньше глубина промерзания. Глубина промерзания уменьшается с увеличением содержания в почве глинистых частиц. В суровые зимы она различается между песчаными и суглинистыми почвами в среднем на 50 см, между песчаными и глинистыми – на 80 см.

Существенное влияние на промерзание почвы оказывает рельеф. На повышенных его формах почвы промерзают, как правило, глубже, чем на пониженных, что обусловлено большей удельной поверхностью положительных форм рельефа и меньшей мощностью снежного покрова. Если глубину промерзания почв на ровной поверхности принять за 1, то на возвышенных местах и северных склонах она составит 1,2...1,5; на восточных и западных склонах 1,00...1,35; на южных склонах 0,7...0,9; на пониженных местах 0,5...0,7.

При оценке условий перезимовки озимых зерновых культур основным показателем является минимальная температура почвы на глубине узла кущения (3 см). С этой глубины резко уменьшаются колебания температуры почвы. Поэтому крайне важно обеспечение оптимальной глубины заделки семян при посеве.

Температурный режим на глубине узла кущения зависит от абсолютных минимумов температуры воздуха и их повторяемости, высоты снежного покрова, времени выпадения снега, его плотности, степени охлаждения нижележащих слоев почвы.

Особую роль играет снежный покров. Минимальная температура почвы на бесснежных участках и на участках со среднемошным (20...30 см) снежным покровом различаются на 10...20 °С. При сильных морозах или кратковременных понижениях температур воздуха до –20...–25 °С и снежном покрове 60 см абсолютный минимум температуры почвы может быть выше на 30... 37 °С, чем воздуха. Разность температур воздуха и почвы определяется не только величинами низких температур, но и их продолжительностью. При сильных, но кратковременных морозах разность между температурами воздуха и почвы больше, чем при более слабых, но продолжительных.

Уплотнение снега увеличивает его теплопроводность и ведет к ухудшению термоизолирующих свойств.

Состояние озимых культур диагностируется на основе сопоставления фактических температур почвы зимой с критическими для растений.

Оценка влагообеспеченности территорий. Для общей характеристики влагообеспеченности используются условные показатели, предложенные различными авторами: гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, радиационный коэффициент сухости М.И. Будыко и др. Наиболее употребителен коэффициент увлажнения Н.Н. Иванова (КУ):

$$КУ = P / f,$$

где **P** – осадки за год, мм; **f** – испаряемость за год (определенная по испарению с поверхности водоемов), мм;

В соответствии с этим коэффициентом выделены зоны увлажнения:

- *избыточно влажная* (КУ более 1,33) – зона распространения тундрового, болотного, глееподзолистого почвообразования; осадки превышают испаряемость и за год, и за теплый период;
- *влажная* (КУ 1,33...1,00) зона охватывает тайгу и лиственные леса на подзолистых и бурых лесных почвах; годовая сумма осадков превышает испаряемость, но в основной период вегетации испаряемость выше осадков;
- *полувлажная* (КУ 1,00...0,77) – лесостепная зона на серых лесных почвах и лесостепных черноземах; КУ 1,00 свидетельствует о сбалансированности годовых осадков и испаряемости;
- *полузасушливая* (КУ 0,77...0,55) зона охватывает типичную степь на обыкновенных черноземах;
- *засушливая* (КУ 0,55...0,44) – засушливую степь на южных черноземах;
- *очень засушливая* (КУ 0,44...0,33) – сухую степь на темно-каштановых и каштановых почвах;
- *полусухая* (КУ 0,33...0,22) – полупустыня на светло-каштановых почвах;
- *сухая* (КУ 0,22...0,12) – полупустыня на бурых почвах;
- *очень сухая* (КУ 0,12) – полупустыня на серо-бурых почвах.

Влагообеспеченность конкретных местообитаний связана с неодинаковым расходом влаги на испарение на склонах разной крутизны и экспозиции, перераспределением зимних и летних осадков. Зимой снега накапливается больше на пониженных элементах рельефа. Наветренные склоны удерживают меньше снега, чем подветренные. На наветренных склонах мощность снега убывает от подножия к вершине, а на подветренных большие массы снега скапливаются в верхней части склона. На южных склонах снеготаяние проходит более интенсивно, в результате чего увеличивается сток.

Основные закономерности перераспределения влаги по элементам мезорельефа представлены в таблице 2.17., количественные соотношения этого перераспределения – в таблице 2.18.

2.17. Относительное увлажнение местообитаний в зависимости от формы и экспозиции склонов (по Сильвестрову)

Вертикальный профиль склонов	Относительные условия увлажнения			
	остронедостаточное	недостаточное	повышенное	среднее
Выпуклый	Нижние части солнечных (Ю, ЮВ, ЮЗ) и наветренных склонов	Нижние части теневых (С, СВ, СЗ) и подветренных склонов	Водораздельные плато и верхние части склонов всех экспозиций	Средние части склонов всех экспозиций
Прямой	Верхняя половина солнечных и наветренных склонов		Нижняя половина теневых и подветренных склонов	Остальных элементы
Вогнутый	Верхние части солнечных и наветренных склонов	Верхние части теневых и подветренных склонов	Шлейфы теневых и подветренных склонов	Шлейфы склонов
Сложный	Средние части солнечных и наветренных склонов	Верхние части всех склонов, средние части теневых склонов	Наветренные и теневые шлейфы	Остальные шлейфы

Влажность почв вогнутых склонов книзу возрастает, а выпуклых, наоборот, снижается. На отдельных крутых отрезках любых склонов влажность почв уменьшается. Относительное количество осадков весной и осенью в зонах избыточного и достаточного увлажнения составляет у подножий склонов 1,00; на южных склонах 0,25...0,30; на северных склонах 0,3...0,4; в слабозасушливых условиях соответственно 1,00; 0,15...0,25 и 0,25...0,30. В сравнимых условиях ряд экспозиций по увлажнению выглядит следующим образом: С > СВ > ЮВ > В > З > ЮВ > ЮЗ > Ю.

2.18. Относительное увлажнение склонов различных форм и экспозиций в различное время года (по Е.Н. Романовой)

Категория рельефа			Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Ровное место			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Водораздельное плато			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Склоны прямого и вогнутого профиля	вершина		0,47	0,54	0,46	0,42	0,47
	северные	верхняя часть	0,95	1,00	0,86	0,98	0,95
		средняя часть	1,08	1,00	1,00	1,00	1,02
		нижняя часть	1,36	1,50	1,49	1,08	1,36
		подножие	1,70	2,00	1,50	1,60	1,70
	южные	верхняя часть	0,41	0,45	0,41	0,37	0,41
		средняя часть	0,53	0,62	0,50	0,48	0,53
		подножие	1,19	1,22	1,20	1,14	1,19
Склоны выпуклого профиля	северные	верхняя часть	0,97	0,96	0,97	0,98	0,97
		средняя часть	1,01	1,03	1,00	1,00	1,01
		нижняя часть	0,92	1,03	0,92	1,82	0,92
		подножие	2,02	2,18	1,88	1,89	1,99

Оценка засух. Атмосферная засуха, т.е. жаркий период без дождей с влажностью воздуха менее 35...30 %, обычно сопровождается почвенной засухой, которая проявляется в снижении запасов почвенной влаги до влажности завядания.

Частота и длительность засух возрастает от лесостепи к сухой степи. Повторяемость засух достигает 30...40 % в лесостепи, 50...60 % в степи, и лишь 2...3 % в лесной зоне. Большинство исследователей признают наиболее надежным показателем засухи влажность пахотного слоя почвы (0...20 см). Декады, в течение которых запасы продуктивной влаги в пахотном слое составляют менее 20 мм, относят к засушливым, менее 10 мм – к сухим.

По срокам проявления выделяют пять типов засухи (таблица 2.19.).

2.19. Сравнительная характеристика засух

Тип засухи	Период проявления	Наносимый вред	Мероприятия по преодолению
Ранне-весенняя	Начало полевых работ... июнь	Особенно высокий для яровых (быстрое иссушения верхнего слоя почвы, изреживание всходов, задержка кущения и образования вторичных корней, формирование укороченного колоса). Снижение урожайности при дальнейших благоприятных условиях до 6...8 ц/га, в засушливых условиях до 2...4 ц/га	Страховочные посевы озимых по чистым парам, поздние сроки сева яровых культур
Весенне-летняя	Май...июнь	Задержка и неполное формирование вторичных корней	Поздние сроки сева яровых зерновых («пережидание» засухи в стадии кущения) в условиях создания определенного запаса влаги (пар, снегонакопление, кулисы из высокостебельных растений на стерневом фоне). Посевы сверхранних или сверхпоздних скороспелых сортов. В районах с более равномерным распределением осадков – ранние посевы в максимально сжатые сроки. Применение фосфорных удобрений. Возделывание озимых по чистым парам.
Летне-осенняя	Вторая половина лета (с июля)	«Захват» зерна яровых зерновых, нарушение образования репродуктивных органов поздних культур. Неблагоприятные условия для всходов озимых (иногда и по чистым парам)	Скороспелые засухоустойчивые сорта ранних зерновых культур
Комбинированная	В разное время вегетации, чередуясь с влажными периодами	Наименее вредна, особенно при наличии в почве достаточных запасов влаги, за счет которых растения переносят перемежающуюся засуху	Сохранение запасов почвенной влаги агротехническими приемами
Устойчивая	Ранняя весна...конец июля	Поражает все полевые культуры. Наносит максимальный вред	Чистые пары, снегозадержание

Ветровой режим. Ветер влияет на режим основных метеорологических элементов в приземном слое растений, обуславливает развитие дефляции, распределение снежного покрова и осадков, перенос водяного пара и тепла. Сильный ветер способствует полеганию зерновых в период колошения и созревания. Во время холодной адвекции ветер может оказаться решающим

фактором повреждения органов растений. Режим ветра (направление и скорость) обязательно учитывается при проектировании противодефляционных систем земледелия.

Макроклиматические факторы ветрового режима сильно корректируются местными условиями таблица (2.20.).

2.20. Коэффициенты изменения скорости ветра в различных условиях рельефа по сравнению с открытым ровным местом на высоте 2 м

Форма рельефа		Скорость ветра на равнине, м/с			
		3...5		6...20	
		Н*	У	Н	У
Открытые возвышения (холмы)					
Вершины	Высотой более 50 м	1,4...1,5	1,6...1,8	1,2...1,3	1,4...1,5
	Высотой менее 50 м	1,3...1,4	1,6...1,7	1,1...1,2	1,3...1,4
Наветренные склоны 3...10°	верхняя часть	1,2...1,3	1,4...1,6	1,3...1,2	1,5
	средняя часть	1,0...1,1	1,0...1,1	1,0...1,1	1,1...1,2
	нижняя часть	1,0	0,8...0,9	0,9...1,0	1,0
Параллельные ветру склоны 3...10°	верхняя часть	1,1...1,2	1,3...1,4	1,0...1,1	1,2...1,3
	средняя часть	0,9...1,0	1,0...1,1	0,8...0,9	0,9...1,0
	нижняя часть	0,8...0,9	0,9...1,0	0,7...0,8	0,8...0,9
Подветренные склоны 3...10°:	верхняя часть	0,8...0,9		0,7...0,8	
	средняя часть	0,8...0,9	0,9...1,0	0,8...0,9	0,9...1,0
	нижняя часть	0,7...0,8	0,8...0,9	0,7...0,8	0,8...0,9
Возвышения с плоскими вершинами и пологими в верхней части склонами					
Вершины, верхние части наветренных и подветренных склонов 1...3°		1,2...1,4	1,4...1,6	1,1...1,2	1,4...1,5
Средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов 4...10°		1,1...1,2	1,1...1,2	1,1...1,2	1,2...1,3
Средние и нижние части подветренных склонов 4...10°		0,7...0,9	0,9...1,0	0,8...0,9	0,9...1,0
Долины, лощины, овраги					
Дно и нижние части склонов	продуваемых ветром	1,1...1,2	1,3...1,5	1,2...1,3	1,4...1,5
	не продуваемых ветром	0,7...0,8	<0,6	0,7...0,8	<0,6
	Замкнутых	0,6 и менее*		0,6 и менее*	
Средние и верхние части склонов:	продуваемых ветром	1,2...1,3	1,4...1,5	1,1...1,2	1,3...1,5
	не продуваемых ветром	0,8...0,9	0,6...0,7	0,8...0,9	0,6...0,7
	Замкнутых	0,6 и менее*		0,6 и менее*	
Н – неустойчивая, У – устойчивая стратификация атмосферы					

К числу опасных метеорологических явлений, связанных с ветром, относят суховеи – горизонтальные потоки воздуха с повышенной температурой и низкой относительной влажностью, возникающие на периферии антициклона, чаще всего в трансформировавшемся арктическом воздухе. Вредное действие суховея на растения существенно при скорости ветра более 5 м/с, температуре выше 25 °С и относительной влажности воздуха менее 30 %. Режим суховеев (частота, число дней в году, длительность и интенсивность) является хорошим показателем засушливости климата. В лесной зоне число

дней с суховеями за теплый сезон (апрель – октябрь) 1...2, в лесостепной 15...20, в степной 30...60, в полупустынной 70...100. Для лесной зоны характерны максимум суховеистости в мае и минимум – в летний период; для лесостепной зоны – два максимума: весной и значительно меньший – в середине или в конце лета; для степной зоны – два равных максимума (или второй несколько больше первого).

Система оценки агроклиматических условий.

1. Термические показатели:

- среднегодовая температура;
- среднемесячные температуры самого холодного и самого теплого месяцев;
- среднемноголетние минимальная и максимальная температуры самого холодного и самого теплого месяцев;
- абсолютные минимум и максимум температуры;
- сумма температур выше 15, 10 и 5 °С за вегетацию;
- длительность периодов со среднесуточными температурами выше 5, 10 и 15 °С (длительность вегетационного периода для многолетних трав, большинства полевых культур, теплолюбивых культур);
- даты прохождения среднесуточных температур через 0, 5, 10 и 15 °С весной и осенью (даты начала и окончания полевого периода, вегетации многолетних трав, большинства полевых культур, теплолюбивых культур);
- даты первого осеннего и последнего весеннего заморозков среднемноголетние и экстремальные – самые ранние осенние, самые поздние весенние;
- длительность безморозного периода;
- даты промерзания и оттаивания почвы;
- даты устойчивого прогревания почвы до 5 и 10 °С на глубине 5 и 10 см;
- сумма среднесуточных температур почвы выше 10 °С на глубине 5 и 10 см.

2. Показатели влагообеспеченности:

- сумма осадков за год;
- сумма осадков за вегетацию;
- коэффициент увлажнения;
- суммы осадков за зиму, весну, лето, осень;
- характер выпадения осадков;
- вероятность выпадения ливней и сильных дождей в отдельные периоды;
- число дней в году с ливнями и сильными дождями;
- вероятность проявления засух в отдельные периоды вегетации;
- число дней в году с засухой;
- продолжительность засух;
- запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...20 см осенью перед началом сева озимых и в слое 0...100 см весной.

3. Показатели ветрового режима:

- годовая роза ветров;
- средняя скорость ветра в году и в отдельные периоды вегетации;

- вероятность скоростей ветра выше 5 м/с в отдельные периоды вегетации;
- число дней в году со скоростью ветра выше 5 м/с;
- вероятность суховеев в отдельные периоды;
- число дней в году с суховеями;
- длительность суховеев.

4. Показатели условий перезимовки:

- даты установления и схода снежного покрова;
- средняя высота снежного покрова;
- влажность почвы перед промерзанием и установлением устойчивого снежного покрова;
- вероятность наступления оттепелей;
- число дней в году с оттепелями;
- продолжительность оттепелей.

2.3.3.5. Геохимические условия.

Классификация геохимических ландшафтов. Геохимический ландшафт – совокупность сопряженных элементарных ландшафтов, связанных определенными условиями миграции химических соединений. В геохимическом отношении элементарному ареалу агроландшафта соответствует элементарный геохимический ландшафт (ЭГЛ) – пространство с одинаковой или регулярно чередующейся разной интенсивностью миграции и аккумуляции соединений, обусловленной действием одинаковых (или регулярно чередующихся) геохимических барьеров (по типу, силе и локализации).

По характеру миграции и аккумуляции веществ выделяются три основные категории ЭГЛ (рисунок 2.3.):

1. *Элювиальные* (автономные, автоморфные) – геохимически независимые ландшафты, характеризующиеся выносом наиболее растворимых и подвижных соединений. Это повышенные водораздельные территории, где почвообразование не зависит от грунтовых вод, боковой приток материала отсутствует, а его расход происходит путем стока и просачивания.

На общем фоне элювиального геохимического ландшафта по микро- и мезопонижениям, в которых создаются условия для концентрации продуктов миграции, выделяются аккумулятивно-элювиальные ЭГЛ.

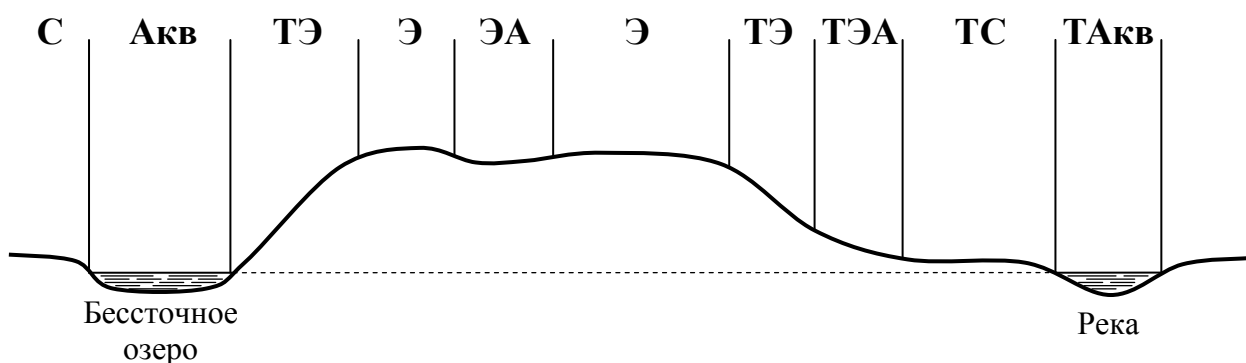


Рис. 2.3. Схема классификации элементарных геохимических ландшафтов по Полюнову – Глазовской

2. *Транзитные ландшафты* – геохимически подчиненные, в них частично аккумулируются некоторые соединения, а наиболее растворимые и подвижные выносятся. В зависимости от условий стока М. А. Глазовская выделяет трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты. К первым относятся верхние части склонов, где вынос веществ по профилю сочетается с поверхностным переносом, ко вторым – нижние части и шлейфы склонов, где перенос веществ сочетается с аккумуляцией, в которой могут участвовать грунтовые воды.

3. *Аккумулятивные ландшафты* – это прилегающие к склонам территории, аккумулирующие поверхностный и грунтовый сток. Для них характерно накопление наиболее подвижных продуктов выветривания и почвообразования.

По Б. Б. Полынову эти ландшафты разделяются на супераквальные (гидроморфные) и субаквальные.

Супераквальные ландшафты формируются в поймах, надпойменных террасах, котловинах с близкими грунтовыми водами. Они подвергаются влиянию стока с водоразделов, нередко затоплению. М. А. Глазовская выделяет транссупераквальные ландшафты частично дренированные с интенсивным водообменом и собственно супераквальные ландшафты замкнутых понижений со слабым водообменом.

Субаквальные ландшафты подразделяются на трансаквальные (реки, проточные озера) и аквальные (непроточные озера).

Сопряженные ЭГЛ, связанные определенными условиями миграции химических соединений, образуют элементарные геохимические системы, которые объединяются в более сложные структуры, называемые М. А. Глазовской каскадными ландшафтно-геохимическими системами. По условиям сброса они могут быть открытыми с конечным сбросом веществ в моря и океаны или закрытыми с конечными звеньями каскадной цепи в бессточных впадинах; по форме – линейными, рассеивающими или концентрирующими, по числу звеньев – I-го, II-го, III-го и более высоких порядков.

В каждой зоне формируются характерные типы сочетаний почвенно-геохимических ландшафтов.

Классификация элементарных геохимических ландшафтов служит объективной основой для формирования системы агроэкологических ограничений техногенно-химических нагрузок, для предотвращения эрозии, загрязнения почв и вод токсикантами. Степени свободы применения химических средств значительно уменьшаются от элювиальных ландшафтов к супераквальным. В элювиальных ландшафтах можно применять высокоинтенсивные технологии с использованием средств химизации при соблюдении общепринятых норм и правил безопасности; в аккумулятивных должно быть исключено применение опасных пестицидов и резко ограничено использование азотных удобрений, а потребности азота должны удовлетворяться преимущественно за счет повышения доли бобовых культур. На трансэлювиальных

элементах необходима регламентация уровней применения азотных удобрений, пестицидов и технологий их внесения в зависимости от интенсивности смыва, в частности, должно быть исключено поверхностное внесение.

Геохимические барьеры. Миграция веществ осуществляется в миграционных потоках: гравитационных (под влиянием силы тяжести), эоловых, водных, биологических, биогенных (перемещение организмов по территории), антропогенных. Преобладающую роль в геохимической дифференциации территории играют водные потоки.

Характер и интенсивность миграции зависят от свойств веществ, условий накопления и передвижения воды, химического, минералогического и гранулометрического состава почво-грунтов, свойств и режимов почв. Эти условия очень изменчивы. В результате возникают участки, где на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции, приводящее к концентрированию химических элементов. Они названы А.И. Перельманом геохимическими барьерами.

Выделяются три типа геохимических барьеров: биогеохимические, физико-химические и механические.

I. *Биогеохимические барьеры* являются участками биогенной аккумуляции элементов, необходимых для организмов. Примерами таких барьеров могут служить растительный покров суши, гумусовые горизонты почв, колонии микроорганизмов и др.

II. *Физико-химические барьеры.* Тип делится на несколько классов.

Окислительные барьеры возникают на участках резкого повышения окислительно-восстановительного потенциала. В зависимости от аккумуляруемых элементов выделяют следующие виды окислительных барьеров:

а) железистый или железисто-марганцевый барьер возникает на контакте глеевых вод с кислородными водами или воздухом, приводящем к выпадению гидроксидов Fe и Mn.

б) марганцевый барьер возникает преимущественно в легкопроницаемых породах и в болотных степных и полупустынных почвах в условиях миграции слабощелочных (лишенных Fe) вод.

в) серный барьер возникает в результате окисления сероводорода подземных или почвенно-грунтовых вод.

Восстановительные барьеры возникают при резком падении окислительно-восстановительного потенциала. В зависимости от среды выделяют сульфидный и глеевый восстановительные барьеры.

Сульфидный (сероводородный) барьер возникает в почвах и водоносных горизонтах при контакте вод, характеризующихся окислительными или глеевыми условиями, с сероводородом. Из растворов ряд металлов (Fe, V, Zn, Co, Pb, U, Ni, As, Cd, Hg, Ag, Se) выпадает в виде нерастворимых сульфидов.

Глеевый барьер возникает при резком усилении глеевой обстановки. На нем не осаждаются Fe, Mn, P и многие элементы с постоянной валентностью, осаждаемые в сероводородной среде; возможно осаждение U, Se, V, Cu, Ag.

Сульфатный и карбонатный барьеры возникают в местах встречи сульфатных и карбонатных вод с водами, содержащими растворенные Ca, Sr и Ba, которые и осаждаются в форме сульфатов и карбонатов.

Щелочной барьер возникает на участках резкого повышения pH, чаще всего на контакте бескарбонатных пород с карбонатными. Осаждает большинство тяжелых металлов, загрязняющих почвенную среду (Fe, Al, Ca, Mg, Mn, Sr, V, Cr, Zn, Ni, Co, Pb, Cd).

Испарительный барьер возникает на участках сильного испарения подземных и почвенно-грунтовых вод, из которых осаждаются растворенные соли. Так образуются солевые горизонты в солончаках и солончаковых почвах. Водорастворимые органоминеральные комплексы могут выпадать при испарении в почве и закрепляться на различной глубине. С испарительным барьером может быть связано концентрирование Ca, Na, K, Mg, F, S, Sr, Cl, Rb, Zn, Li, Ni, V, Mo.

Адсорбционные барьеры возникают на контакте пород и почв, богатых адсорбентами (глин, торфов, углей), с ионными растворами. В форме катионов и анионов на адсорбентах возможно накопление Ca, K, Mg, P, S, Rb, V, Cr, Zn, Ni, Cu, Co, Pb, V, As, Mo, Hg, Ra.

Термодинамические барьеры возникают на участках резкого изменения температуры или давления, с которыми тесно связан газовый режим вод. Примером может служить выпадение из растворов гидрокарбоната кальция при перемещении из более холодных слоев в теплые (потеря CO₂).

III. *Механические барьеры* образуются на участках изменения скорости движения вод или воздуха.

Часто выпадение и концентрация веществ является следствием одновременного действия нескольких геохимических барьеров, накладывающихся друг на друга. Геохимические барьеры сменяют друг друга в пространстве, что обуславливает сложное распределение ландшафтно-геохимических полей со свойственными им геохимическими ассоциациями элементов. Понимание этих связей необходимо для прогнозирования техногенного геохимического воздействия на ландшафты и его регулирования.

Оценка геохимических условий ЭАА. Определяется тип элементарного геохимического ландшафта каждого ЭАА, действующие геохимические барьеры (тип, интенсивность действия, локализация), возможность накопления или выноса соединений (прежде всего природных и искусственных токсикантов, элементов минерального питания, пестицидов), локализация горизонтов аккумуляции тех или иных веществ. Самая большая сложность заключается в оценке интенсивности действия геохимических барьеров и соответственно интенсивности накопления тех или иных соединений, поскольку количественных шкал здесь не существует и возможна оценка только на качественном уровне, да и то весьма приблизительная.

В соответствии с категорией ЭГЛ устанавливаются ограничения на использование средств химизации.

2.3.3.6. Оценка поверхностного стока и дренированности

Элементы водного баланса. Уравнение водного баланса для бассейна за определенный промежуток времени можно записать в виде:

$$y = x + a + b,$$

где y – объем выпавших осадков; x – объем поверхностного стока; a – объем воды, пошедшей на транспирацию и испарение; b – объем воды, пошедший на изменение запаса воды в бассейне (изменение уровня грунтовых вод, объема водоемов, влажности почвы).

Для многолетнего периода b стремится к нулю, поэтому:

$$y \approx x + a, \quad 1 = x/y + a/y.$$

Коэффициент стока σ – доля стока от объема осадков:

$$\sigma = x/y, \quad \sigma \approx 1 - a/y,$$

т. е. с увеличением объема осадков увеличивается и коэффициент стока.

При постоянном количестве осадков коэффициент стока зависит, в основном, от водопроницаемости почв и грунтов (таблицы 2.21., 2.22.). Обычно тяжелые почвы менее проницаемы, чем легкие. Низкую водопроницаемость имеют почвы с уплотненными горизонтами. Большое значение для водопроницаемости почв имеет водопрочность их структуры, зависящая от содержания и состава гумуса, состава обменных оснований и др. Многообразно влияние на водопроницаемость растительности. Надземная ее часть предохраняет поверхность почвы от разрушения прямыми ударами дождевых капель, подземная повышает водопрочность структуры и после отмирания оставляет дренирующие поры. Поэтому почвы под лесом обладают исключительно высокой водопроницаемостью. Для пахотных почв большое значение имеют глубина, направление и вид обработки.

На величину σ влияет длина склона. Ее увеличение при прочих равных условиях приводит к редукции стока прежде всего из-за увеличения поверхности, занятой водой и участвующей во впитывании. Это происходит на склонах с естественной растительностью. На распаханых склонах картина может быть иной в связи со слиянием струй по мере удаления от водораздела.

Коэффициент стока зависит и от крутизны склона. Чем круче склон, тем выше скорость стекания и меньше время взаимодействия данного объема воды с почвой, что приводит к увеличению коэффициента стока.

Водопроницаемость почв при весеннем стоке зависит, главным образом, от количества свободных, не занятых льдом крупных пор. В первую очередь это определяется исходной пористостью почвы, ее влажностью в предзимний период и погодными условиями зимы. Высокая влажность почвы перед промерзанием и глубокие зимние оттепели способствуют снижению водопроницаемости и повышению коэффициента стока (100).

Суммарный объем стока M – объем воды, стекшей с определенной водосборной площади за какой-либо отрезок времени (м^3). *Слой стока h* – слой воды, которая накопилась бы на поверхности почвы при отсутствии стока и неизменных остальных элементах водного баланса (мм):

$$h = M / 1000 \cdot F, \text{ где } F \text{ – площадь водосбора (км}^2\text{)}.$$

Противоэрозионные мероприятия не проектируются исходя только из средних показателей стока, т. к. в этом случае они не обеспечивают задержания или безопасного сброса воды в годы максимального стока. Их рассчиты-

вают с учетом вероятностных характеристик. *Обеспеченность стока p* – частота проявления стока не ниже расчетной величины (%). Гидротехнические мероприятия проектируются в расчете на 5...10 % обеспеченности, лесомелиоративные и агротехнические – 10...25 %.

Расчет жидкого талого и дождевого стока.

При отсутствии данных наблюдений объем жидкого стока определенной обеспеченности M_p (m^3) рассчитывают по формуле:

$$M_p = 1000 h_{T(L)p} F,$$

где $h_{T(L)p}$ – слой стока за период весеннего половодья (слой ливневого стока) требуемой обеспеченности p , мм; F – площадь водосбора, km^2 .

Слой талого стока 10%-ой вобеспеченности рассчитывается по методике В.П. Герасименко (28):

$$h_{T10\%} = h_T K_{Эксп} K_{Пч} K_{Эр} K_{10\%} K_1, \quad (2.1)$$

где h_T – среднемноголетний слой стока (мм), определяемый по картам изолиний средних слоев весеннего стока отдельно с зяби и уплотненной пашни (занятой озимыми, травами, стерней) (рис. 2.4); $K_{Эксп}$ – поправка на экспозицию склона (таблица 2.23.); $K_{Пч}$ – поправка на почву (таблица 2.24.); $K_{Эр}$ – поправка на степень смытости почвы (0,94 – несмытые и слабосмытые; 1,0 – среднесмытые; 1,1 – сильносмытые); $K_{10\%}$ – поправка на 10%-ую обеспеченность стока (таблица 2.25); K_1 – коэффициент снижения талого стока почвозащитными мероприятиями (таблица 2.26.).

Для расчета дождевого стока используется методика В.П. Герасименко–М.В Кумани (178):

$$h_{Л10\%} = 300 i \zeta a I K_1, \quad (2.2)$$

где i – максимальная 30-минутная интенсивность дождей 50%-ой обеспеченности (мм/мин), представленная на рис.2.8.3-2.8.7 в виде карт изолиний для основных регионов Европейской части России (27); ζ – коэффициент перехода от картированной интенсивности осадков к слоям стока 10%-ой обеспеченности (0,38 – для черноземов и каштановых почв; 0,73 – для дерново-подзолистых и серых лесных почв); a – параметр, учитывающий влияние агрофона на дождевой сток (0,12 – для залежи; 1,0 – для густопокровных культур; 2,2 – для пара и пропашных культур); I – средневзвешенный уклон (синус угла наклона склона); K_1 – коэффициент снижения дождевого стока почвозащитными мероприятиями (таблица 2.21.).

Расчет талого и дождевого твердого стока (смыва почв). Смыв почвы в период весеннего снеготаяния Q_T (т/га) предлагается рассчитывать следующим образом (27,29):

$$Q_T = Q L (\sin \alpha) K_{Вл} K_{Эксп} K_{Ф} K_{Пч} K_{Эр} K_2, \quad (2.3)$$

где Q – среднемноголетний смыв почвы с зяби и уплотненной пашни (рисунки 2.8.8.-2.8.9.), т/га; L – расстояние от водораздела, м; α – крутизна склона в град.; $K_{Вл}$ – поправка на увлажненность территории (для лесной зоны 0,132; для лесостепной 0,115; для степной 0,103); $K_{Эксп}$ – поправка на экспозицию (таблица 2.28.); $K_{Ф}$ – поправка на форму склона (таблица 2.29.); $K_{Пч}$ – поправка на почву (таблица 2.30.); $K_{Эр}$ – поправка на смытость почвы (0,88 – несмытые и слабосмытые; 1,0 – среднесмытые; 1,14 – сильносмытые); K_{A2} – коэффициент влияния почвозащитных мероприятий (таблица 2.26.)

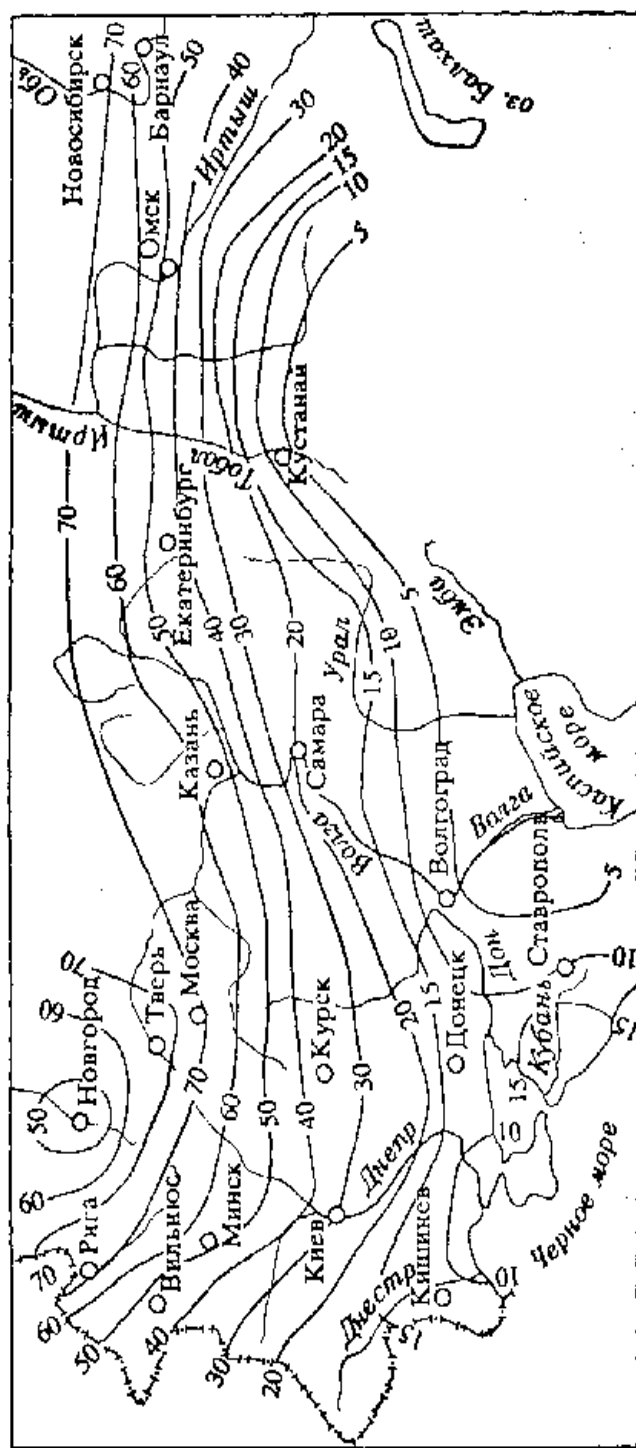


Рис. 2.4 Карта изолиний средних слоев талого (H_T) стока с уплотненной пашни

Смыв почвы во время дождей (Q_L , т/га) рассчитывается по уравнению В.П. Герасименко (28):

$$Q_L = i L (\sin \alpha) K_{Вл} K_{ф} K_{Пч} K_{Эр} A K_2, \quad (2.4)$$

где i – максимальная 30-минутная интенсивность дождей 50%-ой обеспеченности, мм/мин (рис. 2.8.3.-2.8.7.); L – расстояние от водораздела, м; α – крутизна склона в град.; $K_{Вл}$ – поправка на увлажненность территории (для лесной зоны 0,132; для лесостепной 0,115; для степной 0,103); $K_{ф}$ – поправка на форму склона (таблица 2.29.); $K_{Пч}$ – поправка на почву (таблица 2.30.); $K_{Эр}$ – поправка на смытость почвы (0,88 – несмытые и слабосмытые; 1,0 – средне-смытые; 1,14 – сильносмытые); A – параметр агрофона (0,2 – залежь и многолетние травы; 1,0 – густопокровные культуры; 4,0 – пропашные культуры; 5,9 – пар); K_2 – коэффициент влияния почвозащитных мероприятий (таблица 2.29.).

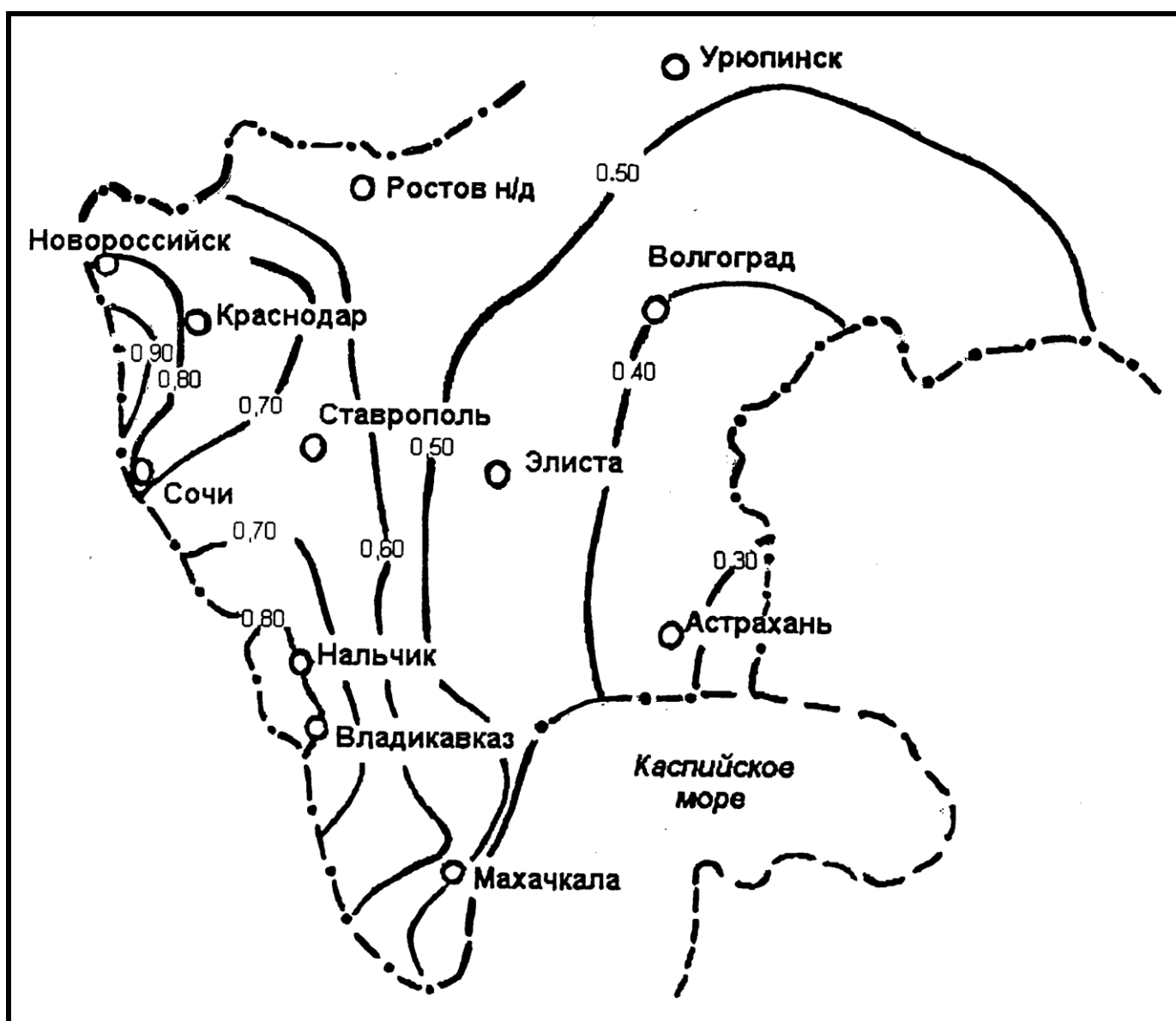


Рис. 2.5. Максимальная 30-минутная интенсивность дождей (мм/мин) 50% обеспеченности на Северном Кавказе

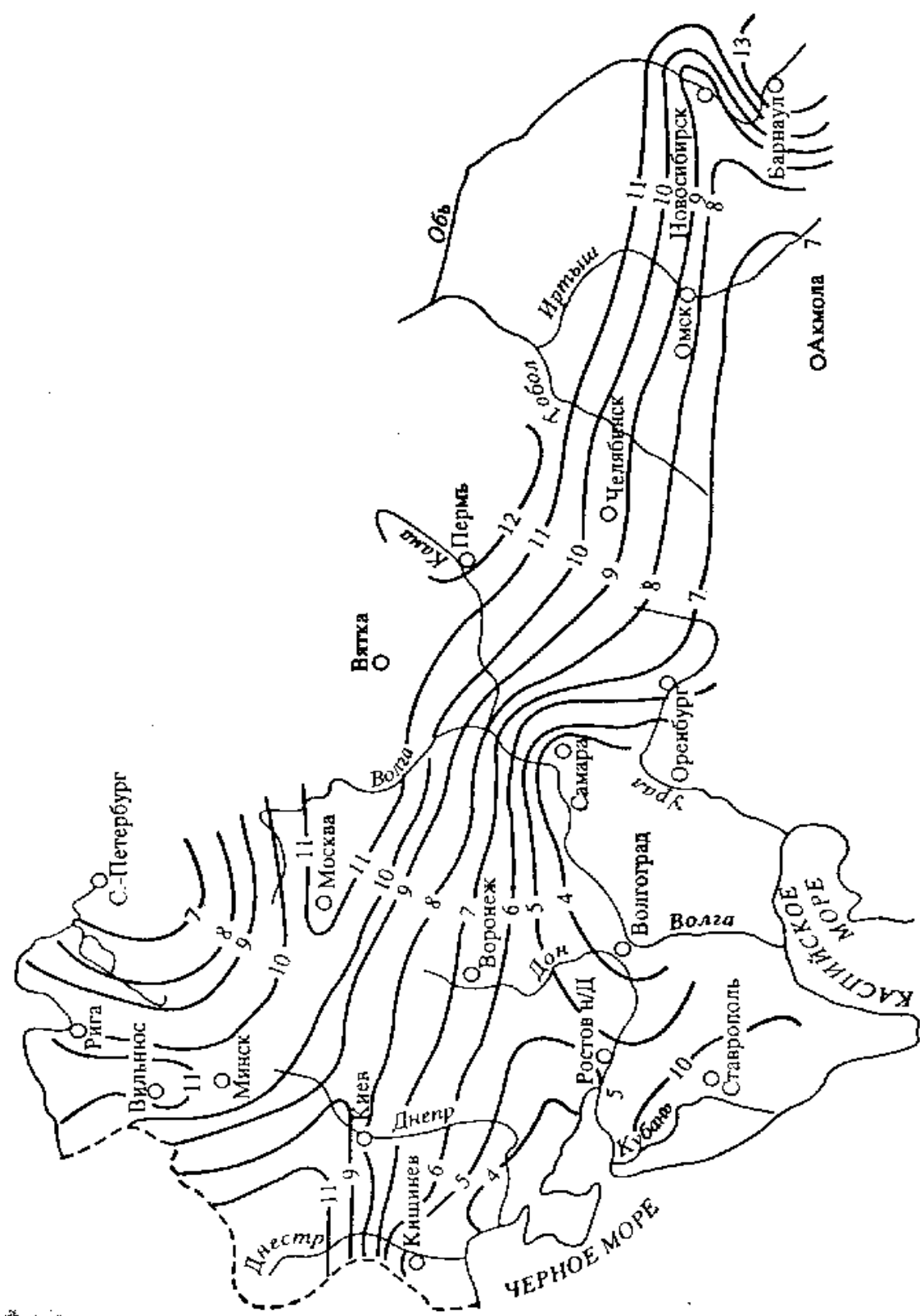
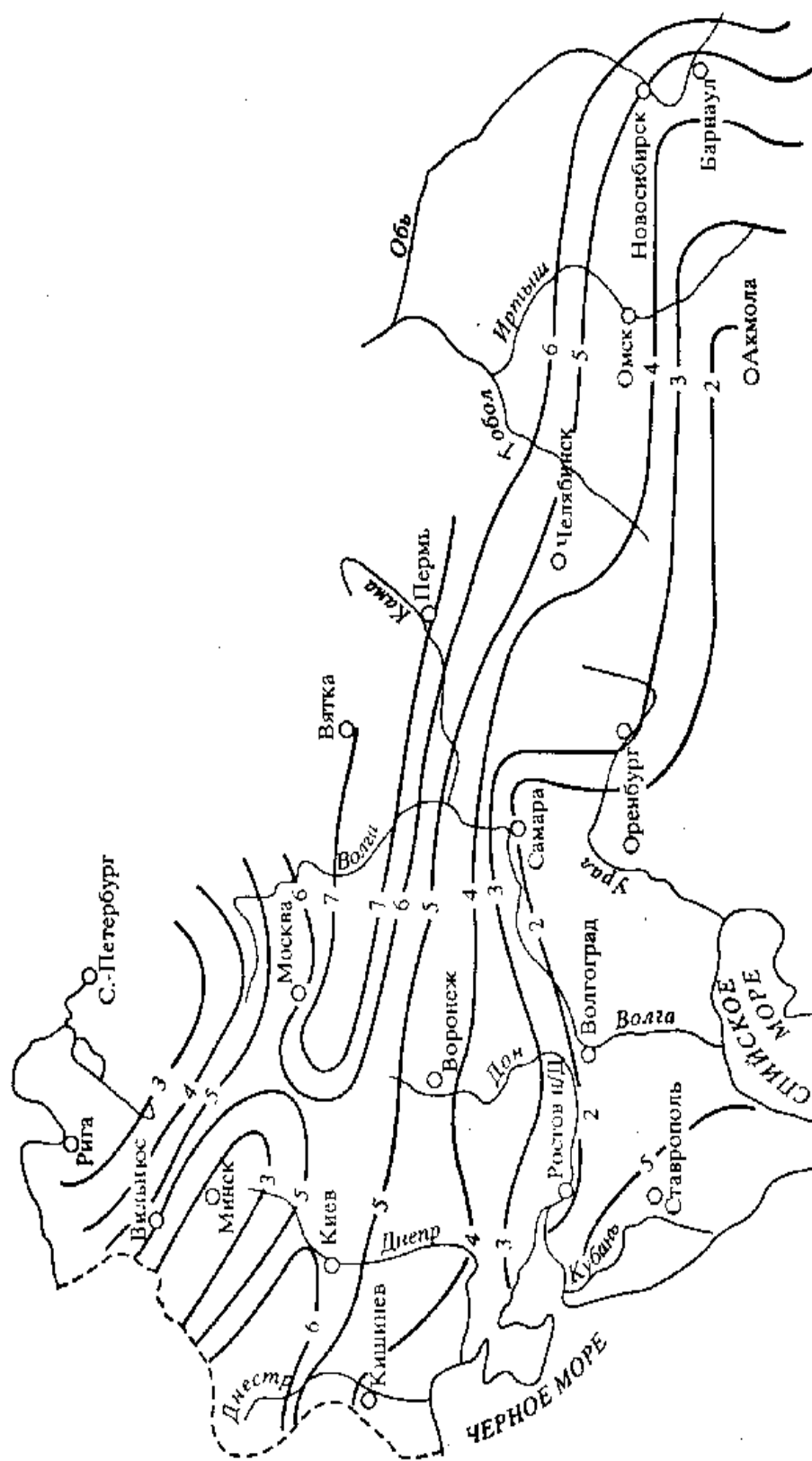


Рис. 2.6 Среднемноголетний смыв почвы с зяби, т/га



Рисунки 2.7. Среднегодовой эрозия почвы с вспаханной пашни. т/га

Оптимизация водного режима в эрозионных ландшафтах предусматривает обоснование:

- необходимости проведения снежных мелиораций;
- оптимальных объемов задержания на пашне и перевода в корнеобитаемый слой почвы стока талых и ливневых вод заданной вероятности превышения;
- величин допустимого талого и ливневого стока на различных типах (подтипах) почв и агрофонах;
- допустимых потерь почвы в результате водной эрозии.

Регулирование склонового стока специальными приемами рекомендуется проводить в том случае, когда средневзвешенный в севообороте слой стока талых или ливневых вод 10%-ной обеспеченности больше 25 мм, что соответствует максимальной стокорегулирующей эффективности агротехнических средств.

Снегозадержание целесообразно в годы, когда

$$W_H + X_c < W_{\text{опт}}, \quad (2.5)$$

где W_H - влагозапасы в слое почвы 0-50 см в предзимний период, мм; X_c - норма снегозапасов, мм; $W_{\text{опт}} = 0,85 \text{ ПВ}$ (зябрь), $W_{\text{опт}} = 0,9 \text{ ПВ}$ (уплотненная пашня); ПВ - полная влагоемкость почвы в слое 0-50 см в мм.

Величина оптимального задержания стока талых и ливневых вод на пашне (Δh , мм) и перевода его в почву определяется по формуле:

$$\Delta h = H(\text{ПВ} - W) / (\text{ПВ} - \text{МГ}), \quad (2.6)$$

где H - талый или ливневой сток, определяется по формулам (2.1–2); W - фактические общие влагозапасы в слое почвы 0-50 см на дату окончания талого или ливневого стока; МГ - максимальная гигроскопичность почвы в том же слое в мм.

Избыточный талый и ливневой сток на пашне (y), производящий эрозию, равен:

$$y = H - \Delta h \quad (2.7)$$

Чем он больше, тем выше интенсивность смыва почв.

Допустимый сток (h_0 , мм) определяются по формулам (178):

$$h_0 = H \cdot \left[I - \frac{\text{ПВ} - W}{\text{ПВ} - \text{МГ}} \cdot \frac{z_c \cdot \Gamma_c}{z \cdot \Gamma} \right], \quad (2.8)$$

$$M_0 = \frac{M_z + M_n}{2 \cdot K_{\text{Пч}}} \cdot \frac{z_c}{3} \cdot \frac{C_z}{C_\phi}, \quad (2.9)$$

где z_c и z - мощность гумусового горизонта в смытой почве и на целинном аналоге, см; Γ_c и Γ - содержание гумуса (%) в смытой почве и на целине M_z и M_n - соответственно, среднемноголетний смыв почвы на зяби (рис. 2.8.4.) и чистом пару ($M_n=5,9$), т/га; z_c и z - запасы гумуса на пашне и целинном аналоге в т/га; $K_{\text{Пч}}$ - показатель типа (подтипа) почв (табл. 2.24.); C_r/C_ϕ - соотношение гуминовых и фульвокислот в горизонте "А" на пашне (0,5 –

дерново-подзолистая почва; 0,9 – серая лесная; 1,4 – чернозем типичный; 2,9 – лугово-черноземная почва; 1,3 – чернозем предкавказский; 1,6 – чернозем южный; 0,9 – каштановая почва; 0,5 – серозем).

Более детально оптимизация водного режима и почвенно-эрозионных процессов представлена в работах В.П. Герасименко, (28,29), В.П. Герасименко, М.В.Кумани (178) и других.

2.21. Коэффициент стока для разных почв при дождях

Почвы	Суточный слой осадков, мм							
	≤ 80	100	120	140	160	180	200	250
Дерново-подзолистые и серые лесные; смытые суглинистые черноземы	0,35	0,37	0,40	0,43	0,47	0,51	0,55	–
Черноземы обыкновенный и южный; каштановые почвы на лессах; карбонатные почвы; другие почвы значительной задернованности	0,20	0,24	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,50
Бурые и серо-бурые пустынно-степные почвы; сероземы супесчаные и песчаные	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,37	0,45

2.3.3.7. Оценка выноса почвы ветром

Интенсивность выноса почвы ветром рассчитывается по каждому массиву (полю) с помощью уравнения ветровой эрозии почв, предложенного Е.И. Шиятым (234):

$$E = \frac{0,72 \cdot Q_{ks} \cdot D \cdot U^3 \cdot t}{Q_k \cdot H \cdot B}, \quad (2.10)$$

где: E - потенциальная опасность ветровой эрозии почв, т/га в год;

Q_{ks} - эродируемость почвы при определенных значениях комковатости и количества стерни на поверхности (г);

Q_k - эродируемость почвы при определенном значении комковатости без стерни на поверхности почвы (г);

D - дистанция эрозионного пробега воздушного потока, м;

U - средняя скорость ветра во время пыльных бурь на высоте флюгера, м/с;

t - средняя продолжительность пыльных бурь за год, ч;

H - расстояние от наветренной стороны массива (поля), на котором концентрация мелкозема в пылевоздушном потоке достигает максимума при определенном значении скорости ветра, м;

B - ширина массива (поля, рабочего участка) при ориентации поперек господствующего направления ветра, м.

Каждый показатель уравнения ветровой эрозии почв предварительно рассчитывается по следующей методике.

1. Эродируемость (Q_{ks} , г) почв ветром зависит от комковатости верхнего слоя и количества растительных остатков на поверхности почвы.

$$Q_{ks} = 10^{(a-b \cdot k-c \cdot S)}, \quad (2.11)$$

где: k - процентное содержание в слое 0-5 см сухих фракций крупнее 1 мм в диаметре (комковатость);

S - количество пожнивных остатков пшеницы, шт/м²;

a, b, c - коэффициенты, значения которых зависят от гранулометрического состава почв (табл. 2.31.).

2. Комковатость (k) в зависимости от основной обработки почвы (пар, зябь) определяется по результатам анализа гранулометрического состава почв.

Используя показатели гранулометрического состава почв, можно определить расчетную связность почвенного комка по уравнению:

$$Z = 34,7 + 0,9X_1 - 0,3X_2 - 0,4X_3, \quad (2.12)$$

Z - связность почвенного комка, %;

X_1 - содержание ила (<0,001 мм), %;

X_2 - содержание песка мелкого (0,05-0,25 мм), %;

X_3 - содержание песка крупного (0,25-3 мм), %.

По показателю связности почвенного комка Z и агрофона системы обработки почвы определяется расчетная комковатость (k) почвы (табл. 2.32.).

3. Количество пожнивных остатков (S) на поверхности почвы рассчитывается по уравнению:

$$S = \frac{G}{\rho \cdot d}, \quad (2.13)$$

где: G - вес пожнивных остатков, (г/м²);

ρ - масса 1 стернинки пшеницы длиной наземной части 20 см (для стерни яровой пшеницы без корней – 0,26 г, с корнями – 0,45 г);

d - коэффициент перерасчета пожнивных остатков различных культур в стерню пшеницы (ячмень – 0,9; пшеница – 1,0; овес – 1,3; просо – 1,4; гречиха – 1,6; подсолнечник – 2,3; кукуруза – 2,7).

Массу пожнивных остатков зерновых культур можно определить по среднегодовым данным урожайности и соотношению зерна и соломы. При этом масса пожнивных остатков составляет половину от массы соломы.

4. Количественные показатели эродированности Q_{ks} и Q_k определяются по формуле (2.12), параметр Q_k определяется при нулевом значении S .

5. Дистанция ветроэрозионного пробега воздушного потока D определяется по уравнению:

$$D = \frac{B \cdot \cos \beta}{n} - 10 \cdot h, \quad (2.14)$$

где: B - ширина массива (поля) при ориентации его длины поперек господствующего направления ветра (при ориентации поля вдоль направления ветра параметр « B » равен длине поля);

β - угол отклонения господствующего эрозионноопасного ветра от перпендикулярного к направлению длины массива (поля). Господствующее

направление ветроэрозионных ветров определяется по метеорологическим справочникам, данным местных метеорологических станций;

n - число ветроломных барьеров на массиве (поле) – кулис, лесных полос или полос сельскохозяйственных культур при полосном их размещении;

h - высота кулис, лесных полос или стерни (при полосном размещении культур), метры.

6. Средняя скорость ветра во время пыльных бурь на высоте флюгера (U) и средняя продолжительность пыльных бурь за год (t) определяются по зональным метеорологическим данным (метеорологическим справочникам).

7. Расстояние от наветренной стороны массива (поля) на котором концентрация мелкозема в пылевоздушном потоке достигает максимума (H , м) вычисляется по уравнению:

$$H = \frac{10 \cdot (Q_{ks} - 11160)}{I}, \quad (2.15)$$

где: Q_{ks} - эродируемость почвы, определяется по уравнению (2.9);

I - темп нарастания величины переноса мелкозема с дистанцией пробега воздушного потока (г/м) определяется по уравнению:

$$I = 10^{(m-e-k-f \cdot S)}, \quad (2.16)$$

где: k - комковатость, %;

S - количество пожнивных остатков, шт/м²;

m, e, f – коэффициенты, значения которых зависят от гранулометрического состава почвы (табл. 2.34.).

8. Подставив найденные значения параметров в уравнение ветровой эрозии почв (2.11), определяют потенциал опасности ветровой эрозии почв (E) по каждому выделенному массиву (полю) в тоннах с 1 га за год.

2.22. Коэффициенты эродируемости почв ветром

Гранулометрический состав почв	Коэффициенты эродируемости		
	a	b	c
Глины и тяжелые суглинки	3,6349	0,0319	0,0039
Средние суглинки	3,3895	0,0294	0,0030
Легкие суглинки и супеси	3,3087	0,0285	0,0039

2.23. Показатели комковатости в зависимости от связности почвенного комка

Агрофон обработки почвы	Связность (Z), %						
	10	20	30	40	50	60	70
	Комковатость (k), %						
Пар	8	16	24	31	40	47	50
Зябь	11	21	30	40	50	60	70

2.24. Значения коэффициентов параметров уравнения 2.17

Группы механического состава	Параметры		
	m	e	f
Глины, тяжелые и средние суглинки	3,0409	0,0272	0,0036
Легкие суглинки, супеси	3,1334	0,0214	—

2.3.3.8. Естественная дренированность территории. Показателем естественной дренированности территорий является потенциальная величина подземного стока грунтовых вод, согласно которому предлагается выделять пять зон. Критерий дренированности – отношение оттока грунтовых вод к величине ирригационного питания в различных зонах.

В естественно *интенсивно дренированных* зонах величина потенциального подземного стока больше ирригационного питания в любых климатических зонах при любых способах орошения и технике полива.

В *дренированных* зонах величина оттока примерно соответствует ирригационному питанию грунтовых вод в пустынных и полупустынных районах (300...400 мм/год) и превышает питание в степных районах.

В *слабодренированных* зонах отток меньше ирригационного питания в полупустынных и пустынных зонах и близок к верхней границе питания в степных районах (200...250 мм/год).

В *весьма слабодренированных* зонах отток значительно меньше питания в пустынных и полупустынных районах и соответствует нижнему пределу ирригационного питания в степных районах (100...150 мм/год).

Практически *бессточные* области характеризуются оттоком, значительно меньшим ирригационного питания в любых климатических условиях.

2.3.3.9. Структура почвенного покрова.

Под структурой почвенного покрова (СПП) конкретной территории понимается закономерное пространственное размещение почв, связанное с литолого-геоморфологическими и геоботаническими условиями. Это понятие относится к небольшим территориям в отличие от планетарно-континентальных и зонально-провинциальных закономерностей размещения почв, для которых главным фактором является биоклиматический.

Первичная исходная единица почвенного покрова названа В.М. Фридландом (220) элементарным почвенным ареалом (ЭПА), под которым понимается участок территории, занятый одной почвой, относящейся к классификационной единице низшего ранга. ЭПА, чередуясь в пространстве, образуют почвенные комбинации (ПК), которые и создают структуру почвен-

ного покрова. СПП можно представить как закономерную совокупность ЭПА, представленную в виде различных почвенных комбинаций.

Классификация СПП. С учетом размеров ЭПА, контрастности их компонентов и генетической связи между ними В.М. Фридланд (220) предложил выделить 6 классов ПК:

1. Комплексы – микрокомбинации с регулярным (через несколько метров или десятков метров) чередованием пятен контрастно различающихся почв, взаимно обусловленных в своем развитии. Их образование обусловлено преимущественно влиянием микрорельефа, в отдельных случаях деятельностью землероев, неравномерностью первоначального распределения солей в породе.
2. Пятнистости – микрокомбинации неконтрастных почв обусловленные микрорельефом. Ввиду меньшей контрастности отличаются, как правило, более благоприятными условиями для сельскохозяйственного использования.
3. Сочетания – мезокомбинации, обусловленные мезорельефом. В них регулярно чередуются довольно крупные (га и десятки га) ареалы контрастно различающихся почв, которые могут иметь свое особое хозяйственное использование. Связь между компонентами однонаправленная: почвы пониженных элементов рельефа находятся под влиянием почв более высоких участков из-за перераспределения веществ со стоком.
4. Вариации – мезокомбинации с чередованием средне- и крупноконтурных ареалов неконтрастных почв с односторонней генетической связью.
5. Мозаики – контрастные комбинации почв, обусловленные изменениями в пространстве состава и свойств почвообразующих пород.
6. Ташеты – неконтрастные комбинации почв, обусловленные сменой пород или различными типами растительности.

Почвенные микрокомбинации (комплексы, пятнистости, микромозаики и микроташеты) являются элементарными почвенными структурами (ЭПС).

Агроэкологическая оценка ЭПА и ЭПС. Элементарные почвенные структуры наряду с ЭПА являются почвенной составляющей ЭАА и с точки зрения хозяйственного использования представляют собой единое целое. Поэтому первичная оценка структуры почвенного покрова проводится по отношению к ее низшим структурным уровням: ЭПА или ЭПС.

Важнейшими характеристиками структуры почвенного покрова являются *контрастность и сложность*.

В качестве агрономического критерия контрастности целесообразно использовать принадлежность компонентов почвенных комбинаций к различным категориям земель, по ограничивающим факторам и способам их преодоления (см. раздел 6.4.). По этому критерию установлено пять степеней контрастности почв по отношению к той или иной культуре или группе культур (78):

слабоконтрастные, принадлежащие к категориям земель, пригодных для использования с ограничениями, которые могут быть преодолены мало-затратными мелиорациями;

среднеконтрастные — с участием категорий земель, пригодных для использования с ограничениями, которые могут быть преодолены среднезатратными мелиорациями;

сильноконтрастные — с участием земель, потенциально пригодных для использования после сложных высокозатратных мелиораций;

очень сильно контрастные — с участием земель, мало пригодных для использования вследствие неустраняемых ограничений;

чрезвычайно контрастные — с участием земель, не пригодных для возделывания (табл. 2.25)

Сложность или пестрота, почвенного покрова характеризуется частотой смены почвенных ареалов. Она зависит от площади ЭПА (формы контуров). Существуют различные способы характеристики сложности почвенного покрова. В.М. Фридланд предложил характеризовать ее числом пересечений почвенных границ на почвенной карте на единицу длины линии, пересекающей изучаемую территорию, например 1 км. Л.П. Ильиной предложено оценивать сложность ПП по количеству контуров на 100 га площади (без учета формы контуров и числа компонентов). Существует ряд более точных методов оценки сложности почвенного покрова, основанных на математических характеристиках геометрических показателей почвенных комбинаций. Для практических целей, особенно мелиоративных, сложность почвенного покрова должна характеризоваться в первую очередь долей неблагоприятных почв в комплексе и количеством контуров на единицу площади. В зависимости от этих показателей решается, в частности, вопрос о выборочной или сплошной мелиорации почв комплексов. По этим условиям предлагается различать пять степеней сложности комбинаций (табл. 2.26).

2.25. Шкала контрастности почвенных комбинаций (78)

Балл	Степень контрастности ПК	Категории компонентов ПК по ограничивающим факторам и способам их преодоления*
1	Слабоконтрастные	I и II категории
2	Среднеконтрастные	I и (или) II с участием III
3	Сильноконтрастные	I, II, III с участием V
4	Очень сильноконтрастные	I, II, III с участием IV
5	Чрезвычайно контрастные	I, II, III с участием VI
*Аналогично категориям земель (см. раздел 6.4)		

2.26. Классификация контрастных комбинаций по степени сложности (78)

Балл	Комбинация	Доля неблагоприятных почв, %	Степень расчлененности
1	Несложная	До 10	Нет
2	Умеренно сложная	10...30	Умеренная
3	Сложная	10...30	Высокая
4	Очень сложная	30...50	Умеренная
5	Чрезвычайно сложная	30...50	Высокая

Примечание. При умеренной расчлененности можно проводить выборочную мелиорацию пятен, при высокой – нельзя.

Агроэкологическая группировка ЭПС. В процессе агроэкологической оценки земель почвенные комбинации объединяются в группы по параметрам, имеющим конкретное агрономическое значение. На основе группировки СПП в дальнейшем разрабатываются агроэкологические группировки земель. Эта задача решается в зонально-провинциальном аспекте.

В качестве примеров приводятся агроэкологическая группировка структур почвенного покрова для Среднерусской провинции таежно-лесной зоны и Среднерусской провинции лесостепной зоны.

Группировка элементарных почвенных структур Среднерусской провинции таежно-лесной зоны.

1. Автоморфные ЭПС. Группа включает микрокомбинации зональных почв разной степени оподзоленности, гумусированности, мощности гумусового горизонта и т. д. с долевым участием оглеенных и эродированных компонентов до 10 %.
2. Эрозионные ЭПС. Группа включает структуры с участием эродированных компонентов более 10 %. Допускается незначительное участие в комбинациях оглеенных почв, доля которых меньше автоморфных. Группа разделяется на подгруппы в зависимости от долевого участия смытых почв:
 - 2.1. Очень слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 10...25(30) %.
 - 2.2. Слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 25(30)...50 %.
Подгруппы 2.3-5 включают ЭПС с участием смытых почв более 50 %.
 - 2.3. Среднеэрозионные ЭПС – с преобладанием слабосмытых почв.
 - 2.4. Сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием среднесмытых почв.
 - 2.5. Очень сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием сильносмытых почв.
 - 2.6. Эрозионно-аккумулятивные ЭПС включают комбинации с преобладанием намытых почв. В их составе могут присутствовать смытые и оглеенные компоненты, причем доленое участие всех оглеенных почв (в том числе несмытых, смытых и намытых) составляет не более 50 %.

Следующие группы объединяют ЭПС с долевым участием переувлажненных компонентов более 10 % без участия смытых почв (кроме 4 группы).

3. Полугидроморфно-зональные ЭПС имеют в своем составе 10...50 % полугидроморфных компонентов при преобладании автоморфных почв. В зависимости от состава оглеенных компонентов выделяются подгруппы:
 - 3.1. Слабополугидроморфно-зональные ЭПС – с участием слабоглееватых почв (глееватых до 10 %).
 - 3.2. Среднеполугидроморфно-зональные ЭПС – с участием слабоглееватых и глееватых почв (последних более 10 %).
4. Полугидроморфно-эрозионные ЭПС. Группа включает структуры, формирующиеся при преимущественном участии переувлажненных и эродированных компонентов. В составе структур могут присутствовать автоморфные несмытые или намытые почвы, но доля их меньше, чем эродированных или оглеенных компонентов.

5. Полугидроморфные ЭПС имеют в своем составе более 50 % полугидроморфных почв и не включают эродированные компоненты. Подгруппы:

5.1. Полугидроморфные ЭПС депрессий – с преимущественным участием в составе комбинаций оглеенных дерново-подзолистых и дерновых почв.

Данные ЭПС разделяются на три категории в зависимости от степени переувлажнения фоновых компонентов и контрастности ЭПС:

- слабополугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием слабogleеватых почв;
- среднеполугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием глееватых почв;
- сильнополугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием глеевых почв.

5.2. Полугидроморфные пойменные ЭПС – с преимущественным участием аллювиальных дерновых, аллювиальных луговых (в том числе оглеенных) почв.

5.3. Осушенные минеральные ЭПС.

6. Группа гидроморфных ЭПС включает подгруппы:

6.1. Гидроморфные ЭПС депрессий с болотными торфяными почвами.

6.2. Гидроморфные пойменные ЭПС.

6.3. Осушенные торфяные ЭПС.

7. Литогенные ЭПС образуются в условиях неоднородного литогенеза компонентов. В зависимости от свойств почвообразующих пород в группе выделяются подгруппы:

7.1. Литологически неконтрастные (ташеты, ташеты-пятнистости, ташеты-комплексы) на двучленных отложениях (песках, подстилаемых глинистой или тяжелосуглинистой мореной) отличаются неустойчивой продуктивностью в зависимости от метеорологических условий года.

7.2. Литологически контрастные (мозаики, мозаики-комплексы) на ледниковых отложениях перемежающегося в горизонтальном направлении гранулометрического состава отличаются резкой контрастностью агрономических свойств компонентов.

8. Нарушенные земли.

В зависимости от контрастности почв, составляющих ЭПС, подгруппы разделяются на неконтрастные, слабоконтрастные, среднеконтрастные и сильноконтрастные согласно шкале контрастности почв (таблица 2.25).

Данная группировка может быть применена и для специфических почвенно-ландшафтных образований таежно-лесной зоны – ополей. Эта схема была использована при оценке земель Владимирского ополья (135).

Группировка элементарных структур почвенного покрова Среднерусской провинции лесостепной зоны.

1. Автоморфные ЭПС включают черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные с разной мощностью гумусового горизонта, гумусированно-

стью, глубиной залегания карбонатов и т.д. В составе структур не более 10 % эродированных и переувлажненных компонентов.

2. Эрозионные ЭПС имеют в составе более 10 % смытых черноземов. Подгруппы выделяются в зависимости от долевого участия смытых почв:
 - 2.1. Очень слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 10...25(30) %.
 - 2.2. Слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 25(30)...50 %.Подгруппы 2.3-5 включают ЭПС с участием смытых почв более 50 %.
- 2.3. Среднеэрозионные ЭПС – с преобладанием слабосмытых почв.
- 2.4. Сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием среднесмытых почв.
- 2.5. Очень сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием сильносмытых почв.
- 2.6. Эрозионно-аккумулятивные ЭПС включают комбинации с преобладанием намытых почв. В их составе могут присутствовать смытые и оглеенные компоненты, причем долевое участие всех оглеенных почв (в том числе несмытых, смытых и намытых) составляет не более 50 %.
3. Полугидроморфно-зональные ЭПС включают 10...50 % луговато- и лугово-черноземных почв. Подгруппы:
 - 3.1. Слабополугидроморфно-зональные ЭПС с луговато-черноземными почвами (лугово-черноземных до 10 %).
 - 3.2. Среднеполугидроморфно-зональные ЭПС (лугово-черноземных почв более 10 %).
4. Полугидроморфно-эрозионные ЭПС формируются с преимущественным участием лугово-черноземных почв и смытых черноземов. В составе могут присутствовать автоморфные несмытые или намытые черноземы, но доля их меньше, чем эродированных или переувлажненных компонентов.
5. Полугидроморфные ЭПС имеют в своем составе более 50 % полугидроморфных почв и не включают эродированные компоненты. Подгруппы:
 - 5.1. Полугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием в составе комбинаций луговато- и лугово-черноземных почв.

Для этой подгруппы требуется разделение на категории в зависимости от степени переувлажнения фоновых компонентов и контрастности ЭПС:

- слабополугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием луговато-черноземных почв;
 - среднеполугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием лугово-черноземных почв.
- 5.2. Полугидроморфные пойменные ЭПС – с преимущественным участием аллювиальных дерновых, аллювиальных луговых (в том числе оглеенных) почв. Дальнейшая дифференциация ЭПС в подгруппе может проводиться в зависимости от фоновых почв и степени контрастности.
 - 5.3. Полугидроморфные ЭПС депрессий – с участием осолоделых почв, луговых солодей или солонцеватых почв:
 - с преимущественным участием осолоделых и оглеенных черноземов и лугово-черноземных почв;
 - с преимущественным участием луговых солодей;

- с участием солонцеватых почв лугово-черноземных почв.
- 6. Группа гидроморфных ЭПС включает подгруппы:
 - 6.1. Гидроморфные луговые ЭПС (без участия солодей):
 - слабогидроморфные с луговыми почвами 10...25 %;
 - среднегидроморфные с луговыми почвами 25...50 %;
 - сильногидроморфные с луговыми почвами более 50 %.
 - 6.2. Гидроморфные пойменные ЭПС.
 - 6.3. Гидроморфные ЭПС депрессий с участием солодей лугово-болотных:
 - с участием солодей 10...25 %;
 - с участием солодей 25...50 %;
 - с участием солодей более 50 %.
 - 6.4. Гидроморфные осушенные ЭПС.
- 7. Солонцовые ЭПС формируются из солонцов степных и лугово-степных, лугово-черноземных почв, черноземов. Подгруппы выделяются в зависимости от долевого участия солонцов:
 - 7.1. Слабосолонцовые ЭПС с участием солонцов 10-25 %;
 - 7.2. Среднесолонцовые ЭПС с участием солонцов 25...50 %;
 - 7.3. Сильносолонцовые ЭПС с участием солонцов более 50 %.
- 8. Литогенные ЭПС. Главным фактором дифференциации для них являются различия почвообразующих пород. Группа представлена литогенными контрастными ЭПС (мозаиками), образованными маломощными черноземами на кислых коренных породах (песчаниках), чередующимися с выходами плотных пород.
- 9. Нарушенные земли.

2.4. Агроэкологическая оценка почв

2.4.1. Агрономические свойства почв

2.4.1.1. Строение почвенного профиля.

При его оценке принимаются во внимание мощность мелкоземистой толщи, гумусовой части профиля и пахотного слоя; расположение и свойства литологических слоев и почвенных горизонтов, особенно обладающих неблагоприятными свойствами – переуплотненных, переувлажненных, оглеенных, солонцеватых, засоленных, сильно отличающихся литологически; отмечается наличие плужной подошвы и др.

2.4.1.2. Физические свойства почв

Гранулометрический (механический) состав почв - содержание в почве фракций элементарных почвенных частиц независимо от их минералогического и химического состава. Выражается в виде массовых процентов фракций разного размера. Выделяют фракции: <0.001 – ил, 0.001-0.005 –

пыль мелкая, 0.005-0.01 – пыль средняя, 0.01-0.05 – пыль крупная, 0.05-0.25 – песок мелкий, 0.25-0.5 – песок средний, 0.5-1.0 – песок крупный, >1 мм – гравий. Частицы <0.01 мм объединены в более крупную фракцию физической глины, а >0.01 мм – во фракцию физического песка. На основании содержания физической глины (или песка) дается название почвы по гранулометрическому составу.

Действующая классификация почв по этому признаку основана на соотношении фракций физического песка и физической глины с поправкой на свойства почв различного генезиса. Такого рода отечественная классификация разработана Н.А.Качинским; она представлена в табл. 2.27.

В настоящее время чаще практикуется классификация, которая основывается лишь на содержании в почве механических фракций в единой шкале для всех типов почв (таблица 2.28.). В этой шкале за основу взяты девять основных разновидностей почв по гранулометрическому составу от рыхлопесчаных до тяжелоглинистых с дополнительным выделением разновидностей более низкого ранга по преобладающей фракции: песчаной (1,0...0,05 мм), крупнопылевой (0,05...0,01 мм), пылевой (0,01...0,001 мм) и иловой (мельче 0,001 мм).

В большинстве зарубежных классификаций используются другие границы фракций: глина (<0,002 мм), пыль (0.002-0.05 мм) и песок (0.05-2 мм). На основании содержания этих фракций называют почву по гранулометрии, используя принцип треугольника (рис), когда в равностороннем треугольнике по левой стороне откладывают содержание глины, по правой – пыли, а по основанию треугольника – содержание песка. Название почвы по гранулометрии получается на основании точки пересечения трех прямых, параллельных сторонам треугольника и исходящих из точек, соответствующих содержанию ила, пыли, песка.

2.27. Классификация почв по гранулометрическому составу по Н.А.Качинскому

Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), %			Содержание физического песка (частиц > 0,01 мм), %			Краткое название почвы по гранулометрическому составу
Подзолистого типа почвообразования	Степного типа почвообразования	солонцы и сильно солонцеватые почвы	подзолистого типа почвообразования	Степного типа почвообразования	солонцы и сильно солонцеватые почвы	
0–5	0–5	0–5	100–95	100–95	100–95	Песок рыхлый (Пр)
5–10	5–10	5–10	95–90	95–90	95–90	Песок связанный (Псв)
10–20	10–20	10–15	90–80	90–80	90–85	Супесь (С)
20–30	20–30	15–20	80–70	80–70	85–80	Суглинок легкий (Сл)
30–40	30–45	20–30	70–60	70–55	80–70	Суглинок средний (Сср)
40–50	45–60	30–40	60–50	55–40	70–60	Суглинок тяжелый (Ст)
50–65	60–75	40–50	50–35	40–25	60–50	Глина легкая (Гл)
65–80	75–85	50–65	35–20	25–15	50–35	Глина средняя (Гср)
>80	>85	>65	<20	<15	<35	Глина тяжелая (Гт)

2.28. Единая классификационная шкала почв по гранулометрическому составу

Содержание физической глины (частиц размером менее 0,01 мм), %	Основное наименование разновидностей	Дополнительное наименование по преобладающей фракции	Число разновидностей
0...5	Рыхлопесчаная	Песчаные, крупнопылеватые	2
5...10	Связнопесчаная		2
10...20	Супесчаная		2
20...30	Легкосуглинистая	Песчаные, крупнопылеватые, пылеватые, иловатые	4
30...40	Среднесуглинистая		4
40...50	Тяжелосуглинистая		4
50...65	Легкоглинистая		4
65...80	Среднеглинистая		4
80...100	Тяжелоглинистая	Пылеватые, иловатые	2

Агрономическая оценка гранулометрического состава зависит от генезиса почв и многих обусловленных им особенностей гумусового и структурного состояния, физико-химических и химических свойств.

Сопоставляя многочисленные данные по гранулометрическому составу почв и урожайности зерновых культур в зональном аспекте, Н.А.Качинский разработал десятибалльную систему оценки основных типов и подтипов почв (табл.2.29). Наиболее высоким бонитетом среди подзолистых почв характеризуются легкосуглинистые разновидности, довольно близки к ним супесчаные в переувлажненных и холодных районах. Данные категории почв более теплые, лучше прогреваются, более водопроницаемы, созревают раньше, чем глинистые и тяжелосуглинистые, легче обрабатываются. На более южных дерново-подзолистых почвах наивысший бонитет отмечается у среднесуглинистых разновидностей. Из серых лесных высшую оценку получают тяжелосуглинистые почвы, из черноземов — глинистые разновидности, наиболее гумусированные и оструктуренные, где негативные стороны высокого содержания глинистых частиц компенсируются их хорошей агрегатированностью. Это происходит и в сероземах, обладающих карбонатностью, и в красных и желтых аллитных почвах с железистой агрегатностью.

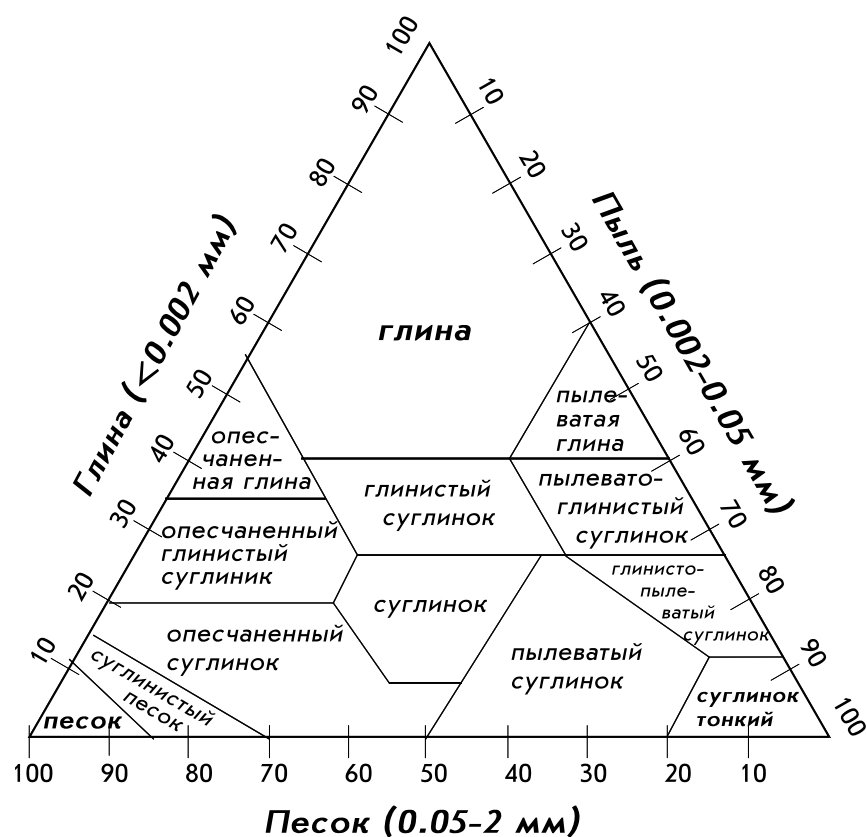


Рис. 2.8. Треугольник для определения названия почвы по гранулометрическому составу

2.29. Примерная оценка гранулометрического состава почв для зерновых культур (по Н.А. Качинскому)

Почвы	Оценка по гранулометрическому составу почв, баллы						
	Глини- стые	Тяжелосу- глинистые	Среднесу- глинистые	Легкосу- глини- стые	Супес- пес- чаные	Песчаные мел- козернистые, связные	Песчаные крупно- зернистые, рыхлые
Глееподзоли- стые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	8	5	3
Дерново- подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы ти- пичные	10	9	8	6	4	3	1
Черноземы юж- ные	9	10	8	7	5	3	1
Темно- каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1
Бурые	7	8	10	7	5	2	1
Сероземы	8	10	9	7	5	3	2
Красноземы и желтоземы	10	9	7	6	4	—	—
Желтоземно- подзолистые	8	9	10	9	6	4	2

Скелетность оказывает существенное влияние на свойства почв и условия их использования. Наряду с негативным ее влиянием (помехи обработки почвы, абразивное воздействие на рабочие органы орудий и др.) скелетность способствует ускоренному прогреванию почв в северных районах. Скелетность определяется механическими элементами крупнее 1 мм: гравием (1...3 мм) и камнями (более 3 мм). По содержанию хряща выделяют следующие группы почв:

- мелкоземистые с количеством скелета менее 10 %;
- слабохрящеватые (10...30 %);
- среднехрящеватые (30...50 %);
- сильнохрящеватые (более 50 % скелетных частиц).

По каменистости выделяются группы почв:

- некаменистые с содержанием камней менее 0,5 %;
- слабокаменистые (0,5...5 %);
- среднекаменистые (5...10 %);
- сильнокаменистые (более 10 % камней).

По характеру скелетной части устанавливают тип каменистости почв: валунные, галечниковые, щебнистые.

Плотность почвы (ρ_b) – масса абсолютно-сухой почвы в единице объема почвы со всеми пустотами. Обычно плотность почвы в почвенном профиле увеличивается вниз по профилю. Разрушение почвенных агрегатов сопровождается увеличением плотности почв. Наибольшая плотность у песчаных почв (1,7 г/см³). При земляных работах учитывают плотность сырой почвы. В агрофизике рекомендуется использовать следующие пределы оптимальных диапазонов плотности для различных почв при сельскохозяйственном использовании (табл.2.30):

2.30. Оптимальные диапазоны плотности по А.Г.Бондареву (14)

Гранулометрический состав (текстура) почвы	Оптимальный диапазон плотности (г/см ³)
Глинистые и суглинистые	1.0-1.3
Легкосуглинистые	1.10-1.40
Супесчаные	1.20-1.45
Песчаные	1.25-1.60

Для полевого определения плотности почвы преимущественно используют буровой метод: определяют массу абсолютно-сухой почвы, отобранной из естественной почвы с помощью кольца строго определенного объема (в варианте Н.А.Качинского высота и диаметр кольца 4 и 5.8 см, соответственно). Плотность почвы определяет содержание в почве пор различного размера, или порозность почвы.

Плотность твердой фазы почв (ρ_s) – масса твердых компонентов почвы в единице объема без учета пор. Определяют пикнометрически (в водных и воздушных пикнометрах). Обычно близка к плотности доминирующих минералов, составляющих твердую фазу почв (2,6 – 2,8 г/см³).

Порозность почвы – объем почвенных пор в почвенном образце по отношению к объему всего образца [ε , см³/см³, %]. Рассчитывается по данным о плотности почвы (ρ_b) и твердой фазы почвы (ρ_s): $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$ [см³/см³].

Н.А. Качинский предложил выделять следующие диапазоны по порозности почвы (порозность почв в долях единицы):

отличная (культурный пахотный слой) – 0.65-0.55
 удовлетворительная для пахотного слоя – 0.55-0.50
 неудовлетворительная для пахотного слоя – <0.50
 чрезмерно низкая – 0.40-0.25

Различают еще и **порозность агрегата** – объем пор в отдельном агрегате почвы в отношении к объему агрегата. Рассчитывается по плотности агрегата и плотности твердой фазы почвы: $\varepsilon_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}$; На основе порозности поч-

вы и агрегата можно рассчитать и **порозность межагрегатную** – объем почвенных пор в почвенном образце между почвенными агрегатами ($\varepsilon_{межагр}$). Для того, чтобы рассчитать межагрегатную порозность простым вычитанием порозности агрегатов из порозности общей, надо прежде всего найти величину $\frac{V_{пор}}{V_t} = \varepsilon_{\Sigma агр}$ – величину так называемой суммарной агрегатной П. или отноше-

ния пор всех агрегатов ($V_{пор}$) к объему пор почвы (V_t): $\varepsilon_{\Sigma агр} = \frac{\varepsilon_a(1 - \varepsilon)}{1 - \varepsilon_a}$. Тогда

межагрегатная П. составит $\varepsilon_{межагр} = \varepsilon - \varepsilon_{\Sigma агр}$;

Весьма важной агрофизической оценкой является порозность аэрации – (син. – воздухосодержание) – содержание в почве почвенного воздуха или разница между общей порозностью и объемной влажностью почвы: $\varepsilon_{air} = \varepsilon - \theta$. Выражается в % от объема почвы. Критические значения порозности аэрации наступают при величинах <10%, в этих условиях начинают доминировать анаэробные процессы, снижается рост корней большинства сельскохозяйственных растений. Величина динамическая.

В агрофизике нередко используется понятие **порозности дифференциальной**:

1. А.Г. Дояренко, называл эту категорию «дифференциальной скважностью почвы», характеризует ее наличием пор различного размера. Она определяется в процессе изучения порозности почвенных образцов при помощи капилляриметра и других аналогичных приборов. Самые благоприятные условия увлажнения и воздухообеспеченности складываются в почве при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости 1 : 1, т.е. если пористость аэрации составляет половину общей.
2. Н.А. Качинский разделял почвенную порозность на порозность агрегатов, суммарную агрегатную и межагрегатную, а также порозность, за-

полненную прочносвязанной, рыхлосвязанной, капиллярной влагой и воздухом;

Плотность почвы после обработки в течение вегетационного периода изменяется до равновесной. Чем лучше структурное состояние, тем меньше величина дрейфа. При близких значениях оптимальной и равновесной плотности расширяются возможности минимизации обработки почвы, вплоть до отказа от нее (таблица 2.32.).

2.31. Оценка плотности и пористости суглинистых и глинистых почв в вегетационный период по Н.А. Качинскому

Плотность почвы, г/см ³	Общая порозность почвы, %	Оценка плотности	Оценка пористости
< 1,0	> 70	Почва вспушена или богата органическим веществом	Избыточно пористая – почва вспушена
1,0...1,1	65...55	Типичные величины для культурной или свежеспаханной почвы	Отличная – культурный пахотный слой
1,1...1,2	55...50	Пашня слабо уплотнена	Хорошая, характерная для окультуренных почв
1,2...1,3	50...45	Пашня уплотнена	Удовлетворительная, характерная для освоенных почв
1,3...1,4	45...40	Пашня сильно уплотнена	Неудовлетворительная для пахотного слоя
1,4...1,6	40...35	Типичные величины для подпахотных горизонтов (кроме черноземов)	Чрезмерно низкая – характерна для уплотненных подпахотных и иллювиальных горизонтов
1,6...1,8		Сильно уплотненные иллювиальные горизонты	

2.32. Оптимальная и равновесная плотности средне- и тяжелосуглинистых почв и её изменение (дрейф) в течение вегетационного периода, г/см³ (15)

Почва	Плотность почвы		Дрейф
	Оптимальная для зерновых	равновесная	
Дерново-подзолистая	1,33	1,50	0,17
Чернозем оподзоленный	1,22	1,25	0,03
Чернозем типичный	1,20	1,24	0,04
Чернозем обыкновенный	1,20	1,27	0,07
Чернозем южный	1,20	1,28	0,08
Темно-каштановая	1,23	1,32	0,09
Каштановая	1,25	1,35	0,10

Структурное состояние – это оценка почвы по форме и размерам структурных отдельностей в виде макроагрегатов (педов), на которые распадается почва.

Агрегаты (микроагрегаты <0.25мм и макроагрегаты >0.25 мм) – это группа элементарных почвенных частиц или микроагрегатов, которые соединяются друг с другом прочнее, чем с другими соседними почвенными части-

цами. **Стабильность (устойчивость) агрегатов** – способность сохранять пространственное распределение твердой фазы почвы и порового пространства при действии внешних сил. Это свойство, указывающее насколько соединяющие внутриагрегатные силы способны противостоять внешним разрушающим силам.

Группы и виды почвенных агрегатов (по С.А. Захарову).

№ группы	Группы агрегатов	Особенности строения	Виды агрегатов	Размеры агрегатов, мм
Кубовидная – равномерное развитие по трем осям				
I	Глыбистая	Грани и ребра плохо выражены	крупноглыбистые	>100
			мелкоглыбистые	100 -50
II	комковатая	То же	крупнокомковатые	50 -30
			среднекомковатые	30 -10
			мелкокомковатые	10 – 0,5
III	Пылеватая	То же	пылеватые	< 0,5
IV	Ореховатая	Грани и ребра хорошо выражены	крупноореховатые	>10
		Ребра острые. Поверхность граней ровная	ореховатые	10-7
			мелкоореховатые	7-5
V	Зернистая	Округлые, грани шероховатые, матовые, иногда гладкие, блестящие	крупнозернистые	5 – 3
			зернистые (крупитчатые)	3-1
			мелкозернистые-порошистые	1-0,5
Призмовидная – развитие преимущественно по вертикальной оси (размеры по главной оси)				
VI	Столбовидная	Неправильная форма, слабо выражены грани, округлые ребра	крупностолбовидные	>50
			столбовидные	50-30
			мелкостолбовидные	<30
VII	Столбчатая	Грани и ребра выражены. Округлый верх	крупностолбчатая	>50
			столбчатая	50-30
			мелкостолбчатая	<30
VIII	Призматическая	острые ребра, часто глянцевые грани	крупнопризматические	>50
			призматические	50-30
			мелкопризматические	<30
Плитовидная – развитие преимущественно по горизонтальным осям. Размеры по высоте				
IX	Плитчатая	Слоеватая, с горизонтальной “спайностью”	сланцеватые	>5
			плитчатые	5-3
			пластинчатые	3-1
			листоватые	<1
X	Чешуйчатая	С небольшими изогнутыми плоскостями и острыми ребрами	скорлуповатые	>3
			грубочешуйчатые	3-1
			мелкочешуйчатые	<1

Структуру почвы оценивают количественно на основании распределения содержания агрегатов (воздушно-сухих и в воде) по их размерам. Аналогично тому, как это делается в гранулометрическом анализе, структура выражается в содержании фракций агрегатов определенного размера (диаметра). Первым количественным показателем структуры является содержание воз-

душно-сухих агрегатов различного размера. Получается этот показатель благодаря рассеву воздушно-сухого почвенного образца в лаборатории на ситах с различным диаметром отверстий. Как правило, используют сита с диаметрами отверстий 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0.5 и 0.25 мм, соединяя их в последовательный набор – от большего диаметра к меньшему. На верхнее сито с диаметром 10 мм высыпается предварительно взвешенный средний образец почвы, сита встряхивают, и агрегаты располагаются в ситах соответственно их размерам: на верхнем – >10 мм (фракция > 10 мм), на следующем с диаметром 7 мм – фракция 7–10 мм, с диаметром 5 мм – фракция 5–7 мм и т.д., а в остатке будут микроагрегаты и элементарные почвенные частицы диаметром <0.25 мм – пылеватая часть почвы. Содержание каждой фракции легко можно рассчитать как соотношение этой фракции к взятой навеске. Самые крупные агрегаты – глыбы, и самые мелкие – пылеватая часть почвы, указывают на неблагоприятное агрофизическое состояние почвенной структуры. А агрегаты размерами 10–0.25 мм – самые важные в агрономическом отношении; поэтому их и называют *агрономически ценными*. Содержание агрономически ценных агрегатов – важнейший показатель ее состояния: чем выше их содержание, тем лучше почва. Пользуются обычно следующими качественными оценками структуры на основании количества агрегатов именно этого, агрономически ценного диапазона, 10–0.25 мм:

>60% – отличное агрегатное состояние

60–40 – хорошее

<40% – неудовлетворительное

Либо используют так называемый коэффициент структурности ($K_{сmp}$):

$$K_{сmp} = \frac{\sum(10 - 0.25_{мм})}{\sum(> 10_{мм}, < 0.25_{мм})}$$

Как видно из приведенного выражения $K_{сmp}$, этот коэффициент также основан на количестве агрономически ценных агрегатов. Соответственно, и диапазоны $K_{сmp}$, используемые для качественной оценки структуры, составляют:

>1.5 – отличное агрегатное состояние

1.5–0.67 – хорошее

<0.67 – неудовлетворительное.

Другим показателем структуры является ее устойчивость к внешним воздействиям, среди которых наиболее существенным является воздействие воды. Это чрезвычайно важно, так как почва должна сохранять свою уникальную комковатую зернистую структуру после обильных осадков и последующего легкого подсушивания, когда образуется не плотная непроницаемая для газов и воды корка, а вновь хорошо различимые почвенные комочки, агрегаты. Это качество структуры называют *водоустойчивостью*. Характеризуют это качество структуры также с помощью рассева на ситах, но не на воздухе, а в стоячей воде. Для этого предварительно (капиллярно) увлажненный почвенный образец переносят на верхнее сито (в данном случае – это си-

то с диаметром отверстий 5 мм, сита 10 и 7 мм не используются: такого размера водоустойчивых агрегатов в естественных почвах практически не наблюдается). После легкого покачивания набора сит в воде с каждого из них смывают водоустойчивые агрегаты и определяют их содержание. Как и в случае с ситовым анализом воздушно-сухих агрегатов – «сухого» просеивания, – получают распределение содержания водоустойчивых агрегатов по их размерам (диаметрам).

Наилучшие агрономические свойства почв степной зоны складываются при размере агрегатов 0,25...3 мм, дерново-подзолистых 0,5...5 мм. При оценке противодефляционной устойчивости почв учитывают содержание агрегатов более 1 мм в слое 0 – 5 см. Важнейшими условиями агрономической ценности структуры являются ее водопрочность и пористость. Верхним пределом оптимального содержания водопрочных агрегатов ориентировочно можно считать 75 (80) %, поскольку при более высоком содержании водопрочных агрегатов значительно возрастает пористость аэрации и непроизводительный расход влаги на физическое испарение (таблица 2.33.).

2.33. Оценка структуры и сложения пахотного слоя почв (101)

Содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм, %	Оценка		Равновесная плотность сложения, г/см ³	Оценка плотности сложения
	Водопрочности структуры	Устойчивости сложения по структуре		
Менее 10	Неводопрочная	Неустойчивое	Более 1,5	Очень плотное
10...20	Неудовлетворительная		1,5...1,4	
20...30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое	1,4...1,3	Плотное
30...40	Удовлетворительная	Устойчивое	1,3...1,2	Уплотненное
40...60	Хорошая		1,2...1,1	Оптимальное для большинства культур
60...75(80)	Отличная	Высокоустойчивое	1,1...1,0	
Более 75(80)	Избыточно высокая		Менее 1,0	Рыхлое (пашня вспушена)

Физико-механические свойства: пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость (или сопротивление пенетрации) и сопротивление при обработке. Помимо стабильных во времени гранулометрического и минералогического состава, содержания гумуса, состава обменных оснований, эти свойства сильно зависят от очень динамичной характеристики – влажности.

Пластичность оценивается по числу пластичности – разнице между нижним и верхним пределами пластичности (пределом текучести и пределом раскатывания). Глинистые почвы имеют число пластичности более 17, суглинистые – 7...17, супеси – менее 7, пески непластичны (число пластичности приближается к 0). Пластичность сильно возрастает с повышением содержания набухающих минералов в почвах, особенно солонцовых. Наибольшей

пластичностью отличаются глинистые солонцы, содержащие обменного натрия 25...30 % и более от емкости поглощения. Пластичность уменьшается при высоком содержании гумуса.

Липкость проявляется при влажности почвы, близкой к верхнему пределу пластичности. Увеличение степени насыщенности почв кальцием снижает липкость, натрием – резко увеличивает. Наименьшей липкостью обладают песчаные почвы, наибольшей – глинистые. Высокогумусированные почвы даже при высоком увлажнении (30...40 %) не проявляют липкости. По липкости почвы подразделяются на предельно вязкие (более 15 г/см²), сильновязкие (5...15 г/см²), средние по вязкости (2...5 г/см²), слабовязкие (менее 2 г/см²). Состояние влажности, при котором почва утрачивает липкость, отвечает физической спелости почв.

Способность к набуханию и усадке различных почв изменяются пропорционально содержанию глинистых и особенно коллоидных частиц, минералов монтмориллонитовой группы, органических коллоидов, и сильно возрастает с повышением содержания обменного натрия. Сильное набухание при высокой влажности вызывает разрушение почвенной структуры. Усадка при высыхании приводит к трещиноватости почв, разрыву корней растений, усилению физического испарения.

Важнейшие технологические показатели затрат на обработку почвы обусловлены ее *связностью* и *твердостью*. Наибольшей связностью характеризуются сухие глинистые бесструктурные почвы с небольшим содержанием гумуса и большой долей натрия в ППК, наименьшей – песчаные.

Удельное сопротивление почв в зависимости от механического состава, физико-химических свойств, влажности, плотности и структурного состояния изменяется в пределах 0,2...1,2 кг/см² (таблица 2.34.) Наименьшим удельным сопротивлением характеризуются почвы легкого гранулометрического состава, наибольшим – тяжелосуглинистые и глинистые почвы, особенно солонцы, содержащие более 20 % обменного натрия от емкости поглощения. Максимальное удельное сопротивление обработке наблюдается при влажности, близкой к влажности устойчивого завядания, минимальное – при влажности почвы, соответствующей физической спелости. Удельное сопротивление почв под пропашными культурами значительно меньше, чем под зерновыми и многолетними травами, на целинных и залежных почвах оно выше на 45...50 %, чем на старопашотных.

Физическая спелость почв – состояние готовности почвы к обработке, обусловленное такой влажностью, когда почва обладает минимальным удельным сопротивлением и хорошо крошится, не распыляясь при этом.

Твердость почвы (или сопротивление пенетрации) – сопротивление почвы внедрению в нее зонда цилиндрической или конусообразной формы небольшого диаметра (атм, кПа или другие единицы давления). Она определяется специальными приборами (твердомерами), которые измеряют силу проникновения в почву штампа известной формы, как правило цилиндриче-

ской или конусовидной. Измеряя силу и зная величину площади проникновения штампа, рассчитывают твердость, или сопротивление пенетрации в единицах давления. С помощью сопротивления пенетрации оценивают степень переуплотнения почвы (табл. 2.35)

2.34. Удельное сопротивление различных почв

Почвы	Гранулометрический состав	Угодье	Удельное сопротивление, гк/см ²	Авторы
Дерново-подзолистая	Глина	Пашня	0,68	А.Ф. Пронин
	Суглинок тяжелый		0,48	
	средний		0,35	
	легкий		0,27	
	Супесь		0,18	
Чернозем обыкновенный	Глина	Целина	0,7...0,8	И.Б. Ревут
	Суглинок	Целина	0,6...0,8	
		Пашня	0,4...0,5	
Чернозем солонцеватый	Глина	Пашня	0,82	А.Ф. Пронин
Солонец	Глина	Целина	1,21	Д.И. Сарана
	Суглинок		0,90	
Серозем	Суглинок тяжелый	Пашня	0,49	А.Ф. Пронин
	средний	орошаемая	0,41	
	легкий		0,34	
	тяжелый	Пашня неорошаемая	0,42	
	средний		0,34	
	легкий		0,27	

2.35. Оценка переуплотнения почвы по критическим значениям сопротивления пенетрации (282, 306).

Сопротивление пенетрации (МПа) * Для диапазона влажности (% к весу)	Критические значения сопротивления пенетрации для соответствующих классов по гранулометрическому составу					
	Глина	Тяжелый суглинок	Средний Суглинок	Легкий Суглинок	Супесь	Песок
	2.8 – 3.2	3.2 – 3.7	3.7 – 4.2	4.5 – 5.0	5.5	6.0
	28 – 24	24 – 20	18 – 16	15 – 13	12	10

* Если реальная влажность почвы выше приведенной в диапазоне, к измеренному значению сопротивления пенетрации следует прибавить 0.25 МПа, а если ниже - вычесть 0.25 МПа.

Водно-физические свойства почв. Одним из важнейших водно-физических или гидрологических свойств почв является ее влагоемкость.

Влагоемкость почвы – величина, количественно характеризующая способность почвы к удерживанию влаги. Для количественной оценки влагоемкости используют величины *почвенно-гидрологических констант*. Почвенно-гидрологические константы – это значения влажности, соответствующие строго оговоренным условиям определения и имеющие практическое значение. Различают: наименьшую влагоемкость НВ (синонимы: предельная поле-

вая, полевая), полную влагоемкость ПВ (синоним водовместимость); капиллярную влагоемкость (КВ), влажность разрыва капиллярной связи (ВРК), влажность завядания (ВЗ) и максимальную гигроскопическую влажность (МГ).

Максимальная гигроскопическая влажность (МГ) – влажность почвы, устанавливающаяся при помещении почвы в атмосферу с относительной влажностью воздуха 98%.

Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) – влажность почвы, при которой подвижность влаги в процессе снижения влажности резко уменьшается. Находится в интервале влажностей между наименьшей влагоемкостью и влажностью устойчивого завядания растений.

Влажность завядания растений (ВЗ) – влажность почвы, при которой растения не могут брать воду из почвы и, теряя тургор, необратимо (даже при помещении в насыщенную парами воды атмосферу) завядают.

Наименьшая влагоемкость (НВ) – это установившаяся после стекания избытка воды влажность предварительно насыщенного почвы; достигается, как правило, через 2-3 дня после интенсивного дождя или полива хорошо дренируемой гомогенной почвы; НВ – это наибольшее количество влаги, которое почва в природном залегании может удержать в неподвижном или практически неподвижном состоянии после обильного или искусственного увлажнения и стекания влаги при глубоком залегании грунтовых вод («капиллярно-подвешенная влага»). Это очень важная характеристика, указывающая на водоудерживающую способность почвы. Величина эта имеет огромное практическое значение, по ней производят полив растений, ориентируют нормы осушения и проч. НВ определяется в полевых условиях методом заливаемых площадей путем заполнения порового пространства почвы водой и последующего стекания гравитационной влаги при установлении квазиравновесного профиля влажности (на 2-й – -й день после увлажнения) при изоляции от испарения воды из почвы в условиях хорошего дренажа и при отсутствии выраженной слоистости почвенного профиля.

Капиллярная влагоемкость (КВ) – количество влаги в почве, удерживаемое капиллярными силами в зоне капиллярной каймы грунтовых вод («капиллярно-подпертая влага»).

Полная влагоемкость (водовместимость, ПВ) – наибольшее количество воды, содержащееся в почве при полном заполнении всех пор и пустот.

Влагоемкость почв оценивается с учетом их механического состава (таблица 2.36.).

2.36. Оценка наименьшей (предельной полевой) влагоемкости (Н.А. Качинский)

Влагоемкость, % сухой массы почвы	Оценка
Тяжелые почвы	
40...50	Наилучшая
30...40	Хорошая
25...30	Удовлетворительная
Менее 25	Неудовлетворительная
Легкие почвы	
20...25	Отличная для песчаных почв
10...25	Удовлетворительная для полевых культур
3...10	Удовлетворительная для лесных культур
Менее 3	Неудовлетворительная для любых культур

По величинам почвенно-гидрологических констант рассчитывают характерные диапазоны почвенной влаги.

(ПВ–НВ) – *диапазон подвижной влаги*. Указывает на количество воды, которое может стечь при наличии свободного стока из рассматриваемой почвенной толщи.

(ПВ–НВ) - *водоотдача*. Эта количественная характеристика, отражающая количество воды, вытекающее из почвенного слоя при понижении уровня грунтовых вод от верхней до нижней границы этого слоя. Если уровень грунтовых вод опустился заметно ниже рассматриваемой почвенной толщи, то для расчета водоотдачи используют разницу между ПВ и НВ. Если же уровень остался в пределах рассматриваемой толщи, то между ПВ и капиллярной влагоемкостью, т.е. учитывают распределение влажности в капиллярной кайме грунтовых вод.

(НВ–ВЗ) – *диапазон доступной (продуктивной) влаги*. Для различных почв этот диапазон существенно различается, например, в песчаных почвах он может достигать 6–8%, а в суглинистых – 12–17%. Поэтому суглинистые почвы содержат больше продуктивной влаги, чем песчаные, а тяжелосуглинистые больше, чем средне- и легкосуглинистые. Однако в глинах, и тем более в тяжелых, доступной влаги может быть меньше, чем в средне- и тяжелосуглинистых почвах. В глинах стремительно возрастает количество связанной воды, быстрее увеличивается ВЗ, чем растет НВ. Поэтому зависимость количества доступной влаги от классов по гранулометрическому составу (рис. 2.9) имеет максимум, приходящийся на средне-, тяжелосуглинистые почвы. Следует отметить, что приведенная на рис. 2.9 зависимость – это лишь отражение общей тенденции. Эта зависимость может существенно меняться при изменении минералогического состава, структуры почвы.

(НВ–ВРК) – *диапазон легкоподвижной, легкодоступной для растений влаги*. Это наиболее эффективная часть той продуктивной влаги, которая характеризуется диапазоном (НВ–ВЗ).



Рис.2.9 Содержание доступной для растений влаги (ДДВ, %) для различных классов почв по гранулометрическому составу

Для характеристики доступности почвенной влаги используется также величина **давления почвенной влаги**. Это давление, возникающее в почвенной влаге за счет действия в почве сил различной природы, снижающих энергию почвенной воды по сравнению со свободной водой при атмосферном давлении на уровне моря, энергия которой принята за ноль. При отнесении величины энергии воды к ее объему образуется размерность давления (например, $\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial V} = \frac{H \cdot M}{M^3} = \frac{H}{M^2} = Pa$). Используются также единицы высоты водного или ртутного столба (см водного столба, мм ртутного столба).

Для оценок почвенно-гидрологических констант используют следующие значения давления влаги в почве:

- для определения НВ – величина давления в -300 см водного столба (или около -0.33 атм);
- для определения ВЗ – величина давления в -15000 см водного столба (или -15 атм).

При использовании давления влаги для контроля за влагообеспеченностью как правило ориентируются на следующие «критические» давления почвенной влаги, при которых следует производить полив растений:

- зерновые: при -400...-500 см водного столба, измеренные на глубине 25-30 см;
- овощные: при -300...-400 см водного столба, отмеченные на глубине 20-30 см;
- хлопчатник: при -300.-400 см водного столба на глубине 40-45 см.

Для наблюдений за давлением влаги в полевых условиях используются тензиометры - приборы позволяющие непрерывно определять давление почвенной влаги на определенной (установленной) глубине.

Кроме гидрологических констант, отражающих состояние почвенной влаги, необходима оценка почв в отношении **водопроницаемости**.

Начальная стадия быстрого проникновения воды в ненасыщенную влажной почву при некотором гидравлическом напоре называется *впитыванием*, или *инфильтрацией*. Затем, по мере насыщения всего порового пространства почвы водой, поток стабилизируется. Наступает стадия фильтрации. По скорости впитывания воды за первый час фильтрации почвы подразделяются на три группы:

- значительной водопроницаемости (более 150 мм);
- средней водопроницаемости (150...50 мм);
- слабой водопроницаемости (менее 50 мм).

Более подробная оценка водопроницаемости суглинистых и глинистых почв (по просачиванию воды в первый час фильтрации при напоре 5 см и температуре 10 °С) предложена Н.А. Качинским:

- провальная (более 1000 мм);
- излишне высокая (1000...500 мм);
- наилучшая (500...100 мм);
- хорошая (100...70 мм);
- удовлетворительная (70...30 мм);
- неудовлетворительная (менее 30 мм).

Оценка водопроницаемости в условиях впитывания дождевых вод имеет большое значение для прогнозирования эрозии (таблица 2.37.).

2.37. Шкала оценки дождей и водопроницаемости почвы

Интенсивность дождя / Коэффициент впитывания воды, мм/мин	Оценка	
	Дождей	Водопроницаемости почвы
Более 2,0	Сильные ливни	Очень высокая
2,0...0,5	Ливни	Высокая
0,5...0,1	Сильные дожди	Повышенная
0,1...0,02	Умеренные дожди	Средняя
0,02...0,005	Легкие дожди	Пониженная
0,005...0,001	Моросящие дожди	Низкая
Менее 0,001	Моросящие дожди	Очень низкая

Установившаяся фильтрация почвы измеряется коэффициентом фильтрации, (K_f), который характеризует способность почвы проводить насыщенный поток влаги под действием градиента гидравлического давления. Обычно, при градиенте давления, близком к единице K_f является постоянной и характеристичной для данной почвы величиной. Классификация почв по этому показателю представлена в таблицах 2.38 и 2.39. Помимо гранулометрического состава, в основном определяющего водопроницаемость почв она зависит

также от минералогического состава, структуры почвы, литологических особенностей профиля.

2.38. Классификационные градации коэффициента фильтрации почв (48)

Класс коэф-фициента фильтрации	Наименование	Значение (см/сут)
I	Исключительно низкий (водоупор)	<1
II	Очень низкий (для почвенных горизонтов – водоупорный)	1–6
III	Низкий	6–15
IV	Средний	15–40
V	Высокий	40–100
VI	Очень высокий	100–250
VII	Исключительно высокий	>250

2.39. Диапазоны средних значений коэффициента фильтрации для различных по гранулометрическому составу почв

Почвенные объекты	Диапазон K_f , см/сут
Песчаные почвы	300–800
Суглинистые	20–100
Глины	1–50

Глинистая почва может иметь коэффициент фильтрации более 60 см/сут, при хорошей структуре. Например, такие величины встречаются в черноземах на глинах, на карбонатных материнских породах, в ферраллитных почвах. Напротив, песчаные почвы могут иметь низкий K_f , когда они имеют прослойки плотного ожелезненного песка. Почвенный горизонт, имеющий коэффициент фильтрации менее 6 см/сут, рассматривается как водоупорный.

Заканчивая раздел о физических свойствах почв приведем таблицу характерных диапазонов основных физических свойств почв в зависимости от гранулометрического состава (табл. 2.40). В данной таблице приведены ориентировочные значения физических свойств. В реальных условиях, при непосредственных определениях эти усредненные значения и пределы варьирования могут значительно отличаться в связи с содержанием органического вещества, оструктуренностью, сельскохозяйственной обработкой, растительностью и многими другими факторами, существенно изменяющими приведенные ориентировочные значения.

2.40. Некоторые характерные физические свойства почв различного гранулометрического состава (наиболее вероятный диапазон – в скобках)

Класс по гранулометрическому составу	Порозность (% объемный)	Плотность почвы, г/см ³	НВ (% к весу)	ВРК (% к весу)*	ВЗ(% к весу)	ДДВ(% к весу)	Коэффициент фильтрации, см/сут
Песок рыхлый**	37 (32–40)	1.65 (1.5–1.75)	4 (3–5.5)	3.5 (2.5–5.5)	2.5 (2–3.5)	2 (1.5–3.5)	> 150
Песок связный**	38 (32–42)	1.6 (1.5–1.7)	6 (5–10)	4.5 (4–6)	4 (3–6)	4 (2–6)	150 (80–200)
Супесь	43 (40–46)	1.5 (1.4–1.6)	14 (10–18)	7.5 (6–8.5)	6 (4–8)	8 (6–10)	100 (50–150)
Легкий суглинок	47 (43–51)	1.4 (1.3–1.5)	22 (18–26)	13 (12–14.5)	10 (8–12)	12 (10–14)	80 (40–120)
Средний суглинок	49 (47–51)	1.35 (1.3–1.4)	27 (23–31)	18.5 (17–19.5)	13 (11–15)	14 (12–16)	50 (30–70)
Тяжелый суглинок	51 (49–53)	1.3 (1.25–1.45)	30 (27–35)	21 (20–22)	15 (13–17)	16 (14–18)	40 (20–70)
Глина	53 (51–55)	1.25 (1.2–1.4)	35 (31–39)	25.5 (24–27)	20 (18–24)	15 (14–18)	15 (2–30)

* ВРК определены по характерным основным гидрофизическим характеристикам (ОГХ) на основании метода А.Д.Воронина

** Природные пески почти всегда слоисты. Вследствие этого приведенные данные весьма ориентировочны.

Создание картограмм агрофизического состояния почв и интерпретация результатов в геоинформационных системах (ГИС). Для этой цели используется крупномасштабная топографическая основа и почвенная карта с определенной координатной сеткой, шаг которой определяться размерами полей, почвенным покровом и рельефом. По заданной сетке осуществляется точная привязка координат на местности с помощью приемников систем глобального позиционирования (GPS). Топооснова и почвенная карта оцифровываются с помощью специальных программ (например, Easy Trase) и в соответствующих координатах заносятся в ГИС (ArcView, MapInfo или др.).

В процессе полевых исследований проводятся полевые измерения физических свойств почв и отбор образцов для лабораторных исследований, рассчитываются агрофизические показатели и создаются сводные таблицы изученных свойств, включающие усредненные (или медианные) значения для каждой точки исследований по всем почвенным разностям. Полевые исследования рекомендуется проводить с помощью экспресс-методов, которые позволяют быстро и эффективно оценить физические свойства почв, а соответственно агрофизическую ситуацию почвенного покрова в ландшафте (17, 160, 216). Обязательными, прежде всего, являются послойные (через каждые 10 см до глубины 40-50 см) определения плотности почвы буровым методом с объемом бура не менее 100 см³, водопроницаемости методом трубок и сопротивления пенетрации (твердости). Такой набор быстро определяемых аг-

рофизических свойств почвы дает возможность впоследствии выделить участки полей с повышенной уплотненностью (как с поверхности, так и в подпахотном слое, - так называемое «подпочвенное уплотнение»), зоны возможного застоя и быстрого (инфлюкционного) движения влаги. Указанные параметры – это минимальный список необходимых агрофизических свойств, который, естественно, дополняется еще и данными влажности почвы. Этот набор агрофизических свойств должен дополняться лабораторными определениями, прежде всего, гранулометрического состава, порозности агрегатов, структурного состава и, в случае необходимости, других агрофизических характеристик.

Полученные результаты заносятся в таблицы (например, в формате xls), которые служат основой для создания, импортируемой в ГИС, базы данных.

На основе полученной базы данных послойно по каждому параметру агрофизического состояния с помощью той или иной предусмотренной в ГИС процедуры интерполяции (кригинг, сплайн и т.п.) строятся изоплеты исследованных свойств почв в рамках заданного участка исследований. Послойное отображение свойств с одной стороны дает полную картину изменчивости физических параметров по площади исследуемого поля, а с другой стороны, с помощью изоплет свойств позволяет выделить участки (зоны) с соответствующими градациями агрофизических свойств. В результате прорисовки изоплет в ГИС'е получается карта исследованного свойства, на которой выделяются градации с неблагоприятными и оптимальными свойствами.

При агрофизических пространственных исследованиях часто бывает весьма затруднительно в достаточном количестве для прорисовки изоплет определить те или иные агрофизические свойства для всего массива, например, диапазон доступной влаги. Это важнейшее агрофизическое свойство предполагает независимое экспериментальное определение наименьшей влагоемкости (H_B) и влажности завядания (B_3). Определение указанных агрофизических свойств – дело трудоемкое, а в случае пространственных площадных определений с многочисленными повторениями – практически невозможное. Поэтому предложен подход пространственного восстановления подобных трудноопределяемых свойств. Метод на основе так называемых «педотрансферных функций» (ПТФ), которые позволяют с помощью статистических (регрессионных) зависимостей находить искомое свойство по ряду других с ним взаимосвязанных. Физики почв любят говорить: «Педотрансферные функции превращают данные, которые у нас есть, в данные, которые нам нужны!».

Итак, задача формулируется следующим образом: создан банк данных для территории по определяемым в полевых условиях свойствам почв (плотность, сопротивление пенетрации, водопроницаемость и др.). Необходимо с помощью ГИС построить карту неизвестного, трудноопределяемого свойства (например, запасы влаги при диапазоне доступной влаги в корнеобитаемой толще).

Решение этой задачи можно разбить на несколько этапов:

1. Необходимо выбрать 8-12 точек на исследуемом ландшафте по возможности с наиболее контрастными физическими свойствами. Если на участке есть почвы, заметно различающиеся по гранулометрическому составу (на несколько градаций: глина – суглинок - песок), то лучше эти группы почв выделить в самостоятельные выборки. Основой для составления такого набора точек должна быть почвенная карта. В зависимости от площади исследования и его сложности (комплексности почвенного покрова) на участке располагается 8-10 ключевых разрезов, в которых исследуются основные физические свойства почв.
2. В этих точках необходимо определить как традиционные для почвенно-физического обследования свойства (указанные выше плотность, сопротивление пенетрации, водопроницаемость и, возможные иные экспрессно определяемые свойства), а также и искомые свойства (например, НВ и ВЗ). В результате получается массив из 8-12 пространственно сопряженных свойств: НВ, ВЗ, плотности, сопротивления пенетрации, водопроницаемости соответствующих слоев почвы. Этот массив помещается в табличном виде в среду EXCEL или STATISTICA.
3. С помощью процедуры множественного линейного регрессионного анализа находятся уравнения связи между традиционными свойствами (плотность, сопротивление пенетрации, водопроницаемость) и трудноопределяемыми необходимыми агрофизическими свойствами (в примере, с НВ, ВЗ). В результате получают уравнения связи, в которых в виде функции выступает трудноопределяемое свойство, а в виде аргументов – традиционные агрофизические свойства. С помощью этих уравнений (в примере, для НВ и ВЗ) можно рассчитать, или, как говорят «восстановить», значение искомого свойства по известным. Это уравнение и носит название педотрансферной функции (ПТФ).
4. По полученным педотрансферным функциям рассчитывают трудноопределяемые свойства для всего массива по известным традиционным свойствам. Получается пространственно распределенный массив данных по трудноопределяемому свойству, с которым поступают по описанной выше процедуре: помещают в ГИС, рисуют карты изоплет и выделяют на картах участки с неблагоприятными/оптимальными диапазонами рассматриваемых свойств.

В качестве примера получения и анализа агрофизической информации в ГИС-технологиях рассмотрим построение карты запасов продуктивной влаги на участке комплекса серых лесных почв Владимирского ополья (опытное поле Владимирского НИИСХ). Для этого на исследуемом поле по равномер-

ной сетке с шагом 21 м было заложено 62 разреза глубиной до 60 см. В каждом разрезе на глубинах 0, 10, 20, 30, 40 и 60 см определялись плотность почвы, сопротивление пенетрации, водопроницаемость, а также в лаборатории - плотность твердой фазы, содержание органического углерода. Кроме того, на контрастных по морфологическому описанию почвенных разностях, но относящихся к суглинистым почвам (от легкого до тяжелого суглинков) было выделено 10 точек, в которых определялась также величина *НВ* методом залива малых площадей. По этим 10 наблюдательным разрезам на основе процедуры множественного регрессионного анализа были получены уравнения, связывающие величину *НВ* с другими свойствами почв (плотностью почвы, водопроницаемостью, плотностью твердой фазы, содержанием углерода). Оказалось, что уравнение связи величины *НВ* (в долях от абсолютно сухого веса почвы) для исследуемой территории выглядит следующим образом (по данным В.Г. Тымбаева):

$$NB = 0.073 - 0.046\rho_b + 0.025c + 0.059\rho_s,$$

где ρ_b – плотность почвы, ρ_s – плотность твердой фазы (г/см³), c - содержание углерода (%).

Это уравнение имело множественный коэффициент корреляции 0.58, и высокую его достоверность по критерию Фишера (с уровнем значимости <0.05). Кроме статистического исследования достоверности коэффициентов и значимости это уравнение необходимо исследовать и экспертно, на основании известных фактов и взаимосвязей в физике почв. Действительно, и увеличение органического вещества в почве, и плотность твердой фазы увеличивают влагосодержание при *НВ*, а вот увеличение плотности эту величину снижает. Это отражено и знаках приведенного уравнения. Следовательно, оно удовлетворяет и известным взаимосвязям физических свойств почв и данное уравнение использовано как ПТФ для определения величины *НВ* и в оставшихся 42 точках исследуемого массива. Например, если в какой-либо точке получены значения плотности почвы 1.4 г/см³, содержания углерода 1.2% и 2.65 г/см³ – плотности твердой фазы, то в этой точке величина *НВ* составит $0.073 - 0.046 \cdot 1.4 + 0.025 \cdot 1.2 + 0.059 \cdot 2.65 = 0.195$ или 19.5 % к весу почвы. Полученный массив данных для исследуемой площади позволяет привлечь аппарат ГИС для прорисовки изоплет *НВ*, а при соответствующем определении *ВЗ* и диапазона доступной влаги для всех исследуемых слоев. На рис. 2.10 приведен пример изоплет диапазона доступной влаги для слоев 10-15 и 30-35 см рассмотренного сельскохозяйственного опытного поля. На нем четко выделяются районы с высоким диапазоном доступной влаги, а также с низкими его значениями.

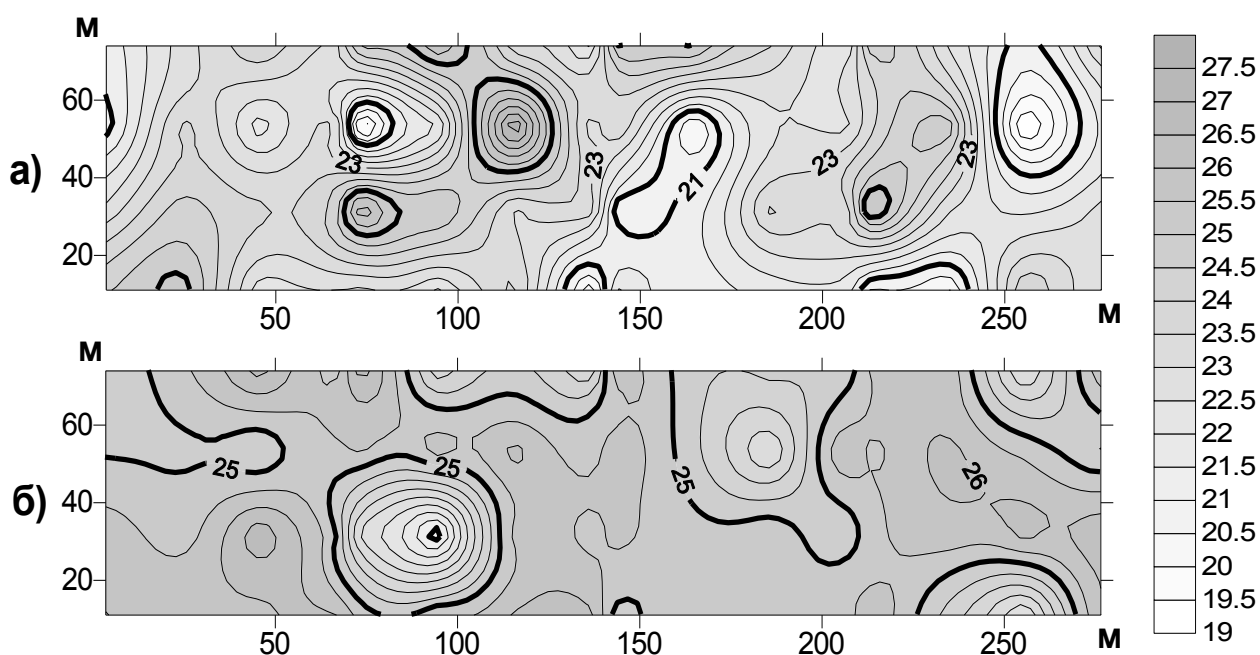


Рисунок 2.10. Изоплеты пространственного изменения варьирования запасов влаги, соответствующих диапазону доступной влаги (мм водн.слоя):
а) в слое 10-15 см, б) в слое 30-35 см (участок ВНИИСХ). Области с изоплетой >25 мм – оптимальный диапазон, <21 мм – неудовлетворительный. (По данным В.Г.Тымбаева)

На этой карте пространственного распределения диапазона доступной влаги выделяются зоны наиболее вероятного иссушения почв, т.е. зоны с низкими запасами влаги при диапазоне доступной влаги (<21 мм водного слоя), а также зоны с наиболее высокими запасами (>25 мм).

Рассмотрим пример исследования пространственного распределения плотности почвы на участке со светло-каштанового солонцового комплекса (Волгоградская область, Ергенинская возвышенность.). На территории в 200 га (2х1 км) было заложено 12 ключей на основных элементах рельефа: на плакорном участке со светло-каштановой почвой (3 разреза), на склонах со светлокаштановой солонцеватой почвой (4 разрезам), солонцами на склонах балки (3 разреза) и солончаками по днищу балки (2 разреза). В этих точках были изучены послойно плотность почвы, водопроницаемость, сопротивление пенетрации в естественном состоянии и после определения водопроницаемости при влажности, равной НВ. Были получены соответствующие ПТФ, позволяющие по сопротивлению пенетрации восстанавливать плотность почвы. Затем по сетке с шагом в 200 м были определены сопротивления пенетрации и рассчитана плотность почвы.

На картограмме (рис. 2.12) отражены медианные значения плотности почвы. На ней отчетливо выделяются зоны сильного переуплотнения (>1.5 г/см³). Эти зоны в основном охватывают часть склона вблизи реки и вблизи дорог, что связано с антропогенным воздействием и более сильно выраженными процессами осолонцевания. Причем переуплотнение идет по всему профилю практически с поверхности. Также выделяются зоны, связанные с эрозионными процессами – смытые почвы в нижней части балки имеют вы-

сокую плотность, а в более пологой ложбине отмечается намытость почв и соответственно более низкая плотность. Для остальной территории плотность светло-каштановых почв составляет 1.3-1.4 г/см³.

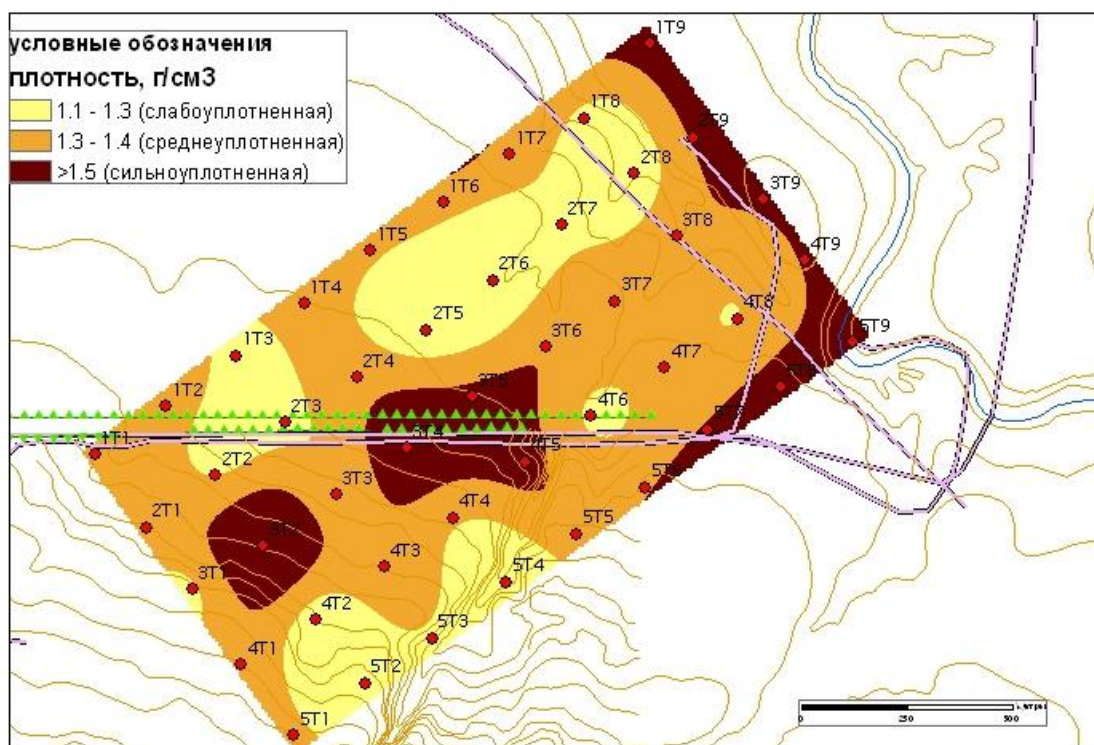


Рис. 2.11. Картограмма медианных значений плотности светло-каштановой почвы в классификации Бондарева (1985)

2.4.1.3. Химические и физико-химические свойства почв

Органическое вещество почв. Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основными критериями оценки почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы.

Органическое вещество в целом и отдельные его группы разносторонне влияют на агрономические свойства и режимы почв.

Органическое вещество почв в большой мере определяет пищевой режим почв, их физические и физико-химические свойства, в особенности поглотельную способность, буферность, структурное состояние, влагоемкость и др.

Гумусовое состояние почв принято характеризовать содержанием гумуса в пахотном слое, запасами в слое 0 - 100 см, отношением C:N, т.е. обогащенностью азотом, и отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, в соответствии с которым определяется тип гумуса (табл. 2.41).

Между содержанием гумуса в почвах и урожайностью сельскохозяйственных культур имеется определенная связь, особенно в экстенсивном

земледелии при очень ограниченном применении удобрений, когда почвенный гумус служит единственным (или основным) источником тех или иных элементов минерального питания растений. В этом случае, например для черноземов, коэффициент корреляции между урожайностью сельскохозяйственных культур и содержанием гумуса составляет 0,75-0,90.

2.41. Показатели гумусового состояния почв

Признак	Уровень признака	Пределы значений
Содержание гумуса, %	Очень высокое	>10
	Высокое	6-10
	Среднее	4-6
	Низкое	2-4
	Очень низкое	<2
Запасы гумуса в слое 0-100 см	Очень высокие	>600
	Высокие	400-600
	Средние	200-400
	Низкие	100-200
	Очень низкие	<100
Обогащенность азотом, C:N	Очень высокая	<5
	Высокая	5-8
	Средняя	8-11
	Низкая	11-14
	Очень низкая	>14
Тип гумуса, $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$	Гуматный	>2
	Фульватно-гуматный	2-1
	Гуматно-фульватный	1.0-0.5
	Фульватный	<0.5

По мере интенсификации земледелия эта связь значительно усложняется. При оптимальной обеспеченности влагой, минеральными элементами питания, благоприятном соотношении механических элементов и глинистых минералов она часто не проявляется или выражена слабо. В засушливых условиях зависимость продуктивности почв от их гумусового состояния проявляется сильнее, поскольку с повышением содержания гумуса возрастает влагоемкость почв и соответственно растут запасы продуктивной влаги, уменьшается испарение, т.е. улучшается водный режим.

При высоком уровне интенсификации земледелия влияние органического вещества почвы на урожайность проявляется через сложные системные взаимодействия, которые обуславливают, в частности, разрешающую способность почвы по отношению к усиливающейся химизации. В связи с этим наряду с физико-химическими аспектами на первый план выходят биологический и экологический, в особенности для преодоления большой пестицидной нагрузки. Весьма важны также энергетический и экономический аспекты поскольку затраты механической энергии на обработку почвы в большой мере определяются гумусовым состоянием.

Наиболее целесообразным подходом к выявлению агрономической ценности гумуса и его составляющих можно считать разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений. Первая группа объединяет специфические гумусовые вещества, которые характеризуют типовые признаки почв и перечисленные их физико-химические и физические характеристики. Эти вещества участвуют в питании растений в малой степени, но создают для них благоприятную среду. Положительная агрономическая роль консервативных составляющих почвенного гумуса наиболее наглядно проявляется в экстремальных ситуациях: в засушливые периоды, при химическом загрязнении почв. Поэтому наиболее устойчивым оказывается земледелие на почвах с высоким содержанием гумуса.

Вторая группа органических веществ почвы, лабильные компоненты которой непосредственно участвуют в питании сельскохозяйственных растений, формируют водопрочную структуру почвы, служат энергетическим материалом для микроорганизмов, проявляется в агрономическом отношении более отчетливо. По компонентному составу она подразделяется на легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ) и лабильные гумусовые вещества (ЛГВ). К легкоразлагаемому органическому веществу относятся неразложившиеся остатки растительного и животного происхождения, детрит и органические удобрения. Лабильные гумусовые вещества включают неспецифические органические соединения разнообразной природы, прогуминовые и новообразованные гумусовые вещества, гумусовые вещества, прочно связанные с минеральной частью почвы.

Дефицит лабильных форм органического вещества в почвах определяет состояние так называемой выпаханности, т.е. резкое ухудшение питательного режима и структурного состояния. Поэтому первоочередное значение приобретают мероприятия, направленные на поддержание в почве определенного количества лабильного органического вещества.

Нормативы оптимального содержания ЛОВ в почвах при различном их использовании должны разрабатываться зональными научными учреждениями.

Емкость катионного обмена является одной из интегральных агрономических и экологических характеристик почв. Емкостью катионного обмена обусловлена буферность почв. Состав обменных катионов во многом определяет физические свойства почв. С емкостью катионного обмена связывается устойчивость почв к антропогенным воздействиям, в частности, к химическому загрязнению. По возрастающей степени устойчивости к антропогенному воздействию почвы разделяются на пять групп: 1) с ЕКО менее 10 мг-экв/100 г почвы; 2) 10...20; 3) 21...30; 4) 31...40; 5) более 41 мг-экв/100 г почвы.

В оценке **состава обменных катионов** наибольшее значение имеют ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , H^{+} , Al^{3+} . Первые три относят к обменным основаниям.

Водород и алюминий обуславливают гидролитическую кислотность, поглощенный натрий и повышенное количество магния – солонцеватость почв.

Кисотно-основное состояние обуславливает многие особенности поведения элементов в почве, с ним связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность соединений (в том числе токсичных для растений). Реакция почвенного раствора оказывает и прямое действие на культуры.

Негативное влияние повышенной кислотности на растения проявляется через недостаток кальция, повышенную концентрацию токсичных для растений ионов Al^{3+} , Mn^{2+} , H^+ , изменение доступности для растений элементов питания, ухудшение физических свойств почвы, снижение ее биологической активности. В кислых почвах увеличивается растворимость соединений Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn, избыток которых отрицательно влияет на растения. Высокая кислотность снижает доступность молибдена. Усвояемость фосфора максимальна при pH 6,5, в более кислой и более щелочной среде она снижается. Кислая среда ухудшает азотный режим почвы, угнетая процессы аммонификации, нитрификации, азотфиксации. Для этих процессов оптимум pH лежит в интервале 6,5...8,0. Особо негативную роль в кислых почвах играет алюминий. При pH 4 содержание алюминия в почвенных растворах достигает токсичных концентраций для большинства растений, в то время как питательные растворы с pH 4 не имеют такого действия. Близкие эффекты при низких pH оказывает марганец.

На щелочных почвах ухудшается фосфатный режим, возникает дефицит некоторых микроэлементов (Zn, Fe, Mn, Cu). При высокой щелочности ухудшаются физические свойства почв. Сильнощелочная реакция неблагоприятна для большинства растений.

Реакция почвенного раствора определяется потенциометрически в водной или солевой вытяжке. Различают почвы: очень сильнокислые ($pH_{\text{сол}}$ менее 4,0); сильнокислые (4,1...4,5); среднекислые (4,6...5,0); слабокислые (5,1...5,5); нейтральные (5,6...7,4); слабощелочные ($pH_{\text{вод}}$ 7,5...8,5); сильнощелочные (8,6...10,0); резкощелочные (10,1...12,0). Оптимальные значения pH для разных культур зависят от содержания гумуса, гранулометрического состава, обеспеченности растений элементами минерального питания.

Потенциальная кислотность обусловлена ионами водорода и алюминия, находящимися в обменно-поглощенном состоянии вППК. В зависимости от способа определения подразделяется на обменную (вытеснение H^+ и Al^{3+} нейтральными солями) и гидролитическую кислотность (вытеснение гидролитически щелочными солями). Значение гидролитической кислотности используется при расчете доз мелиорантов:

$$C = 0,05 H_{\Gamma} d_{\text{v}} h K_{\text{M}} \text{ (т/га), где}$$

H_{Γ} – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы;

d_{v} – плотность мелиорируемого слоя, г/см³;

h – мощность мелиорируемого слоя, см;

K_M – поправочный коэффициент на долю CaCO_3 в мелиоранте.

$$K_M = 100 / C_M, \text{ где}$$

C_M – процент CaCO_3 в мелиоранте.

Степень насыщенности почвы основаниями (процент обменных катионов от ЕКО) используется при оценке потребности в известковании.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей (иона OH^-). В зависимости от источника OH^- различают щелочность от нормальных карбонатов, от бикарбонатов и общую (суммарную), которые различаются по граничным значениям pH, определяются титрованием в присутствии соответствующих индикаторов и выражаются в мг-экв/100 г почвы.

2.42. Классификация почв по относительному содержанию в ППК обменного натрия (% от ЕКО)

Почвы	Виды по относительному содержанию Na^+			
	Несолонцеватые	Слабосолонцеватые	Среднесолонцеватые	Сильносолонцеватые
Высокогумусные: черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые, др.	До 5	5...10	10...15	15...20
Малогумусные: бурые, каштановые, малогумусные южные черноземы	До 3	3...5	5...10	10...15
Солонцы	Остаточные	Малонатриевые	Средненатриевые	Многонатриевые
	До 10	10...20	20...40	Более 40

Потенциальная щелочность обнаруживается у почв, содержащих обменно-поглощенный натрий, который, переходя в почвенный раствор и взаимодействуя с угольной кислотой, образует соду.

Карбонатность почв. В карбонатных почвах содержится повышенное количество Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^- в почвенном растворе, что определяет их слабощелочную реакцию. В этих почвах быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождается азот в минеральных формах.

Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы здесь менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие в почвенных растворах большого количества кальция вследствие антагонизма катионов может затруднить усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. Дефицит усвояемого железа в карбонатных почвах может вызвать хлороз растений.

При оценке карбонатности почв, на которых выращивают виноград, важно учитывать содержание подвижных или активных карбонатов, а также активность ионов кальция. В практике виноградарства разработаны шкалы устойчивости подвоев винограда к хлорозу, вызываемому повышенным содержанием активных карбонатов.

А.Т. Цуриковым предложена следующая классификация почв по обеспеченности кальцием, основанная на величине отрицательного логарифма ак-

тивности ионов кальция (pCa): pCa менее 1,8 – избыточная, 1,8...2,0 – высокая, 2,0...2,2 – повышенная, 2,2...2,4 – средняя, 2,4...2,6 – низкая. Проявление карбонатности зависит от гидротермического режима почв. В условиях промывного водного режима повышенная карбонатность почв способствует усилению аккумулятивных почвообразовательных процессов и ослаблению элювиальных, оптимизации гумусового состояния, физико-химических и физических свойств. При недостатке влаги повышенная карбонатность приводит к ухудшению этих характеристик.

Карбонатные почвы имеют слабощелочную реакцию. В них быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождаются минеральные формы азота. Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы в них менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие большого количества кальция в почвенном растворе может затруднить усвоение некоторых элементов питания. Недостаток усвояемого железа на карбонатных почвах вызывает хлороз растений.

Засоленность почв оценивается по глубине, химизму и степени.

По глубине залегания верхней границы солевого горизонта засоленные почвы разделяются на солончаковые (соли в слое 0...30 см), солончаковатые (30...80), глубокосолончаковатые (80...150), глубокозасоленные (глубже 150).

Химизм и степень засоления определяются согласно принятым методам по соотношению анионов (таблица 2.43.).

2.43. Классификация почв по типу и степени засоления (88)

Химизм засоления (по соотношению %-ного содержания анионов)	Степень засоления (по сумме солей, %)				
	Нет	Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная (солончаки)
Хлоридный: $\text{Cl}^- \geq 2,5 \text{ SO}_4^{2-}$	Менее 0,03	0,03...0,10	0,10...0,30	0,30...0,60	Более 0,6
Сульфатно-хлоридный: $\text{Cl}^- = (2,5...1,0) \text{ SO}_4^{2-}$	Менее 0,05	0,05...0,12	0,12...0,35	0,35...0,70	Более 0,7
Хлоридно-сульфатный: $\text{Cl}^- = (1,0...0,3) \text{ SO}_4^{2-}$	Менее 0,10	0,10...0,25	0,25...0,50	0,50...0,90	Более 0,9
Сульфатный: $\text{Cl}^- \leq 0,3 \text{ SO}_4^{2-}$	Менее 0,15	0,15...0,30	0,30...0,60	0,60...1,40	Более 1,4
Содово-хлоридный, хлоридно-содовый: $\text{HCO}_3^- > \text{Ca} + \text{Mg}$ (экв), $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Менее 0,10	0,10...0,15	0,15...0,30	0,30...0,50	Более 0,5
Содово-сульфатный, сульфатно-содовый: $\text{HCO}_3^- > \text{Ca} + \text{Mg}$ (экв), $\text{Cl}^- \leq \text{SO}_4^{2-}$	Менее 0,15	0,15...0,25	0,25...0,35	0,35...0,60	Более 0,6
Сульфатно- (хлоридно-) гидрокарбонатный щелочноземельный: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (Cl^-)	Менее 0,15	0,15...0,30	0,30...0,50	Не встречаются	

Оценка степени засоления проводится на основе обобщения данных урожайности среднесолеустойчивых сельскохозяйственных культур при различном содержании солей (таблица 2.44.).

2.44. Степень засоления почв и урожайность среднеустойчивых к засолению растений (% устойчивой на незасоленных почвах)

Степень засоления почв	Состояние растений	Урожай
Незасоленные	Хорошее	100
Слабозасоленные	Слабоугнетенное	80
Среднезасоленные	Среднеугнетенное	50
Сильнозасоленные	Сильноугнетенное	30
Очень сильно засоленные	Очень сильно угнетенное или полная гибель	0...10

В соответствии с условиями засоления почвенного профиля солонцы подразделяются на роды по глубине залегания водорастворимых солей, по химизму засоления и по степени засоления в соответствии с рассмотренной классификацией засоленных почв. Кроме того, выделяют роды солонцов по глубине залегания карбонатов и гипса: высококарбонатные – до 40...45 см, глубококарбонатные – ниже 40...45 см, высокогипсовые – до 40...45 см, глубокогипсовые – ниже 40...45 см.

По мощности надсолонцового горизонта А солонцы делят на виды: корковые – менее 5 см, мелкие – 5...10 см, средние – 10...18 см, глубокие – более 18 см.

По содержанию обменного натрия в горизонте В солонцы разделяются в соответствии с принятой классификацией на остаточно-натриевые – до 10 % от емкости обмена, малонатриевые – 10...25, средненатриевые – 25...40, многонатриевые – более 40 %. Более правильным было бы границу между малонатриевыми и средненатриевыми солонцами установить на уровне содержания обменного натрия 20 % от емкости обмена, поскольку это один из рубежей, в общих чертах определяющих качественные скачки в проявлении физико-химической солонцеватости. Наиболее высоким содержанием обменного натрия и наихудшими агрономическими свойствами отличаются содовые солонцы, приуроченные главным образом к полугидроморфным и гидроморфным типам и наиболее распространенные в лесостепной зоне.

Наряду с солонцами широкое распространение в лесостепной, степной и полупустынной зонах имеют солонцеватые почвы (черноземы, каштановые, бурые пустынно-степные, лугово-степные и луговые почвы). Они характеризуются наличием иллювиальных горизонтов различной выраженности и засолением с той или иной глубины.

Разделение этих почв по степени солонцеватости проводят с учетом их гумусированности: высокогумусные (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и др.) и малогумусные (малогумусные черноземы, каштановые, бурые почвы).

Для почв первой группы установлены следующие градации: несолонцеватые – до 5 % обменного натрия от емкости поглощения, слабосолонцеватые – 5...10 %, среднесолонцеватые – 10...15 и сильносолонцеватые – 15...20 %; для почв второй группы: несолонцеватые – до 3 % обменного

натрия, слабосолонцеватые – 3...5, среднесолонцеватые – 5...10, сильносолонцеватые – 10...15 %.

Обеспеченность почв элементами минерального питания. Оценка обеспеченности ЭМП проводится с использованием общепринятых методик для различных типов почв (таблица 2.45.).

О потенциальной обеспеченности растений азотом судят по содержанию его легкогидролизуемых форм, нитрификационной способности почвы. Фактическую обеспеченность устанавливают по запасам в почве нитратного, нитритного и аммонийного азота. На их основе, а также сведений о накоплении азота за счет текущей минерализации и поступления с удобрениями рассчитывается обеспеченность посевов азотом.

Валовое содержание калия в почвах может составлять 2 % и более. Доля обменного калия чаще менее 5 % от валового.

2.45. Обеспеченность почв легкогидролизуемым азотом, мг/100 г почвы

Оценка обеспеченности	РН менее 5			рН 5...6			рН более 6		
	З*	К	О	З	К	О	З	К	О
Очень низкая	< 4	< 5	< 6	< 3	< 4	< 5	< 3	< 4	< 5
Низкая	4...5	5...7	6...10	3...4	4...6	5...8	3...4	4...5	5...7
Средняя	5...7	7...10	10...14	4...6	6...8	8...12	4...5	5...7	7...10
Высокая	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10
*для культур: З – зерновых, К – картофеля и кормовых корнеплодов, О – овощных									

2.46. Обеспеченность почв обменным калием, мг/100 г почвы

Оценка обеспеченности	По Кирсанову	По Масло-вой	По Чири-кову	По Эгнеру – Риму	По Ониани	По Мачигину
Очень низкая	< 4	< 5	< 2	–	< 20	< 5
Низкая	4...8	5...10	2...4	< 7	20...30	5...10
Средняя	8...12	10...15	4...8	7...14	30...40	10...20
Повышенная	12...17	15...20	8...12	> 14	–	20...30
Высокая	17...20	20...30	12...18	–	> 40	30...40
Очень высокая	> 20	> 30	> 18	–	–	> 40

2.47. Обеспеченность почв подвижными фосфатами, мг/100 г почвы

Оценка обеспеченности	Культуры		
	Зерновые и зернобобовые	Кормовые корнеплоды, картофель	Овощные, технические
В ы т я ж к а К и р с а н о в а			
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	3...8	8...15	15...20
Средняя	8...15	15...20	20...30
Высокая	> 15	> 20	> 30
В ы т я ж к а Ч и р и к о в а			
Очень низкая	< 2	< 5	< 10
Низкая	2...5	5...10	10...15
Средняя	5...10	10...15	15...20
Высокая	> 10	> 15	> 20
В ы т я ж к а Т р у о г а			
Очень низкая	< 3	< 7	< 12
Низкая	3...7	7...12	12...18
Средняя	7...12	12...18	18...25
Высокая	> 12	> 18	> 25
В ы т я ж к и А р р е н и у с а и О н и а н и			
	Зерновые, чай	Кормовые корнеплоды	Овощные
Очень низкая	< 8	< 15	< 30
Низкая	8...15	15...30	30...45
Средняя	15...30	30...45	45...60
Высокая	> 30	> 45	> 60
В ы т я ж к а М а ч и г и н а			
	Зерновые, хлопчатник	Кормовые корнеплоды, картофель	Овощные, технические культуры
Очень низкая	< 1	< 1,5	< 3,0
Низкая	1...1,5	1,5...3,0	3,0...4,5
Средняя	1,5...3	3,0...4,5	4,5...6,0
Высокая	> 3	> 4,5	> 6,0

Оценки, характеризующие фактор емкости фосфатного питания растений, должны дополняться оценками фактора интенсивности (по Скофилду или Карпинскому и Замятиной), для чего применяется вытяжка 0,01 М CaCl₂, имитирующая почвенные растворы (таблица 2.48).

Современные технологии возделывания культур определяют возрастающую потребность в микроудобрениях, эффективное применение которых может быть достигнуто лишь при учете содержания в почвах подвижных форм микроэлементов. В таблице 2.49. приведены данные об обеспеченности почв разных природных зон подвижными формами микроэлементов.

2.48. Оптимальные уровни обеспеченности фосфором и калием дерново-подзолистых почв по различным показателям (13)

Севообороты	Почвы	Пахотный горизонт	Подпахотный горизонт
Содержание подвижного P_2O_5 по Кирсанову (мг/100 г почвы)			
С преобладанием зерновых, трав, льна	С	20...30	15...25
	У/М	15...25	10...15
	П/М	10...15	8...10
С кормовыми корнеплодами, кукурузой, овощами, прифермских	С	25...35	20...30
	У/М	20...30	12...15
	П/М	15...20	8...10
Концентрация P_2O_5 в вытяжке 0,01 М $CaCl_2$ (мг/л)			
С преобладанием зерновых, трав, льна	С	0,20...0,40	0,10...0,15
	У/М		
С кормовыми корнеплодами, кукурузой, овощами, прифермских	П/М	0,50...0,60	0,15...0,20
Содержание подвижного K_2O (мг/100 г почвы)			
С преобладанием зерновых, трав, льна	С	20...30	10...20
	У/М	17...23	10...15
	П/М	10...15	8...12
С кормовыми корнеплодами, кукурузой, овощами, прифермских	С	25...35	10...20
	У/М	20...25	10...15
	П/М	14...20	8...12
Подвижные формы K_2O (% ЕКО)			
	С	4,0...5,0	—
	У/М	3,5...4,0	—
	П/М	3,0...3,5	—
*почвы: С – суглинистые, У/М – супесчаные, подстилаемые мореной, П/М – песчаные и рыхлопесчаные, подстилаемые мореной.			

2.49. Обеспеченность почв подвижными формами микроэлементов, мг/кг почвы по Б.А. Ягодину и И.В. Верниченко

Микро- элемент	Вытяжка	Обеспеченность				
		Очень бедная	Бедная	Средняя	Богатая	Очень бо- гатая
Т а е ж н о - л е с н а я з о н а						
В	H ₂ O	< 0,2	0,2...0,4	0,4...0,7	0,7...,11	> 1,1
Cu	1,0 н HCl	< 0,9	0,9...2,1	2,1...4,0	4,0...6,6	> 6,6
Mo	Оксалатная	< 0,08	0,08...0,14	0,14...0,30	0,30...0,46	> 0,46
Mn	0,1 н H ₂ SO ₄	< 1,0	1,0...25	25...60	60...100	> 100
Co	1,0 н HNO ₃	< 0,4	0,4...1,0	1,0...2,3	2,3...5,0	> 5,0
Zn	1,0 KCl	< 0,2	0,2...0,8	0,8...2,0	2,0...4,0	> 4,0
Л е с о с т е п н а я и с т е п н а я з о н ы						
В	H ₂ O	< 0,2	0,2...0,4	0,4...0,8	0,8...1,2	> 1,2
Cu	1,0 н HCl	< 1,4	1,4...3,0	3,0...4,4	4,4...5,6	> 5,6
Mo	Оксалатная	< 0,10	0,10...0,23	0,23...0,38	0,38...0,55	> 0,55
Mn	0,1 н H ₂ SO ₄	< 25	25...55	55...90	90...170	> 170
Co	1,0 н HNO ₃	< 1,0	1,0...1,8	1,9...2,9	2,9...3,6	> 3,6
Zn	1,0 KCl	< 0,15	0,15...0,30	0,3...1,0	1,0...2,0	> 2,0
	Ацетатно-аммонийная	< 4,0	4,0...6,0	6,0...8,8	> 8,8	—
С у х о с т е п н а я и п о л у п у с т ы н н а я з о н ы						
В	1,0 н HNO ₃	< 0,4	0,4...1,2	1,2...1,7	1,7...4,5	> 4,5
Cu	По Гюльяхмедову	< 1,0	1,0...1,8	1,8...3,0	3,0...6,0	> 6,0
Co	«	< 0,05	0,05...0,15	0,15...0,50	0,5...1,2	> 1,2
Mn	«	< 6,6	6,6...12,0	12...30	30...90	> 90
Co	«	< 0,6	0,6...1,3	1,3...2,4	> 2,4	—
Zn	«	< 0,3	0,3...1,3	1,3...4,0	4,0...16,4	> 16,4

2.4.1.4. Биогенность и биологическая активность почвы

Эти показатели характеризуют совокупную деятельность разнообразных популяций микрофлоры, микро- и мезофауны, которые отличаются по своему таксономическому положению и экологическим функциям. Они играют ключевую роль в процессах почвообразования, круговорота веществ и самоочищении почвы.

Биологические свойства почвы оцениваются по биогенности и биологической активности. Число регистрируемых показателей биологических реакций весьма велико, а их чувствительность к природным и антропогенным факторам очень высока, что позволяет использовать их в качестве индикаторов техногенного загрязнения почвы.

Биогенность почвы определяется путем прямого подсчета численности микроорганизмов, микроводорослей, микро- и мезофауны. Различные физиологические и таксономические группы бактерий, грибов и актиномицетов учитываются путем посева почвенных образцов на селективные питательные среды. Для определения биомассы микроорганизмов в почве широко используют фумигационный, физиологический (субстрат-индуцированный) и регидратационный методы.

Оценка биологической активности проводится по интегральным показателям, среди которых наибольшее распространение получили методы определения «дыхания почвы» по интенсивности выделения CO_2 , нитрификационной способности, азотфиксирующей и целлюлозоразлагающей активности.

Для характеристики биохимических процессов трансформации органического вещества определяют активность ферментов в почве. Они включают, главным образом, оксидоредуктазы (дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, нитратредуктаза) и гидролазы (инвертаза, амилаза, целлюлаза, уреаза, протеаза, фосфатаза).

В экологическом плане почвенная биота является составной частью наземных экосистем и потому к ней применимы экологические подходы оценки состояния биологической составляющей, среди которых ключевое место занимают характеристика таксономического и функционального разнообразия микроорганизмов, микро- и мезофауны. Чем выше разнообразие, тем выше устойчивость системы. Важно иметь представление о качественном составе микроорганизмов, что позволяет оценить фитосанитарное состояние почвы и выявить причины такого феномена как почвоутомление. Однако использование этих показателей для мониторинга почвы ограничивается слабой разработкой экспресс-методов идентификации вида микроорганизмов.

К сожалению, до настоящего времени не существует устоявшейся общепринятой унифицированной системы оценки биологических свойств почвы, на основе которой можно было бы составить некую шкалу, подобно той, которая существует для оценки физических и химических свойств почвы.

Хотя необходимость создания такой системы признается большинством специалистов. Имеются попытки систематизировать накопившийся в этом плане материал, примером чему является ориентировочная шкала сравнительной оценки активности ферментов в почве, приведенная в таблице 2.46. Следует, однако, отметить, что в отличие от физических свойств, которые для соответствующего типа почвы имеют постоянную величину на значительном отрезке времени, биологические показатели являются крайне переменными и существенно изменяются в течение вегетационного периода в зависимости от поступления в почву энергетического материала, количества и качества питательных веществ, температуры, водно-воздушного режима, растительного покрова, удобрений, химических мелиорантов, пестицидов и т.д. Поэтому следует обратить особое внимание на время и методы отбора почвенных образцов, способов их хранения и подготовки к анализу. Для общей агроэкологической оценки предпочтительнее отбирать образцы почвы весной до начала агротехнических мероприятий, когда почва находится в состоянии так называемой «физической спелости», а биологическая система в положении гомеостаза, который характерен для данного типа почвы и соответствующей системы земледелия. Решающее значение в поддержании гомеостаза почвы имеют элементарные почвенно-биологические процессы (ЭБП), отражающие различные этапы превращения органического вещества и преобразования минерального скелета почвы. Исходя из представлений об элементарных почвенных биологических процессах и учитывая развитие современной методической базы, а также накопленного за многие годы экспериментального материала, в настоящее время для оценки биологических свойств почвы следует отдать предпочтение интегральным показателям, включающим биомассу органотрофных микроорганизмов, микроводорослей, микро и мезофауны, «дыхание» почвы», нитрификационную способность, целлюлозоразлагающую и азотфиксирующую активность. Учитывая множество модификаций определения этих показателей, необходима жесткая унификация методов их анализа.

2.46. Шкала для оценки степени обогащенности почв ферментами по Д.Г. Звягинцеву

Показатель	Очень бедная	Бедная	Средняя	Богатая	Очень богатая
Каталаза, O_2 , см ³ /г /1 мин	< 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	> 30
Дегидрогеназа, мг ТФФ на 10 г./24 час.	< 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	> 30
Инвертаза, мг глюкозы на 1 г./24 час.	< 5	5 -15	15 – 50	50 -150	>150
Уреаза, мг NH_3 на 10 г / 24 час.	< 3	3 -10	10 – 30	30 -100	>100
Фосфатаза, мг P_2O_5 , на 10 г/час	< 0,5	0,5-1,5	1,5- 5	5 - 15	> 15

К числу нетрадиционных методов анализа результатов почвенных микробиологических процессов следует отнести метод математических графов, который отражает схему потоков деструкции и синтеза веществ и связь вели-

чин этих потоков с численностью основных трофических и таксономических групп микроорганизмов: аммонификаторов, амилалитических, педотрофов, нитрификаторов, денитрификаторов, азотфиксаторов, целлюлозолитических микроорганизмов, микромицетов и актиномицетов. Используя этот метод, можно оценить направленность процессов разложения-синтеза органического вещества в почве.

2.4.1.5. Окультуренность почв.

Под окультуриванием почвы следует понимать преобразование их свойств в соответствии с агроэкологическими требованиями конкретной культуры или группы культур. Окультуривание связано с созданием качественно нового типа биологического круговорота веществ с более высокой емкостью и интенсивностью. В такой редакции данное понятие распространяется на почвы, свойства которых существенно отличаются от оптимальных в указанном смысле. Это прежде всего касается дерново-подзолистых почв, применительно к которым разработаны диагностические признаки окультуренности и классификация (88). Данные почвы разделяют на две группы: А – развитые на глинистых и суглинистых материнских породах, Б – развитые на песчаных и супесчаных породах. При определении окультуренности рассматриваются интенсивность использования и фактический уровень технологии возделывания культур; физические, физико-химические, физико-механические свойства; содержание и состав гумуса; мощность пахотного горизонта; обеспеченность элементами минерального питания; гранулометрический состав.

По степени окультуренности почвы группы А делятся на три категории: освоенные, окультуренные и сильноокультуренные (культурные).

К *освоенным* относятся почвы, вовлеченные в активный сельскохозяйственный оборот и используемые при низком уровне агротехники, малых дозах органических и минеральных удобрений, недостаточном известковании или без него. Пашня, как правило, имеет пестроокрашенную пятнистую поверхность, на которой часто образуется корка. Мощность пахотного слоя 15...20 см, содержание гумуса в нем 1,5...2,5 %, отношение $C_{ГК} : C_{ФК}$ 0,5...0,7. Глубже пахотного слоя содержание гумуса резко снижается. Емкость поглощения катионов около 10...12 мг-экв/100 г, реакция кислая (рН 4,3...4,7), реже слабокислая, гидролитическая кислотность более 5 мг-экв/100 г, насыщенность основаниями чаще всего лежит в пределах 30...60 %. Обеспеченность подвижным фосфором низкая (3...10 мг/100 г), обменным калием низкая и средняя (10...20 мг/100 г). Содержание легкогидролизуемого азота 2...4 мг/100 г, нитрификационная способность 2...3 мг N–NO₃ на 100 г.

Плотность сложения пахотного слоя 1,3...1,4 г/см³, общая пористость менее 45 %. Нижележащие горизонты сохраняют свойства целинных почв.

Окультуренные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях высокой агротехники (соблюдение севооборотов, регулярное внесение орга-

нических и минеральных удобрений, известкование, хотя и не всегда достаточное). Довольно отчетливо сохраняются признаки подзолистого типа почвообразования, но черты дернового процесса выражены сильнее, чем в целинных почвах.

На распаханной поверхности окультуренных почв в отличие от освоенных пятнистость выражена нерезко.

Мощность пахотного слоя 20...25 см, содержание гумуса в нем 2,0...3,5 %, редко выше. В составе гумуса значительно возрастает доля гуминовых кислот, отношение $C_{ГК} : C_{ФК}$ колеблется в основном в пределах 0,6...0,8. Емкость поглощения катионов 12...18 мг-экв /100 г, $pH_{сол}$ 5,0...5,5, гидролитическая кислотность 3...5 мг-экв /100 г, насыщенность основаниями 60...80 %. Обеспеченность подвижным фосфором 10...25 мг/100 г, обменным калием 10...22 мг/100 г. Содержание легкогидролизуемого азота 4...6 мг/100 г, нитрификационная способность 3...4 мг $N-NO_3$ на 100 г.

Плотность сложения пахотного слоя 1,2...1,3 г/см³, общая пористость 45...50 %.

Подзолистый горизонт A_2 (нередко отсутствует) заметно изменен по сравнению с целинным аналогом. Верхняя его часть, примыкающая к пахотному горизонту, прокрашена гумусом и испещрена мелкими пятнами органического вещества. Характерный для подзолистых почв минимум емкости поглощения в окультуренных почвах сохраняется, но заметно возрастает абсолютная величина как общей емкости поглощения, так и суммы обменных оснований.

Горизонт В при залегании под A_2 или A_2B сохраняет все свойства горизонта В целинных почв. Однако при залегании непосредственно под пахотным горизонтом наблюдается заметная его трансформация, что проявляется в потемнении окраски верхней части, обилии ходов червей.

Дерново-подзолистые *культурные* (высокоокультуренные) почвы формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания. При регулярном внесении больших количеств навоза и систематическом известковании почвы, как правило, утрачивают морфологический облик подзолистого типа. На поверхности распаханых высокоокультуренных почв пятнистость почти незаметна.

Эти почвы характеризуются достаточно мощным пахотным слоем (25...30 см) с содержанием гумуса 3...5 % с повышенной долей гуминовых кислот ($C_{ГК} : C_{ФК}$ 1,1...1,3). Емкость поглощения катионов 20...25 мг-экв /100 г, $pH_{сол}$ 5,5...6,5, гидролитическая кислотность 1,5...2,0 мг-экв /100 г, степень насыщенности основаниями более 80 %. Обеспеченность подвижным фосфором и калием соответственно 25...30 и 22...25 мг/100 г. Содержание легкогидролизуемого азота 6...10 мг/100 г, нитрификационная способность 4...5 мг $N-NO_3$ на 100 г.

Плотность сложения пахотного слоя 1,1...1,2 г/см³, общая пористость 50...55 %.

В профиле высококультуренных почв горизонт A_2 в большинстве случаев отсутствует, а если имеется, то малой мощности (3...5 см) и сильно трансформированный, испещренный мелкими гнездышками гумусированного вещества. Количество гумуса в нем 0,5...1,0 %. Заметно трансформирован также горизонт B_1 : он покрашен гумусом, испещрен ходами червей, мелкими гнездами гумусированного вещества. Горизонты B_2 и BC не изменены.

Распространение культурных дерново-подзолистых почв ограничивается преимущественно огородными, приусадебными участками.

Дерново-подзолистые почвы группы Б, развитые на песчаных и супесчаных породах, по степени окультуренности делятся на два подтипа: освоенные и окультуренные.

Освоенные почвы характеризуются маломощным пахотным слоем 15...20 см. Количество гумуса варьирует от 0,3 до 2 %. При этом резкие изменения в содержании гумуса, происходящие на незначительных расстояниях, характерны для песчаных почв, в супесчаных освоенных почвах оно колеблется в пределах 1,3...2 %. В групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты ($C_{ГК} : C_{ФК}$ составляет 0,4...0,5). Емкость поглощения катионов и сумма обменных оснований песчаных почв очень низкие – соответственно 3...7 и 0,8...4 мг-экв/100 г. В супесчаных почвах емкость поглощения возрастает до 4...10 мг-экв/100 г, а величина суммы обменных оснований приобретает большую стабильность и в среднем несколько возрастает, достигая 2...4 мг-экв/100 г.

Реакция кислая (рН 4...5), степень насыщенности основаниями 20...50 %. Содержание подвижных форм фосфора и калия 5...15 мг/100 г.

Физические свойства освоенных и целинных песчаных и супесчаных почв близки.

Окультуренные почвы этой группы характеризуются более мощным пахотным слоем (20...25 см и более). Количество гумуса по сравнению с его содержанием в освоенных почвах возрастает и выравнивается: в песчаных почвах оно варьирует в пределах 1,5...2 %, а в супесчаных увеличивается до 2,5...3 %. В групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты, но в значительно меньшей степени, чем в освоенных ($C_{ГК} : C_{ФК}$ 0,6...0,9). Емкость поглощения составляет 6...12 мг/100 г, рН_{сол} 5,5...6,0. Сумма обменных оснований не ниже 3...4 (в супесчаных почвах 7...10) мг-экв/100 г. Степень насыщенности основаниями 50...70 %. Обеспеченность подвижным фосфором возрастает до 20...30 мг/100 г, обменным калием – до 10...15 мг/100 г.

2.4.1.5. Оценка эрозионной опасности и эродированности почв

Эрозионная опасность и эродированность почв являются сложными характеристиками, складывающимися из нескольких показателей.

С увеличением степени эродированности ухудшаются агрономические свойства почв (таблица 2.51.). В результате эрозии снижается содержание гумуса, повышается плотность почвы, снижается пористость, влагоемкость, во-

допроницаемость, запасы продуктивной влаги, уменьшается биологическая активность. С ухудшением физических свойств еще более возрастает подверженность эрозии.

2.51. Влияние степени смытости почв на изменение их свойств относительно несмытых почв (108)

Свойства и показатели	Почвы		
	слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые
Мощность почвенных горизонтов: А / В	0,5 / 1,0	0,5...0,0 / 1,0	0,0 / 0,9...0,0
Содержание гумуса	0,95...0,75	0,75...0,50	0,50...0,30
Объемная масса (плотность)	1,03...1,06	1,05...1,12	1,10...1,23
Влажность завядания	0,98...0,96	0,90...0,85	0,75...0,65
Пористость (по Заславскому)	1,00...0,95	0,96...0,90	0,80...0,75
Полная влагоемкость (по Заславскому)	0,98...0,95	0,95...0,80	0,80...0,70
Водопроницаемость (по Черемисинову)	—	0,72...0,64	0,49...0,43
Средняя урожайность: зерна	1,0...0,8	0,8...0,6	0,6...0,3
зеленой массы	1,00...0,90	0,90...0,70	0,65...0,45
Гидрологические характеристики:			
впитывание воды	0,85...0,75	0,70...0,60	0,60...0,50
Мутность потока	1,1...1,2	1,2...1,4	1,4...1,6
Смываемость	1,3...1,5	1,8...2,2	2,5...3,0

Диагностика почв по степени эродированности (как смытости, так и дефлированности) осуществляется по уровню потери гумуса, отчуждения верхнего гумусового горизонта в соответствии с методиками, разработанными для различных типов и подтипов почв.

При оценке эродированности почв определяются:

- факторы, обуславливающие эрозию (климатические, геоморфологические, почвенные условия, растительный покров и использование);
- тип эрозии (водная, ветровая, смешанная);
- форма проявления (плоскостные или линейные формы);
- степень фактической эродированности (слабая, средняя, сильная);
- история использования участка;
- период наибольшей интенсивности эрозионных процессов в течение года;
- фактическая интенсивность эрозии (по величине твердого стока).

Оценка эрозионной опасности проводится на основе совокупного анализа метеорологических, геоморфологических, почвенных условий, растительного покрова и фактического использования почв (таблица 2.52.).

2.52. Показатели потенциальной опасности проявления эрозии (145)

Фактор	Показатели	
	водной эрозии	ветровой эрозии
Метеорологические условия	Большое среднегодовое количество осадков при неравномерном их распределении в течение года и месяцев, ливневые осадки и сильные дожди. Большая мощность снегового покрова. Быстрое снеготаяние. Высокие показатели стока талых вод. Большой слой осадков за один дождь в сутки. Ливни в период плохой защищенности почвы растительным покровом. Высокие показатели стока дождевых вод.	Континентальность климата. Активный ветровой режим: высокая повторяемость и скорость ветра от 3...5 м/с у поверхности почвы; турбулентность; вихри, пыльные бури. Небольшое количество среднегодовых осадков с резкими колебаниями по годам и сезонам; отсутствие или малое выпадение осадков в периоды, когда почва не защищена растительностью. Частые повторяемость бесснежных и малоснежных зим; промерзание и оттаивание почвы, пересушивание поверхности.
Рельеф	Глубокие местные базисы эрозии. Собирающие водосборы. Высокие расчлененность территории оврагами и промоинами, средневзвешенные крутизна и длина склонов, доля южных склонов. Выпуклые профили склонов. Линейные формы микро- и нанорельефа ориентированы вдоль склона.	Равнинность территории, отсутствие орграфических препятствий для воздушных потоков; наличие форм рельефа, ориентированных в направлении движения ветров (ветровые «коридоры»); большая доля ветроударных склонов и понижений мезорельефа, увеличивающих вихревые и турбулентные явления.
Почвенный покров	Почвы со слабой противозэрозионной устойчивостью: с низким содержанием крупных водопрочных агрегатов и микроагрегатов; низкой влагоемкостью и водопроницаемостью, высокой влажностью при промерзании. Высокий средневзвешенный показатель смывости почвенного покрова.	Высокое содержание в почве механических элементов размером 0,1...0,5 мм; легкий гранулометрический состав почв; сравнительно высокая карбонатность верхнего горизонта глинистых и суглинистых почв; пониженное содержание гумуса и уменьшенная мощность гумусового слоя; низкое содержание и малая прочность (связность) структурных элементов; песчаные и высококарбонатные рыхлые почвообразующие породы; наличие на территории или в непосредственной близости незакрепленных песков.
Растительность и использование	Высокая доля обрабатываемых земель на склонах. Разреженный и угнетенный растительный покров пастбищ, большая выбитость их скотом. Высокая доля пропашных культур и малая – многолетних трав в севооборотах, размещаемых на склонах. Низкое проективное покрытие почв культурами в эрозионноопасные периоды. Низкая биомасса культурных растений на склонах. Отсутствие противозэрозионных мелиораций.	Разреженный и угнетенный растительный покров естественных кормовых угодий, большая выбитость их скотом, отсутствие лесополос и лесных массивов; давность освоения; высокая доля обрабатываемых легких и карбонатных почв; высокая доля пропашных культур и низкая – многолетних трав в севооборотах; изреженные и поврежденные ветровой эрозией посевы. Отсутствие системы почвозащитных мероприятий.

При этом устанавливаются:

- факторы, обуславливающие эрозионноопасность;
- тип потенциальной эрозии (водная, ветровая, смешанная);
- возможная форма проявления (плоскостные или линейные формы);
- история использования участка;
- потенциальная среднегодовая и максимальная величина смываемого (выдуваемого) слоя.

2.4.1.7. Диагностика гидроморфизма почв и оценка степени заболоченности.

Определяющим фактором возникновения гидроморфных почв является переувлажнение. *Под переувлажнением почв следует понимать такое их состояние, которое наступает при влажности выше предельной полевой влагоемкости.* При этом возможно возникновение трех принципиально различных ситуаций.

Во-первых, переувлажнение может происходить в аэробных условиях. Например, если в почвах мало содержание органического вещества или они переувлажнены водами, обогащенными кислородом. В этих случаях возможны изменения физико-механических свойств почв, например, набухание или усадка, однако морфологические и химические свойства останутся стабильными. Почва или порода не несут признаков изменения морфологии. Они переувлажнены, но они не гидроморфны.

Во-вторых, переувлажнение пресными водами возможно в присутствии органического вещества способного к сбраживанию. Тогда оно сопровождается интенсивным анаэробнолизом, в результате которого изменяются не только физико-механические, но и химические свойства твердой фазы. В анаэробных условиях переходят в подвижное состояние железо, марганец, кальций, магний, алюминий, фосфор, другие элементы и соединения. Следствием этого является изменение морфологических, минералогических, физических и других свойств почв и пород. Таким образом, только в этом весьма распространенном случае переувлажнение почв сопровождается адекватными изменениями их морфологии. ***Такие почвы и являются собственно гидроморфными. Они не только переувлажнены (кратковременно, длительно или постоянно), но и обладают вполне очевидными признаками гидрологического воздействия на минеральный субстрат в анаэробных условиях.***

В-третьих, возникновение переувлажнения и формирование признаков почвенного гидроморфизма может происходить под влиянием близко залегающих к дневной поверхности ожелезненных грунтовых вод. Результатом этого является возникновение в горизонтах почвенного профиля гидрогенных железистых (гидроксидных) аккумуляций. Этот процесс гидрогенной аккумуляции оксидов осуществляется при наличии органического вещества, способного к сбраживанию.

Признаки почвенного гидроморфизма весьма разнообразны. К ним следует относить:

- холодную (синеватую, сизую, голубовато-сизую, белесовато-серую) окраску оглеения горизонтов почвенного профиля и кутан;
- черную окраску сульфидных горизонтов;
- конкреционные и неконкреционные новообразования железистого и марганцово-железистого составов;
- торфяные горизонты;
- аккумуляции грубого гумуса и перегноя

Выделяют три группы и шесть степеней гидроморфизма почв.

1. Автоморфные:

а) собственно автоморфные;

б) автоморфные оглеенные внизу или на контакте с породой.

2. Полугидроморфные (периодически испытывающие анаэробизис):

в) слабоглееватые;

г) глееватые;

д) глеевые (с отчетливо выраженным глеевым горизонтом).

3. Гидроморфные (постоянно переувлажненные):

е) болотные.

К автоморфным относят почвы, никогда не испытывающие переувлажнения, приводящего к состоянию анаэробизиса в гумусовом горизонте, к полугидроморфным – испытывающие анаэробизис периодически, к гидроморфным – постоянно переувлажненные.

Если капиллярная кайма постоянно находится в пределах почвенного профиля, то такие почвы в лесостепной, степной и пустынной зонах называются луговыми (черноземно-луговыми, солонцами луговыми и т.д.). Если капиллярная кайма периодически заходит в пределы почвенного профиля, то почвы относят к лугово-степным (лугово-черноземным, лугово-каштановым, солонцам лугово-степным и т. д.). Если этого не происходит никогда, почвы относят к автоморфным (солонцы степные и т. д.) при отсутствии дополнительного поверхностного увлажнения. С известной степенью вероятности принято считать, что первой категории соответствует глубина залегания грунтовых вод менее 3 м, второй – 3...6 м, третьей – глубже 6 м. Более точная диагностика осуществляется с учетом высоты капиллярного поднятия грунтовых вод, которая определяется многими факторами (гранулометрический и минералогический состав почвогрунтов, их структурно-текстурные особенности, состав водного раствора и др.). Больше всего мощность капиллярной каймы зависит от гранулометрического состава, поскольку в первую очередь он определяет размер и характер пор. Высота капиллярного поднятия в среднезернистых песках составляет 20...40 см, в мелкозернистых 40...100, в супесях она возрастает до 100...150, в суглинках – до 300...400 см.

Присутствие признаков переувлажнения далеко не всегда свидетельствует о негативном влиянии переувлажнения на продуктивность сельскохозяй-

зайственных культур. Существуют почвы, несущие четкие признаки гидроморфизма и, вместе с тем, обладающие вполне благоприятными условиями для роста и развития растений, для получения близких или более высоких урожаев по сравнению с автоморфными почвами. Поэтому из общей группы полугидроморфных почв необходимо выделять ***заболоченные почвы, то есть такие почвы, в которых застой влаги любого происхождения столь продолжителен, что вызывает угнетение или гибель сельскохозяйственных растений.*** В этом случае необходимы специальные меры по их использованию, подбор культур, регулирование водного режима с помощью мелиоративных, агромелиоративных и других мероприятий.

2.53. Индекс степени заболоченности (ИСЗ) минеральных почв Европейской территории Нечерноземной зоны и целесообразность их осушения при сельскохозяйственном использовании

Индекс степени заболоченности почв	Целесообразность осушения
0	Нецелесообразно при любом использовании
I	Только для садов*
2	Для садов и (или) озимых (в поймах -для садов и теплолюбивых пропашных)
3	Для садов, озимых зерновых, картофеля
4	Для садов, озимых зерновых, картофеля и пастбищ
5	Для садов, всех зерновых, картофеля, пастбищ
6	Для садов, всех зерновых, картофеля, овощных, льна, пастбищ, культурных сенокосов
7	Для садов, всех зерновых, картофеля, овощных, льна, пастбищ, культурных сенокосов
8	При любом использовании, кроме улучшенных сенокосов**
9	При любом использовании, кроме естественных сенокосов *

*Садовые семечковые деревья с глубокой корневой системой.

** Различают три вида сенокосов:

1.Сенокосы естественные. Видовой состав — преимущественно влаголюбивые злаковые травы. На водоразделах — лисохвост, тимopheевка, единично — щучка, клевер белый и другие устойчивые к переувлажнению компоненты в поймах — канареечник, бекмания, вейник.

2.Сенокосы улучшенные. Видовой состав — преимущественно влаголюбивые злаковые травы, подсеянные при поверхностном улучшении естественного сенокоса. В центре Нечерноземной зоны на водораздельных участках — преимущественно тимopheевка, в поймах тимopheевка, бекмания, канареечник.

3.Сенокосы культурные. Сенокосы, на которых можно возделывать посевы злаковых и бобовых трав. В центре Нечерноземной зоны — обычно культура травосмеси клевера и тимopheевки или чистые посевы клевера (клевер красный, клевер розовый), Бобовые на таких сенокосах не испытывают угнетения от переувлажнения.

Целесообразность применения мелиоративных мероприятий определяется эколого-экономическими условиями. Такую оценку можно осуществить с помощью индекса степени заболоченности по Ф.Р. Зайдельману (ИСЗ). Индекс степени заболоченности — показатель целесообразности осушения почв в годы расчетной влажности и возможности их сельскохозяйственного ис-

пользования без осушения (табл. 2.53.). Так, если почва имеет ИСЗ 1, то ее осушение целесообразно только для садовых семечковых деревьев. Если ИСЗ 4, то осушение необходимо для садов, озимых зерновых, картофеля и пастбищ. Но во влажные годы здесь возможно без осушения возделывание всех яровых зерновых, овощных культур, льна, сенокосное использование.

Важно хотя бы ориентировочно оценить экологический эффект от осушения. Для такого расчета предложена следующая несложная методика. По ИСЗ почв конкретной почвенной разновидности (табл. 2.54.) определяют конкретный поправочный коэффициент на урожайность. Затем, зная урожайность на незаболоченных почвах, можно, умножив ее абсолютную величину на поправочный коэффициент, установить урожайность, которую можно ожидать на неосушенных почвах, обладающих данным ИСЗ.

2.54. Поправочные коэффициенты на урожайность культур в зависимости от индекса степени заболоченности почв

Индекс степени заболоченности	Культуры		
	Зерновые	пропашные с картофелем	однолетние и многолетние травы
0	1.00	1,00	1,00
1	1,05	1,00	1.20
2	0.95	0,95	1.00
3	0.90	0.85	1,00
4	0,90	0,80	0,95
5	0.85	0,70	0,95
6	0.75	0,60	0,90
7	0,45	0.30	0,80
8	0.30	0.15	0,55
9	0,15	0.10	0,30

**Таблица подготовлена М. Е. Гинзбургом; в ней учтена урожайность культур в годы разной влажности (сухие, средние, влажные).

2.55. Индекс степени заболоченности дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почв, развитых на различных породах, для европейской территории Нечерноземной зоны, разработанные для влажного года с расчетной (10 %) обеспеченностью осадками (48)

Почвообразующие породы	Почвы				
	неоглеенные	глубокооглеенные	слабоглееватые	глееватые	глеевые
Мощные флювиогляциальные пески и супеси	0	0	—	3	7
Флювиогляциальные двучлены:					
Среднемощные	0	0	2	6	9
Маломощные	0	6	—	8	9
Покровные лессовидные отложения:					
легко- и среднесуглинистые	0	0	4	5	7
тяжелосуглинистые и глинистые	0	1	—	7	9
Тяжелые глины	2	—	6	8	9

2.4.2. Почвенные режимы

Водный режим. В зависимости от условий поступления влаги в почву, ее передвижения и расхода установлено 14 типов водного режима (166).

1. *Мерзлотный* тип водного режима свойствен почвам, формирующимся в условиях многолетней мерзлоты. Мерзлотный слой, являясь водоупором, обуславливает развитие надмерзлотной верховодки, поэтому влажность оттаявшей почвы в течение большей части вегетационного периода поддерживается в интервале от полной до наименьшей влагоемкости.
2. *Водонасыщающий (водозастойный)* режим характерен для болотных почв атмосферного увлажнения и некоторых почв грунтового увлажнения. Влажность почвы сохраняется в течение всего года в пределах полной влагоемкости, лишь в засушливые периоды опускаясь до НВ.
3. *Периодически водонасыщающий* режим характерен для болотных почв грунтового увлажнения. В соответствии с сезонными колебаниями УГВ влажность почвы варьирует от ПВ до НВ, а в отдельные годы возможно просыхание верхнего горизонта ниже НВ.
4. *Промывной* водный режим присущ почвам лесной зоны, где годовая сумма осадков превышает испаряемость. В годовом цикле влагооборота нисходящие токи преобладают над восходящими. Ежегодно весной и осенью почва подвергается сквозному промачиванию до грунтовых вод, что приводит к интенсивному выщелачиванию продуктов почвообразования.
5. *Периодически промывной* водный режим имеет место при близости годовых величин осадков и испаряемости (лесостепь). Для него характерно чередование ограниченного промачивания почвенно-грунтовой толщи (непромывные условия) в обычные и засушливые годы и сквозное промачивание – во влажные годы (один раз в 10...15 лет).
6. *Промывной сезонно-сухой* режим характеризуется наличием двух контрастных сезонов: дождливого с влажностью почвы от ПВ до НВ и засушливого с влажностью почвы от ВРК до ВЗ. Характерен для тропических влажных саванн.
7. *Непромывной* водный режим господствует в условиях степей, полупустынь и пустынь, где годовая норма осадков меньше испаряемости. Почвенная толща чаще всего промачивается в пределах 0,5...2,0 м. В верхней части почвенного профиля влажность колеблется в зависимости от выпадения осадков от ПВ до ВЗ, а в нижней она находится между ВРК и ВЗ в течение всего года.
8. *Аридный (сухой)* водный режим присущ почвам полупустынь и пустынь. На протяжении всего года влажность почвы близка к влажности завядания (или ниже). Спорадически верхние горизонты могут увлажняться.
9. *Выпотной* режим появляется в степной и особенно в полупустынной и пустынной зонах при близком залегании грунтовых вод. В таких условиях происходит интенсивное поднятие влаги по капиллярам от грунтовых вод

к верхним горизонтам почвы и ее испарение. При наличии в воде солей эти горизонты засоляются.

10. *Десуктивно-выпотной* режим отличается от предыдущего тем, что капиллярная кайма грунтовых вод не выходит на поверхность и не испаряется физически, а отсасывается корнями растений. Имеющиеся в воде соли выпотевают на некоторой глубине. Режим свойствен луговым почвам.
11. *Паводковый* водный режим характерен для почв, периодически затапливаемых речными, склоновыми, дождевыми или иными водами. В таких условиях периодическое паводковое затопление сменяется другим типом водного режима: промывным (прирусловая пойма), десуктивно-выпотным (центральная пойма), водозастойным (притеррасная пойма).
12. *Амфибиальный* режим формируется при постоянном или длительном затоплении почв водой (мелководья озер, речные плавни и т.д.). Почва постоянно переувлажнена, хотя поверхностные воды могут на время стекать.
13. *Ирригационный* водный режим создается при искусственном орошении. Включает большое разнообразие категорий в зависимости от типа и интенсивности орошения, глубины и сезонных колебаний грунтовых вод, наличия и характера искусственного дренажа.
14. *Осушительный* водный режим складывается на искусственно осушаемых заболоченных почвах. Его конкретный вид также определяется характером дренажа и регулирования.

Оценка влагообеспеченности проводится по параметрам: запасы продуктивной влаги в слое 0...100 см весной; запасы продуктивной влаги в слое 0...20 см перед посевом озимых (таблица 2.56).

2.56. Оценка запасов продуктивной влаги (17)

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Качественная оценка запасов воды
0...20	Более 40	Хорошие
	40...20	Удовлетворительные
	Менее 20	Неудовлетворительные
	Более 160	Очень хорошие
0...100	160...130	Хорошие
	130...90	Удовлетворительные
	90...60	Плохие
	Менее 60	Очень плохие

Температурный режим почв. При оценке его учитываются: фациальный подтип почвы; среднегодовая температура почвы; сумма температур выше 10° С на глубине 0,2 м; дата промерзания и оттаивания; длительность мерзлого состояния; глубина промерзания; даты перехода среднесуточных температур почвы на глубинах 10 и 20 см через +5; +10° С.

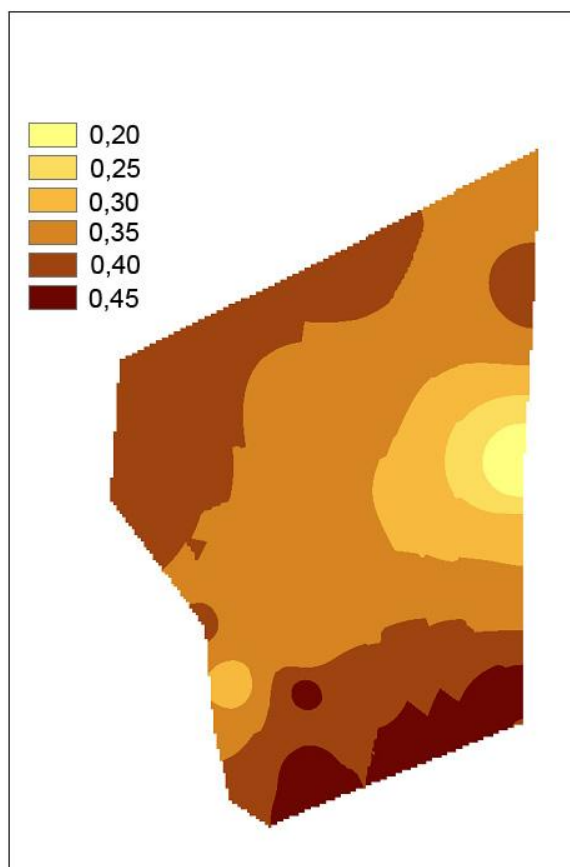


Рис. 2.12. Температуропроводность ($10^6 \text{ m}^2/\text{C}$) участка серой лесной почвы на глубине 0,2 м (в абсолютно сухом состоянии), Владимирский НИИ сельского хозяйства

В качестве базовой характеристики теплофизических свойств используется карта температуропроводности почвы при сухом состоянии (рис. 2.12). Для ее создания применяется педотрансферная функция, связывающая температуропроводность с гранулометрическим составом с учетом плотности почвы и содержания гумуса.

Затем определяется температуропроводность при определенных гидрологических константах (109). В суглинистых почвах максимум температуропроводности соответствует ВРК (влажности разрыва капиллярных связей). В более дисперсных, глинистых, где ВРК не выражена, максимум температуропроводности приближен к ВЗ (влажности завядания). В супесчаных почвах он наблюдается при НВ (наименьшей влагоемкости), а в песчаных при КВ (капиллярной влагоемкости).

Приуроченность экстремальных значений температуропроводности к различным, зависящим от гранулометрического состава гидроконстантам во многом определяется характером и степенью обводненности почвенных пор. В этом отношении почвы, имеющие разный гранулометрический состав, существенно отличаются. Так, в поровом пространстве суглинистых почв преобладают мелкие поры (менее 3 мкм), на долю которых приходится до 51%

от общей порозности, а на долю средних (3-60 мкм) и крупных (более 60 мкм) пор приходится соответственно 29 и 20 % объема общей порозности. При таком характере почвенной порозности хорошо выражена гидроконстанта, называемая ВРК, приближающаяся к 0,7 НВ.

При ВРК в суглинистых почвах обводнено около 44% общей порозности, а вся влага удерживается только в системе мелких пор, что обуславливает пленочно-связанное состояние почвенной влаги и ее активное участие в кондуктивной теплопередаче. В то же время 56% общей порозности, или 30% объема почвы, представленной системой крупных и средних пор, не обводнено при ВРК, что обеспечивает благоприятные условия для термодиффузионного передвижения молекул парообразной влаги. Таким образом, при влажности, равной ВРК, в суглинистых почвах создаются наилучшие условия для комбинированного переноса тепла. Очевидно, в суглинках такая степень увлажнения характеризует не только состояние разрыва капиллярных связей в почве, но и состояние восстановления диффузной связи в ее поровом пространстве.

Супесчаные почвы имеют свои особенности. Так, в них преобладают крупные и средние поры, составляющие до 70% общей порозности, что обуславливает дискретное состояние почвенной влаги во всем интервале естественного увлажнения почвы. При НВ в них обводнено всего 45% порового пространства, а крупные поры и большая часть средних заняты воздухом. Поэтому в супесчаных почвах влага приобретает свойства капиллярно-связанного водного тела, обеспечивающего высокую кондуктивную теплопередачу только при увлажнении, близком к НВ. При этом 55% пор, которые остаются необводненными при НВ и представляют газообразную фазу почвы, обеспечивают вполне благоприятные условия для термодиффузии молекул пара и переноса ими тепла. В результате при НВ обеспечивается наилучший комбинированный механизм теплопереноса, т. е. максимум температуропроводности.

В глинистых почвах поровое пространство в основном представлено системой мелких пор, в то время как крупные практически отсутствуют. Это обуславливает смещение максимума температуропроводности к ВЗ.

В песчаных почвах нет мелких и мало средних пор. Наибольшая доля принадлежит макропорам (более 600 мкм), поэтому комбинированный механизм теплопередачи максимально проявляется при высокой степени почвенного увлажнения – капиллярной влагоемкости.

При уточнении показателей температуропроводности в зависимости от увлажнения учитываются и другие особенности различных типов почв: гумусированность, морфологическое строение и т. д. (рис. 2.13).

Для перевода картосхем температуропроводности в показатели температурного состояния почвы основываются на учете средних показателей температуры воздуха за период 5 – 10 дней и температуры почвы на глубине 0,2 м в нескольких точках с известными уточненными показателями температу-

ропроводности при соответствующем данному времени гидротермическому состоянию почвы.

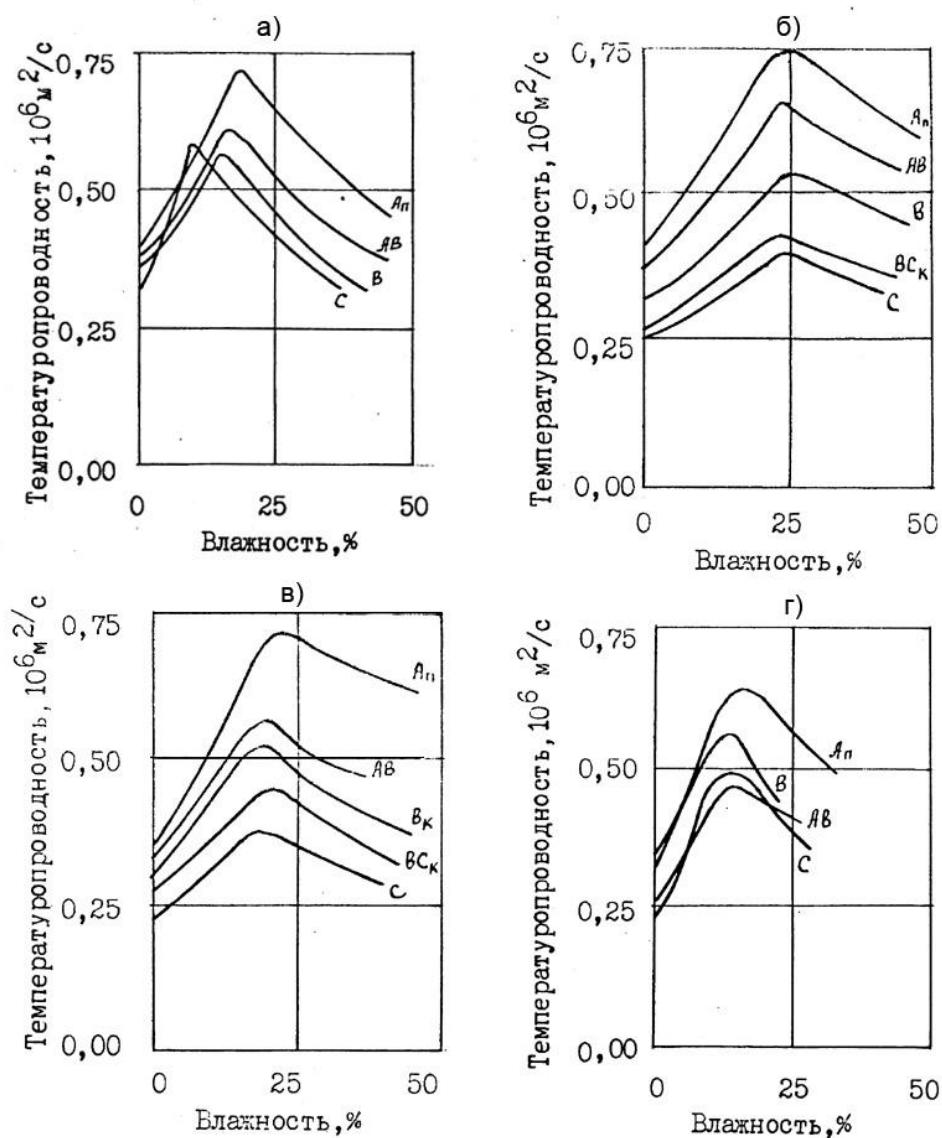


Рисунок. 2.13. Температуропроводность генетических горизонтов:
а) серой лесной почвы, б) выщелоченного чернозема,
в) обыкновенного чернозема, г) темнокаштановой почвы

Перечисленные показатели позволяют согласно ниже представленному уравнению рассчитать коэффициент перевода температуропроводности в коэффициент перевода в температурный режим (K) данного времени.

$$K = \frac{t_n^0 \cdot 0,2m}{t_s^0 \cdot a},$$

где t_n^0 – температура почвы на глубине 0,2 м; t_s^0 – средняя температура воздуха за период 5-10 дней; a – уточненная температуропроводность.

Расчет температурного режима почвы на отдельных участках поля производится согласно следующему уравнению:

$$t_n^0 = t_v^0 \cdot K \cdot a$$

Таким образом, с помощью ГИС-технологий по картам теплофизических характеристик абсолютно сухой почвы и влажности почв в любой момент времени, с хорошей степенью достоверности можно рассчитать параметры теплофизического ее состояния, исходя из реально складывающихся в почвенном профиле гидротермических режимов. Это позволит направленно регулировать с помощью агротехнических приемов процессы теплопередачи в почвенном профиле, например, усиление прогревания почвы весной, сокращение потерь тепла осенью, а на орошаемых почвах позволит применять оптимальные поливные нормы, обеспечивающие наилучший тепловой режим и т. д.

Окислительно-восстановительный режим оценивается на основе величины и динамики ОВП (гН_2). Усредненные показатели, представленные в таблице 3.2.4, различаются для разных почв и культур. Диапазон приемлемых для жизнедеятельности растений Eh находится в пределах 550...750 мВ для дерново-подзолистых почв, 400...600 для черноземов, 350...400 мВ для сероземов.

Диапазон восстановительных условий делят на интенсивно-восстановительные (ОВП менее 200 мВ), умеренно-восстановительные (200...300 мВ), слабо-восстановительные (300...400 мВ).

Показатель гН_2 (отрицательный логарифм давления молекулярного водорода) характеризует напряженность ОВ процессов в почвах с разным рН: при гН_2 более 27 наблюдается преобладание окислительных процессов, менее 27 – преобладание восстановительных процессов, гН_2 менее 20 характеризует интенсивные восстановительные процессы. В зависимости от соотношения окислительно-восстановительных процессов в годичном цикле различают типы ОВ режима почв: 1) абсолютно господствующий окислительный (в автоморфных почвах степей, полупустынь и пустынь); 2) преобладающий окислительный с господством окислительных условий с возможным проявлением восстановительных процессов в отдельные влажные годы или сезоны (в автоморфных почвах таежно-лесной зоны, влажных субтропиков, лиственный-лесной и буроземно-лесной зон); 3) контрастный окислительно-восстановительный режим (в полугидроморфных почвах различных зон); 4) устойчивый восстановительный (в болотных почвах, гидроморфных солончаках).

Система оценки ОВ условий должна включать определение типа ОВ режима; минимальные показатели Eh и гН_2 в корнеобитаемом слое почвы; глубина проявления восстановительных условий; время и длительность пе-

риода проявления восстановительных условий; характеристику процессов образования восстановленных форм элементов.

2.57. Агрономическая оценка окислительно-восстановительных условий (59)

Параметры	Оценка		
	благоприятная	неблагоприятная	очень неблагоприятная
Возможное падение Eh ранней весной, мВ	До 450	350...200	Ниже 200
Время развития весеннего анаэробнобиозиса ($Eh < 320$ мВ), дни	Не более 5	5...10	Более 10
Возможное падение Eh в течение 5 дней при орошении, мВ	До 450	350...200	Ниже 200

2.5. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных тяжелыми металлами

Особенности тяжелых металлов как загрязнителей. Особую группу загрязняющих веществ составляют тяжелые металлы. Их особенность определяется следующими специфическими свойствами, отличающими их от других загрязнителей.

1. Говоря о тяжелых металлах, как о загрязнителях, следует предполагать их концентрацию в пределах техногенных аномалий, вызванных природными или техногенными процессами в десятки и сотни раз превышающие нормальное среднестатистическое (фоновое) их содержание в незагрязненных ландшафтах.

Тяжелые металлы сложно соотносятся с микроэлементами, под которыми подразумеваются элементы, облигатные для растительных и животных организмов (по А.П. Виноградову), содержание которых изменяется величинами $n \times 10^{-2}$ - $n \times 10^{-5}$ %.

Они необходимы для нормального протекания метаболических процессов в растениях, содержатся в клеточном веществе всех живых организмов. Их недостаток приводит к резкому ухудшению процессов обмена веществ, гибели растений и животных.

2. Тяжелые металлы способны накапливаться в растительности и животных организмах (в том числе в организме человека) до высокотоксичных уровней, вызывая снижение их жизненных функций, а также приводя их к гибели.

3. Тяжелые металлы активно включаются в биологический круговорот, что приводит к быстрому (активному) загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих природных сред (питьевой воды, воздуха и пищевых продуктов), то есть: обладают высокой технофильностью — показателем интенсивности участия в загрязнении среды обитания человека. К примеру, рассеивание в среде обитания ртути и свинца составляет 80–90% от их годового производства (182).

4. В отличие от органических загрязняющих веществ, тяжелые металлы не подвержены деструкции. В ходе миграции они лишь меняют уровень содержания или формы нахождения.

Накапливаясь в почвах, крайне медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Первый период полуудаления (т.е. удаления половины от начальной концентрации), для почв в условиях лизиметра сильно варьирует: для цинка — от 70 до 510 лет, для кадмия — от 13 до 1100 лет, для меди — от 310 до 1500 лет и для свинца от 740 до 5900 лет (65).

Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами. Среди основных сельскохозяйственных источников поступления тяжелых металлов в почву выделяется: орошение сточными водами, применение различных видов органических и минеральных удобрений (табл. 2.58)

Нормирование содержания загрязнителей в почве. Важнейшим условием организации земледелия на загрязненных территориях является детальная, научно обоснованная информация об уровнях загрязнения почв сельскохозяйственных угодий. Необходимым условием установления уровня загрязнения почвенного покрова является система нормирования содержания загрязнителя в почве.

Основы нормирования химических веществ в том числе тяжелых металлов в почве базируются на принципе опережения токсических исследований по сравнению с внедрением в народное хозяйство токсичных веществ, принципе приоритетности медицинских и биологических показателей в установлении нормативов по сравнению с другими требованиями (например, экономическими) и концепции пороговости воздействия.

2.58. Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами, мг/кг сухой массы (65)

Элемент	Орошение сточными водами	Фосфатные удобрения	Известняки	Азотные удобрения	Органические удобрения	Пестициды, %
Cd	2–1500	0,1–170	0,04–0,1	0,05–8,5	0,3–0,8	-
Co	2–260	1–12	0,4–3,0	5,4–12	0,3–24	-
Cr	20–40600	66–245	10–15	3,2–19	5,2–55	-
Cu	50–3300	1–300	2–125	1–15	2–60	12–50
Hg	0,1–55	0,01–1,2	0,05	0,3–2,9	0,09–0,2	0,8–42
Mn	60–3900	40–2000	40–1200	-	30–550	-
Ni	16–5300	7–38	10–20	7–34	7,8–30	-
Pb	50–3000	7–225	20–1250	2–27	6,6–15	60
Sr	40–360	25–500	610	-	80	-
Zn	90–49000	50–1450	10–450	1–42	15–250	1,3–25

Порогом воздействия следует называть величину концентрации химического вещества, которая вызывает переход биологического объекта из одного качественного состояния в другое. Концепция пороговости вызы-

вает ряд возражений и продолжает обсуждаться. Она связана с другой не менее дискуссионной проблемой — нормы и патологии. Однако бесспорным остается тот факт, что повреждения в природной среде развиваются тогда, когда негативные процессы преобладают над позитивными, адаптационные возможности живого организма исчерпаны, а скорость восстановления измененных в результате воздействия яда функций и структур ниже, чем скорость деструктивных процессов.

Ключевым моментом нормирования (токсикометрии химических веществ) является нахождение максимальных недействующих доз, — количества загрязнителя, не вызывающего негативных последствий. В качестве такого показателя для почвенной среды выступает предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в почве. Согласно ГОСТу 17.4.1.03–84 ПДК вредного вещества в почве есть максимальная массовая доля загрязняющего почву вещества, не вызывающая прямого или косвенного влияния, включая отдаленные последствия влияния на окружающую среду и здоровье человека.

Важно отметить, что влияние загрязняющего вещества в природной среде, может проявляться в результате прямого воздействия (в случае его наличия в воде или воздухе) или опосредованно (при наличии его в почве). Следовательно, если ПДК вредного вещества в воде и воздухе определяется его пороговым содержанием в той же среде, то для почвы — через сопредельные сферы. Это определяет специфику установления ПДК загрязнителя в почве. Методика установления предельных допустимых концентраций химических веществ в почве, базирующая на основных принципах и приемах токсикометрии, заключается в установлении таких концентраций в контактирующих с почвой средах (растениях, воде, воздухе), которые не представляют опасности для здоровья людей и отрицательно не влияют на общесанитарное состояние почвы. С этой целью используются следующие показатели, которые также можно рассматривать как разновидности ПДК:

- *общесанитарный*, характеризующий влияние загрязнителя на самоочищающую способность почвы и почвенный микро-биоценоз в количествах, не изменяющих указанные процессы;

- *транслокационный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы через корневую систему растений и накапливаться в зеленой массе и плодах в количествах, не превышающих ПДК для данного вещества в пищевых продуктах;

- *миграционно-воздушный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы в атмосферный воздух в количествах, при миграции которого не происходит превышение ПДК для атмосферного воздуха;

- *миграционно-водный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы в поверхностные водоисточники в количествах, при миграции которого не происходит превышения величины ПДК для поверхностных водоисточников.

Далее, проводя анализ по каждому показателю вредности, из всех значений выбирают наименьшее, которое берется за базовое, определяющее единое ПДК анализируемого вещества-загрязнителя в почве (таблица 2.59)

Принцип выбора наименьшей концентрации по показателю вредности влияния для разных сопредельных сред, определяющий норму ПДК в почве, является ключевым для установления ПДК загрязнителя в почве.

2.59. ПДК тяжелых металлов и мышьяка в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (22,194)

Элемент	ПДК, мг/кг почвы с уче- том кларка	Показатель вредности		
		Транслокационный (накопление в растени- ях)	Миграци- онный	Общесанитарный
Подвижные формы *				
Медь	3,0	3,5	72,0	3,0
Никель	4,0	6,0	14,0	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	37,0
Кобальт	5,0	25,0	1000,0	5,0
Хром	6,0	-	-	6,0
Валовое содержание				
Сурьма	4,5	4,5	4,5	50,0
Марга- нец	1500,0	3500,0	1500,0	1500,0
Ванадий	150,0	170,0	350,0	150,0
Свинец	30,0	35,0	260,0	30,0
Мышьяк	2,0	2,0	15,0	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,0	5,0

* Подвижные формы извлекаются из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (медь, цинк, хром, кобальт), с pH 4,6 (никель).

Наряду с ПДК и ВДК в практике применяются ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) загрязнителей в почвах с различными физико-химическими свойствами (таблица 2.60).

В ряде случаев в качестве допустимой концентрации используют фоновое содержание загрязнителя в почве.

Критический анализ существующей в настоящее время системы допустимых концентраций тяжелых металлов в почве свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования методики их определения. Основными направлениями совершенствования являются: разработка этих показателей для крупных классификационных групп почв со сходной устойчивостью к загрязнению для различных геохимических ассоциаций почв (слабокислые, кислые, нейтральные, карбонатные), вовлечение в систему нормирования большего числа токсичных загрязнителей, а также «ужесточение» самих нормативных показателей.

2.60. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание, мг/кг) (150)

№	Наименование вещества (элемента)	Группа почв	Величина ОДК с учетом фона	Агрегатное состояние вещества в почвах	Классы опасности	Особенности действия на организм
1	Никель	а) песчаные и супесчаные	20	Твердое: в виде солей, в сорбированном виде, в составе минералов	2	Для теплокровных и человека мало токсичен. Ингибитор оксидаз. Обладает мутагенным действием.
		б) кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	40			
		в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	80			
2	Медь	а) песчаные и супесчаные	33	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов	2	Повышает клеточную проницаемость, ингибирует глутатионредуктазу, нарушает метаболизм, взаимодействуя с —SH, NH ₂ , COOH — группами
		б) кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	66			
		в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	132			
3	Цинк	а) песчаные и супесчаные	55	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов	1	Недостаток или избыток вызывает отклонения в развитии. Отравления при нарушении технологии внесения цинкосодержащий пестицидов
		б) кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	110			
		в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	220			
4	Мышьяк	а) песчаные и супесчаные	2	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов	1	Ядовитое вещество, ингибирующее различные ферменты, отрицательное действие на метаболизм. Возможно канцерогенное действие
		б) кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	5			
		в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	10			
5	Кадмий	а) песчаные и супесчаные	0,5	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов	1	Сильно ядовитое вещество, блокирует сульфгидридные группы ферментов, нарушает обмен железа и кальция, нарушает синтез ДНК
		б) кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	1,0			
		в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	2,0			
6	Свинец	а) песчаные и супесчаные	32	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, в сорбированном виде, в составе минералов	1	Разностороннее негативное действие. Блокирует —SH ₂ группы белков, ингибирует ферменты, вызывает отравления, повреждения нервной системы
		б) кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	65			
		в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	130			

Оценка загрязнения почвенной среды тяжелыми металлами. Степень загрязнения почв тяжелыми металлами определяется:

- соотношением фактического содержания загрязнителя в почве и величиной допустимой концентрации (ПДК, ОДК, ВДК) или фонового содержания;
- степенью опасности химического вещества
- наличием полиэлементных аномалий в почвенной среде.

Первая группа оценки служит основой для последующей стадии оценки – систематизации (определения) уровней загрязнения почв тяжелыми металлами.

Вторая позволяет систематизировать тяжелые металлы по классам опасности (таблица 2.61).

2.61. Показатели для определения класса опасности химического вещества и вещества соответствующих классов опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83)

Показатели	Нормы для классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, ЛД ₅₀ *	менее 200	200 - 1000	более 1000
Персистентность в почве, мес.	более 12	6 - 12	менее 6
ПДК в почве, мг/кг	менее 0,2	0,2 - 0,5	более 0,5
Миграционная способность	Есть	Слабая	Нет
Персистентность в растениях**, мес.	более 3	3 - 1	менее 1
Влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции	Сильное	Умеренное	Нет
Вещества	As, Cd, Hg, Se, Pb, F, бензопирен	B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr	Ba, V, W, Mn, Sr, ацетофенол

* ЛД₅₀ – летальная доза вещества, вызывающая при введении в организм гибель 50 % животных.

** Персистентность – продолжительность сохранения биологической активности, обусловленная устойчивостью к разложению.

Третья – характеризует наличие различных загрязнителей в почве и среднее превышение их концентрации относительно фона.

Для этой цели используется «суммарный показатель химического загрязнения почвы» Z_c .

$$Z_c = K_{c_i} + \dots + K_{c_n} - (n - 1),$$

где: K_{c_i} — коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента, равный частному от деления массовой доли i -го вещества в загрязненной почве и его фонового содержания.

n — число химических элементов с $K_{c_i} > 1$;

К сожалению, указанный показатель, используемый в ряде исследований, не дает объективную оценку наличия и концентрации загрязнителей, так как не учитывает токсичность химических элементов (класс опасности), их возможный антагонизм и синергизм в почвенной и растительной среде. В ре-

зультате искажается реальная картина состояния почвенного покрова и оценка агрохимического воздействия на почвы, при наличии в них различного количества загрязняющих веществ. К примеру, одинаковый показатель суммарного загрязнения почвы (Z_c) равный, допустим 12, может получиться при превышении ПДК Cd в 2 раза, Cu в 8 и Ni в 4 раз, а также при превышении ПДК Cd в 2,5 раза, Cu в 5,5 и Ni в 6 раз. В первом случае сельскохозяйственные культуры – погибнут из-за губительной концентрации Cu; во втором случае — они будут находиться в сложных, но жизнеобеспечивающих условиях. Кроме того, одно и то же числовое значение Z_c может характеризовать различный средний уровень концентрации загрязнителей в почве в зависимости от того какое количество элементов анализируется, а величина показателя Z_c не несет никакого практического содержания.

Наличие полиэлементных аномалий в почвенной среде следует оценивать простым определением количества различных видов загрязнителей в почве, а их суммарное влияние устанавливать с учетом наличия синергизма или антогонизма между макро- и микроэлементами. Такие взаимодействия между химическими элементами можно связать со способностью одного элемента ингибировать (препятствовать) или стимулировать поглощение других элементов растениями. Они могут происходить внутри клеток, на поверхности мембран, а также в среде, окружающей корни растений (почве). Процессы взаимодействия контролируются многими факторами, но их механизмы еще плохо изучены.

Установлено, что главными антагонистическими элементами (макрокомпонентами) в отношении поглощения и метаболизма многих микроэлементов (тяжелых металлов) являются Ca, P, Mg и K (табл. 2.62).

В ряде случаев оценку полиэлементных аномалий в почвенной среде можно осуществлять на основе учета влияния одного (ведущего) загрязняющего вещества, концентрация которого максимально превышает предельно допустимую.

2.62. Взаимодействие между макро– и микроэлементами в растениях (65)

Макро-элемент	Антагонизм с микроэлементами	Синергизм
Ca	Al, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, F, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn	Cu, Mn, Zn
Mg	Al, Ba, Be, Cr, F, Mn, Zn, Ni, Co, Cu, Fe	Al, Zn
P	Al, As, B, Be, Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Si, Sr, Zn	Al, B, Cu, Fe, F, Mo, Mn, Zn
K	Al, B, Hg, Cd, Cr, F, Mo, Mn, Rb	—
S	As, Ba, Fe, Mo, Pb, Se	F, Fe
N	B, F, Cu	B, Cu, Fe, Mo
Cl	Br, I	

Систематизация уровней загрязнения почв тяжелыми металлами.

Систематизация уровней загрязнения почвенного покрова (для адаптивно-ландшафтного земледелия) осуществляется с целью последующего выделе-

ния территорий характеризующихся относительно одинаковыми условиями ведения земледелия в пределах принятых пороговых изменений качественно-го состояния агроландшафта.

Порядок проведения работ по определению и систематизации уровней загрязнения сельскохозяйственных угодий регламентируется следующими документами: Методическими указаниями по обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов (1995); Методическими указаниями по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий (1994); Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель (1995).

В соответствии с «Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель (1995), а также Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (1993) для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами выделяют 5 уровней (таблица 2.63).

2.63. Показатели уровня загрязнения земель тяжелыми металлами

Тяжелый металл	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
	1 уровень допустимый	2 уровень низкий	3 уровень средний	4 уровень высокий	5 уровень очень высокий
Кадмий	<ПДК	от ПДК до 3	от 3 до 5	от 5 до 20	>20
Свинец	<ПДК	от ПДК до 125	от 125 до 250	от 250 до 600	>600
Ртуть	<ПДК	от ПДК до 3	от 3 до 5	от 5 до 10	>10
Цинк	<ПДК	от ПДК до 500	от 500 до 1500	от 1500 до 3000	>3000
Медь	<ПДК	от ПДК до 200	от 200 до 300	от 300 до 500	>500
Кобальт	<ПДК	от ПДК до 50	от 50 до 150	от 150 до 300	>300
Никель	<ПДК	от ПДК до 150	от 150 до 300	от 300 до 500	>500
Молибден	<ПДК	от ПДК до 40	от 40 до 100	от 100 до 200	>200
Олово	<ПДК	от ПДК до 20	от 20 до 50	от 50 до 300	>300
Хром	<ПДК	от ПДК до 250	от 250 до 500	от 250 до 800	>800
Ванадий	<ПДК	от ПДК до 225	от 225 до 300	от 225 до 350	>350

Указанные в таблице 2.63 данные являются обобщенными для всех типов почв без учета их физико-химических свойств, а их систематизация недостаточно согласована с концепцией пороговости накопления загрязнителей в сельскохозяйственных культурах, определяющих последующее хозяйственное использование продукции растениеводства, что является существенным недостатком данной систематизации и предполагает ее использование в основном для оценки уровня относительной опасности загрязнения почвенного покрова.

Для целей землеустройства и адаптивного земледелия систематизация уровней загрязнения почвенного покрова должна быть увязана с накоплением загрязнителей в сельскохозяйственных культурах и возможностью последующего использования получаемой продукции растениеводства. Такая

систематизация должна содержать как минимум 5 основных уровней загрязнения (таблица 2.64).

2.64. Уровни загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами с учетом накопления их в сельскохозяйственных культурах и хозяйственного использования продукции растениеводства (21)

Используемые характеристики	1 уровень – допустимый	2 уровень - низкий	3 уровень - средний	4 уровень - высокий	5 уровень - очень высокий
Систематизирующие факторы	Накопление ТМ в растениях ниже допустимого уровня для пищевой растительной продукции, используемой в сыром виде и для производства детского питания	Накопление ТМ в растениях выше допустимого уровня для пищевой растительной продукции, используемой в сыром виде и для производства детского питания	Накопление ТМ в сельскохозяйственных растениях выше ПДК для продовольственного сырья и пищевой продукции	Накопление ТМ в растительной продукции, предназначенной на корм скоту – сверх установленных нормативов	Значительное сокращение урожайности высоко и среднечувствительных к ТМ культур
Показатели, контролируемые отнесение к определенному уровню загрязнения	Допустимое остаточное кол-во ТМ в пищевых продуктах растительного происхождения (табл.3.3.11 - 3.3.12)		ПДК ТМ в продовольственном сырье и пищевых продуктах (табл.3.3.10)	МДУ содержания ТМ в кормах растительного происхождения (табл.3.3.13)	Появление признаков гибели высокочувствительных к ТМ культур
Содержание ТМ в почвах (в долях ПДК, ОДК) с учетом их физико-химических свойств (табл.3.3.15.)					
Кадмий	>1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	>5
Медь	>1	1 - 1,5	1,5 - 2,3	2,3 - 3,8	>3,8
Никель	>1	1 - 2,5	2,5 - 3,8	3,8 - 7,5	>7,5
Свинец	>1	1 - 1,6	1,6 - 2,3	2,3 - 7,8	>7,8
Цинк	>1	1 - 1,4	1,4 - 1,8	1,8 - 4,5	>4,5

При наличии в хозяйстве значительного количества площадей, отнесенных к последнему, пятому (очень высокому) уровню загрязнения систематизацию уровней следует увеличить (таблица 2.65).

Для отнесения территории (почвенного покрова) к определенному уровню загрязнения, наряду с показателями содержания загрязнителей в почве (таблицы 2.64, 2.65, 2.71), следует применять нормативные данные, регламентирующие использование получаемой продукции на загрязненных землях (таблицы 2.66-2.69), которые играют роль контрольных, при установлении уровня загрязнения почвы.

**2.65. Систематизация крайнего (5 уровня) загрязнения почв
тяжелыми металлами (21)**

Используемые характеристики	5 уровень – очень высокий		
	Сублетальный подуровень	Критический подуровень	Губительный подуровень
Систематизирующие факторы	Значительное сокращение урожайности высоко и среднечувствительных к ТМ культур, начало гибели высокочувствительных культур	Значительное сокращение урожайности устойчивых к ТМ культур, начало гибели среднечувствительных культур	Гибель устойчивых к загрязнению ТМ сельскохозяйственных культур
Содержание ТМ в почвах (в долях ПДК, ОДК) с учетом их физико-химических свойств (табл.3.3.15.)			
Кадмий	5 - 7	7 - 10	>10
Медь	3,8 - 5,3	5,3 - 7,6	>7,6
Никель	7,5 - 10	10 - 12,5	>12,5
Свинец	7,8 - 11	11 - 15,6	>15,6
Цинк	4,5 - 6,4	6,4 - 9,1	>9,1

2.66. Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов в основном продовольственном сырье и пищевых продуктах растительного происхождения (мг/кг) (Сан. ПиН № 42-123-4089-86 от 31.03.86г.)

Химический элемент	Зерно	Овощи и фрукты свежие	Ягоды свежие	Грибы свежие
Ртуть	0,3	0,02	0,02	0,05
Кадмий	0,03	0,03	0,03	-
Свинец	0,3	0,4 - 0,5	-	0,5
Медь	10,0	5,0	5,0	-
Цинк	50,0	10,0	10,0	-

2.67. Допустимое остаточное количество тяжелого металла и мышьяка в пищевых продуктах (Постоянная комиссия СЭВ по сотрудничеству в области здравоохранения, 1983)

Химический элемент	Рыбoproductы	Мясо-продукты	Молочные продукты	Хлебные продукты	Овощи	Фрукты
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,001
Кадмий	0,1	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03
Свинец	1,0	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4
Мышьяк	1,0	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2
Медь	10,0	5,0	0,5	5,0	10,0	10,0
Цинк	40,0	40,0	5,0	25,0	10,0	10,0
Железо	30,0	50,0	3,0	50,0	50,0	50,0
Олово	200,0	200,0	100,0	-	200,0	100,0
Сурьма	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3
Никель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5
Селен	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1

Для каждого из выделенных уровней загрязнения почв устанавливается ожидаемое снижение урожайности сельскохозяйственных культур с учетом

их чувствительности к тяжелым металлам (таблица 2.70).

2.68. Допустимое (остаточное) количество тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах (Германия), мг/кг (271)

Пищевой продукт	Свинец	Кадмий	Ртуть
Листовые овощи	1,2	0,1	-
Стеблевые овощи	1,2	0,1	-
Плодовые овощи	0,2	0,1	-
Корнеплоды	0,5	0,05	-
Фрукты семечковые	0,5	0,05	-
Фрукты косточковые	0,5	0,05	-
Ягоды	0,5	0,05	-
Зерновые культуры	0,5	0,1	0,03
Картофель	0,2	0,1	0,02

2.69. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в основных видах кормов растительного происхождения для сельскохозяйственных животных (мг/кг корма) (25.)

Хим. элемент	Зерно и зернофураж	Грубые и сочные корма	Корне-клубнеплоды
Ртуть	0,1	0,05	0,05
Кадмий	0,3	0,3	0,3
Свинец	5,0	5,0	5,0
Мышьяк	0,5	0,5	0,5
Медь	30,0	30,0	30,0
Цинк	50,0	50,0	100,0
Железо	100,0	100,0	100,0
Сурьма	0,5	0,5	0,5
Никель	1,0	3,0	3,0
Селен	0,5	1,0	1,0
Хром	0,5	0,5	0,5
Фтор	10,0	20,0	20,0
Йод	2,0	2,0	5,0
Молибден	2,0	2,0	2,0
Кобальт	1,0	1,0	2,0

2.70. Ожидаемое снижение урожайности сельскохозяйственных культур, % (21)

Чувствительность культур к ТМ	Уровни загрязнения почв тяжелыми металлами						
	1.- допустимый	2 - низкий	3.- средний	4 - высокий	5 – очень высокий		
					Сублетальный	Критический	Губительный
Устойчивые	-	-	-	< 2	2 - 40	40 - 70	70 - 100
Слабочувствительные	-	-	< 2	2 - 5	5 - 50	50 - 80	80 - 100
Среднечувствительные	-	< 2	2 - 5	5 - 10	10 - 70	70 - 90	90 - 100
Высокочувствительные	-	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 90	90 - 100	100

Для установления значений допустимых концентраций тяжелых металлов в почве по каждому загрязнителю в представленной систематизации уровней загрязнения почв тяжелыми металлами (таблицы 2.64 и 2.65) следует использовать данные таблицы 2.71, отражающие эти значения с учетом физико-химических свойств почв.

Данные таблицы 2.71 позволяют также установить валовое содержание загрязнителей в почве, соответствующее как выделенным уровням загрязнения, так и уровням содержания тяжелых металлов в почве.

Систематизация уровней содержания тяжелых металлов в почве (уровней, не превышающих значений ПДК, ОДК или ВДК) не имеет в настоящее время практического применения из-за отсутствия достаточной научной информации о поведении растительных организмов в таких условиях.

**2.71. Ориентировочные пороговые показатели классификации
наличия тяжелых металлов в почвах (валовое содержание, мг/кг) (21)**

Характеристика уровней содержания и загрязнения почв ТМ по А.И.Обухову и Н.Г.Зырину (1983, 1992)		Песчаные и супесчаные	Кислые и слабокислые суглинистые и глинистые) рН КСl < 5,5	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) рН КСl > 5,5
1		2	3	4
Ка д м и й				
Уровень содержания ТМ в почве	очень низкий	< 0,05	< 0,05**	< 0,10
	низкий	0,02 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20
	средний	0,05 – 0,12	0,10 – 0,25	0,20 – 0,50
	повышенный	0,12 – 0,25	0,25 – 0,50	0,05 – 1,00
	высокий	0,25 – 0,50	0,50 – 1,00	1,00 – 2,00
ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020–94		0,5*	1,0	2,0
Уровень загрязнения почв	низкий	0,5 – 1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 4,0
	средний	1,0 – 2,5	2,0 – 5,0	4,0 – 10,0
	высокий	2,5 – 5,0	5,0 – 10,0	10,0 – 20,0
	очень высокий	> 5,0	> 10,0	> 20,0
М е дь				
Уровень содержания ТМ в почве	очень низкий	< 2	< 5	< 10
	низкий	2 – 7	5 – 15	10 – 30
	средний	7 – 25	15 – 50	30 – 100
	повышенный	25 – 33	50 – 66	100 – 132
ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020–94		33	66	132
Уровень содержания ТМ в почве – высокий		33 – 50	66 – 100	132 – 200
Уровень загрязнения почв	низкий	50 – 75	100 – 150	200 – 300
	средний	75 – 125	150 – 250	300 – 500
	высокий	125 – 250	250 – 500	500 – 1000
	очень высокий	> 250	> 500	> 1000

Н и к е л ь				
Уровень содержания ТМ в почве	очень низкий низкий средний	< 5 5 – 10 10 – 20	< 10 10 – 20 20 – 40	< 20 20-40 40-80
ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020–94		20	40	80
Уровень содержания ТМ в почве	повышенный высокий	20 – 35 35 – 50	40 – 70 70 – 100	80 – 40 140 – 200
Уровень загрязнения почв	низкий средний высокий очень высокий	50 – 75 75 – 150 150 – 250 > 250	100 – 150 150 – 300 300 – 500 > 500	200 – 300 300 – 600 600 – 1000 > 1000
С в и н ц				
Уровень содержания ТМ в почве	очень низкий низкий средний повышенный	< 2 2 – 5 5 – 18 18 – 32	< 5 5 – 10 10 – 35 35 – 65	< 10 10 – 20 20 – 70 70 – 130
ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020–94		32	65	130
Уровень содержания ТМ в почве – высокий		32 – 50	65 – 100	130 – 200
Уровень загрязнения почв	низкий средний высокий очень высокий	50 – 75 75 – 250 250 – 500 > 500	100 – 150 150 – 500 500 – 1000 >1000	200 – 300 300 – 1000 1000 – 2000 > 2000
Ц и н к				
Уровень содержания ТМ в почве	очень низкий низкий средний повышенный	< 8 8 – 15 15 – 35 35 – 55	< 15 15 – 30 30 – 70 70 – 110	< 30 30 – 60 60 – 140 140 – 220
ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020–94		55	110	220
Уровень содержания ТМ в почве – высокий		55 – 75	110 – 150	220 – 300
Уровень загрязнения почв	низкий средний высокий очень высокий	75 – 100 100 – 250 250 – 500 > 500	150 – 200 200 – 500 500 – 1000 > 1000	300 – 400 400 – 1000 1000 – 2000 > 2000

Примечание: * жирным шрифтом выделены ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020-94;

** жирным курсивом выделены уровни содержания ТМ в почве и их характеристики по данным Зырина Н.Г. и Обухова А.И.;

–остальные показатели определены автором

2.6. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных радионуклидами

2.6.1. Методология и содержание оценки.

Радиационная обстановка на территории России складывается за счет природного радиационного фона, глобальных выпадений в период испытаний ядерного оружия, радиоактивных выпадений после крупных и мелкомасштабных радиационных аварий на предприятиях ядерного топливного цикла, нормализованных радиоактивных выбросов и сбросов радиационно-опасных объектов.

Негативными последствиями радиоактивного загрязнения являются: прямое воздействие ионизирующего излучения на компоненты почвенно-растительного покрова, животных и человека; ограничение возможности использования загрязненных почв в хозяйственной деятельности, из-за того, что производимая продукция в этих условиях имеет превышающие допустимые уровни концентрации радионуклидов. Ареал радиационного поражения биоты на различных уровнях (популяционном, экосистемном, видовом) значительно меньше, чем зона радиоактивного загрязнения, где проживание человека и ведение сельскохозяйственной деятельности ограничено или невозможно.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды обуславливают две группы радионуклидов: естественные (или природные) и искусственные (или техногенные). Концентрация естественных радионуклидов в природных и аграрных экосистемах существенно увеличивается за счет техногенных процессов, связанных с добычей, переработкой и складированием природного уранового сырья; производством и внесением удобрений; сжигания угля на тепловых электростанциях; при добыче и нефти и газа. Искусственные радионуклиды поступают в биосферу в результате ядерных взрывов, технологических и аварийных выбросов на объектах ядерного топливного цикла (ЯТЦ).

Основное загрязнение сельскохозяйственных угодий на территории Российской Федерации обусловлено долгоживущими радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые поступили в окружающую среду в результате крупных радиационных аварий на химкомбинате "Маяк" (Южный Урал) и на Чернобыльской АЭС, а также испытаний ядерного оружия. Являясь химическими аналогами К и Са характеризуются высокой миграционной подвижностью, в значительных количествах накапливаются в сельскохозяйственной продукции и, как следствие, в организме человека.

При одном и том же содержании радионуклидов в окружающей среде (почве) на единицу площади соотношение доз внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на этих территориях и использующего в рационе местную сельскохозяйственную продукцию, может варьировать в широких пределах. Так, в зависимости от типа почв соотношение доз внутреннего облучения к внешнему в ситуации, когда источником ионизирующего

облучения является ^{137}Cs , может колебаться от 1 : 2 (дерново-подзолистые почвы) до 1 : 4 (черноземы). Чем менее плодородны почвы, тем относительно значимее роль внутреннего облучения из-за интенсивного перехода ^{137}Cs из почвы в растения, в продукцию животноводства и, в конечном счете, в продукты питания человека.

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, включает два аспекта:

- оценку влияния ландшафтных и биогеохимических характеристик сельскохозяйственных угодий на перераспределение и концентрирование радионуклидов в компонентах агроэкосистем, что в значительной степени определяет степень опасности загрязнения;
- оценку загрязненных сельскохозяйственных угодий с точки зрения возможности получения продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам.

Таким образом, при оценке последствий радиоактивного загрязнения должны учитываться два методологических подхода – санитарно-гигиенический и экологический.

В рамках санитарно-гигиенического подхода к агроэкологической оценке сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, решается задача возможности использования данных земель для получения продукции, соответствующей установленным нормативам. В основе санитарно-гигиенического подхода лежит соблюдение нормативов и принципов радиационной безопасности населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях.

На базе количественных показателей миграции радионуклидов в агроэкосистемах разрабатывается радиационно-гигиеническое обоснование пределов загрязнения почв сельскохозяйственных угодий с учетом ландшафтных и биогеохимических характеристик территории и особенностей ведения сельского хозяйства.

Действие радиоактивных веществ на агроэкосистемы зависит от характера загрязнения, концентрации загрязнителей, длительности воздействия, относительной восприимчивости или устойчивости агроценозов или их отдельных компонентов к загрязнению. Оценка экологического воздействия радиоактивного загрязнения на агроэкосистемы представляет сложную задачу.

Каких-либо критериев, оценивающих реакцию агроэкосистем на радиоактивное загрязнение и их устойчивость, не разработано. Однако существует система показателей, которые характеризуют миграционную подвижность радионуклидов в агроэкосистемах:

- показатели биологической подвижности радионуклидов в почвах (формы; коэффициенты распределения между твердой и жидкой фазами почв; показатели селективной сорбции);
- показатели подвижности радионуклидов в системе почва – растение (коэффициенты накопления или коэффициенты перехода);

- параметры переноса радионуклидов по животноводческим цепочкам (коэффициенты перехода, всасывания, выведения).

В рамках реализации санитарно-гигиенического подхода агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, основывается на принципе соблюдения основного дозового критерия, характеризующего степень радиационной безопасности человека – среднегодового значения эффективной дозы. Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» в качестве предела дозы облучения населения определена доза, равная 1 мЗв/год (сверх естественного радиационного фона).

Основными критериями оценки уровней радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий являются допустимые уровни удельной активности радионуклидов в пищевых продуктах, установленные в «Гигиенических требованиях безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01».

Для оценки и предотвращения негативного воздействия радиоактивно загрязненных продуктов питания на человека, а кормов – на сельскохозяйственных животных на основании СанПиН 2.3.2.1078-01 используются такие критерии как временно-допустимые уровни (ВДУ), допустимые уровни (ДУ) и максимально допустимые уровни (МДУ) содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

С учетом показателей миграционной подвижности радионуклидов определяются пределы загрязнения почв радионуклидами, обеспечивающие получение нормативной продукции, которые являются *контрольными уровнями содержания радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий*.

Контрольные уровни загрязнения почв определяются на основании коэффициентов перехода радионуклидов из почв различных типов в основные культуры и далее в сельскохозяйственную продукцию, т. е. при определении контрольных уровней учитывается как тип почвы, так и вид агроценоза.

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, включает:

- определение содержания радионуклидов в почвах;
- оценка количественных параметров перехода радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам;
- биогеохимическая оценка миграции и концентрации радионуклидов в компонентах агроэкосистем и переноса по трофическим цепочкам;
- определение уровней загрязнения производимой сельскохозяйственной продукции и ее радиационно-гигиеническая оценка;
- обоснование пределов загрязнения почв радионуклидами (контрольных уровней), обеспечивающих получение нормативной продукции.

2.6.2. Методы обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами.

При проведении обследования почв сельскохозяйственных угодий на содержание радионуклидов руководствуются «Методическими указаниями по обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов» (1995).

В Методических указаниях определен порядок и принципы составления картограммы радиоактивного загрязнения почв.

Исходным документом для составления картограмм является полевая карта отбора почвенных образцов и сводная ведомость результатов анализов. Картограммы содержания радионуклидов составляются в том случае, когда хотя бы на одном участке концентрация их превышает 0,5 от временных допустимых уровней (ВДУ).

Плотность загрязнения почв радионуклидами – запас радионуклидов в слое почвы на единицу площади, определяется по формуле:

$$\sigma = (C \cdot p \cdot S \cdot d) \cdot 10^{-3}, \text{ где}$$

σ – плотность загрязнения, кБк/м;

C – концентрация радионуклида, Бк/кг;

h – глубина отбора, см;

S – площадь, на которую рассчитывается плотность загрязнения = 1 м²;

d – удельная масса почвы, г/см;

10^{-3} – коэффициент пересчета от Бк/м² на кБк/м².

Для составления картограммы плотности радиоактивного загрязнения почв используется штриховка и цветная шкала (таблица 2.72). На картограмме содержания ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почве группировка по плотности загрязнения выделяется цветом, а гамма-фон – штриховкой. Градация почв по содержанию ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr включает 5 групп. Если плотность загрязнения радионуклидами обследуемой территории соответствует первой группе эколого-токсикологической оценки, то картограммы не составляются

2.72. Группировка почв для эколого-токсикологической оценки радиоактивного загрязнения

Группа	Условные обозначения	Гамма-фон		Плотность загрязнения, кБк/м ²		
		Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч	Интенсивность потока гамма-излучения, с ⁻¹	Цвет контура	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1	-----	<30	<225	Зеленый	<37	<3,7
2	-----	31...50	226...375	Синий	37...185	3,7...11,1
3		51...100	376...750	Желтый	186...555	11,2...37
4		101...180	751...1350	Розовый	556...1480	38...111
5	- - - - -	>180	>1350	Красный	>1480	>111

2.6.3. Методические основы оценки миграционной подвижности радионуклидов в аграрных экосистемах.

Миграционная способность радионуклидов в почве определяется их физико-химическим состоянием, которое зависит от исходного состояния радионуклидов в выпадениях и его изменения в результате протекающих при взаимодействии с почвой физико-химических процессов трансформации.

Радионуклид в почве может находиться в почвенном растворе и в составе твердой фазы. В растворе он присутствует в виде катиона и входит в состав комплексных соединений с органическими и неорганическими лигандами и коллоидными частицами. В твердой фазе радионуклид может присутствовать в обменно-сорбированном состоянии, то есть находиться в динамическом равновесии с раствором в жидкой фазе; входить в состав нерастворимого соединения или выпавших нерастворимых топливных частиц или быть необратимо сорбированным.

Метод последовательной экстракции, являющийся модифицированным методом Ф.И. Павлоцкой, наиболее часто используется для изучения форм нахождения радионуклида в почве. Выделяют следующие формы нахождения радионуклида: водорастворимую (обработка дистиллированной водой); обменную, вытесняемую 1 М раствором ацетата аммония; подвижную (1 М HCl) и кислоторастворимую (3 М или 6 М HCl).

Доля радионуклида определяется по отношению к исходной активности почвы. Прочнофиксированную часть радионуклидов определяют по разности между исходной активностью почвы и суммой водорастворимой, подвижной и кислоторастворимой форм.

Содержание различных форм нахождения радионуклида в почвах зависит в значительной степени от свойств почв: сорбционной емкости, минералогического состава, pH почвенного раствора, содержания органического вещества. Наибольшую значимость, с точки зрения подвижности и биологической доступности радионуклида, имеют водорастворимая и обменная формы.

Коэффициент распределения радионуклидов между твердой и жидкой фазами почв (K_p) используют для описания миграционной способности радионуклида в почве. Он рассчитывается как отношение равновесной суммарной концентрации радионуклида в твердой фазе к его равновесной концентрации в почвенном растворе:

$$K_p = \frac{A_n}{A_p} \frac{V_p}{m_n}, \text{ где}$$

K_p – коэффициент распределения, л/кг;

A_n – количество радионуклида в почвенном растворе, Бк;

A_p – разность между количеством радионуклида в образце почвы и выделенном объеме почвенного раствора, Бк;

V_p – объем почвенного раствора, л;

m_n – масса образца почвы в воздушно сухом состоянии, кг.

K_p отличается широкой вариабельностью и зависит от свойств почв.

Показатели селективной сорбции используются при оценке биологической подвижности радионуклидов в почвах. К ним относятся *емкость селективных сорбционных мест*, расположенных в краевых клиновидных областях межпакетного пространства кристаллической решетки глинистого минерала типа 2 : 1 (Frayed edge sites, FES) и *потенциал селективной сорбции* (Radionuclides Interception Potential, RIP).

Метод количественного определения FES основан на изучении изотермы сорбции радионуклида при блокировке (маскировке) поверхностных сорбционных центров RES (Regula exchange sites). Для маскировки RES используется раствор K-Ca PAR 0,05 : Ca = 100 тМ. Величину PAR (Potassium Adsorption Ratio) рассчитывают по результатам определения концентрации катионов в почвенном растворе. RIP определяется как произведение емкости FES и коэффициента селективности Cs/K (или Cs/NtLt) (для ¹³⁷Cs).

Данные показатели характеризуют специфические свойства почв, определяющие величину и степень сорбции ими радионуклидов.

Параметры накопления радионуклидов в растениях являются интегральными характеристиками их подвижности в агроэкосистемах. Для оценки перехода радионуклидов из почвы в растения используют:

- коэффициент накопления (**КН**):

$$КН = \frac{\text{Концентрация радионуклидов в растениях, Бк/кг}}{\text{Концентрация радионуклидов в почве, Бк/кг}}$$

- коэффициент перехода (или коэффициент пропорциональности (**КП**) – отношение концентрации радионуклидов в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади:

$$КП = \frac{\text{Концентрация радионуклидов в растениях, Бк/кг}}{\text{Плотность загрязнения почвы, кБк/м}^2}$$

Основные параметры перехода радионуклидов по животноводческим цепочкам: КП радионуклидов из рациона в организм животных и затем в продукцию; коэффициенты всасывания; кратность накопления радионуклидов различными органами животных; периоды полувыведения радионуклидов из органов и организма в целом.

Вариабельность коэффициентов перехода радионуклидов из рациона в организм животных и продукцию определяется следующими факторами: возраст животных, тип рациона и его состав, продуктивность животных, технологии их содержания.

2.6.4. Радиоэкологическая классификация агроэкосистем.

При классификации агроэкосистем по миграционной подвижности радионуклидов (таблица 2.73.) использован в качестве радиоэкологического критерия коэффициент перехода, как интегральный показатель. Группировка проводилась с учетом двух групп факторов, которые влияют на процессы миграции радионуклидов в агроэкосистемах: свойств почв, характера землепользования и видовых особенностей культур.

2.73. Классификация агроэкосистем по миграционной подвижности радионуклидов

Вид земле- пользования	Культуры	Группы почв	Коэффициент перехода, (Бк/кг)/(кБк/м ²)					
			⁹⁰ Sr			¹³⁷ Cs		
			Ср.	Мин.	Макс.	Ср.	Мин.	Макс.
Сенокосы и пастбища	Травостой куль- турного пастбища	Песчаные	5,4	0,8	7,6	3,3	0,5	3,7
		Суглинистые	1,9	1,1	3,4	0,6	0,4	0,9
		Глинистые	0,2	0,05	0,27	0,2	0,03	0,3
		Органические	-	-	-	6,6	2,0	10,8
	Многолетние тра- вы (злаковые)	Песчаные	2,5	2,3	2,7	2,3	1,8	2,6
		Суглинистые	1,6	0,9	2,7	0,8	0,3	1,8
		Глинистые	0,6	0,3	1,1	0,2	0,1	0,4
		Органические	3,78	1,07	10,0	3,2	1,8	3,8
	Многолетние тра- вы (бобовые)	Песчаные	4,3	2,8	5,5	3,5	1,6	5,0
		Суглинистые	2,6	1,3	4,1	0,8	0,3	1,3
		Глинистые	0,6	0,4	0,8	0,4	0,2	0,6
		Органические	-	-	-	-	-	-
Пахотные угодья	Зерновые	Песчаные	0,9	0,7	1,1	0,3	0,2	0,4
		Суглинистые	0,3	0,07	0,6	0,12	0,06	0,22
		Глинистые	0,13	0,07	0,33	0,06	0,023	0,14
		Органические	1,7	0,5	4,1	0,61	0,17	1,2
	Картофель и кор- неплоды	Песчаные	0,6	0,33	0,76	0,24	0,18	0,29
		Суглинистые	0,24	0,06	0,49	0,10	0,03	0,24
		Глинистые	0,055	0,05	0,07	0,014	0,008	0,03
		Органические	1,2	0,5	3,4	0,45	0,03	3,4
	Кормовые куль- туры на силос	Песчаные	2,7	1,4	4,3	2,4	0,4	4,4
		Суглинистые	0,94	0,33	2,1	0,35	0,33	0 36
		Глинистые	0,44	0,26	0,45	0,19	0,10	0,30
		Органические	-	-	-	3,2	2,2	4,6

В качестве критерия для группировки минеральных почв по коэффициентам перехода был выбран гранулометрический состав как интегральный показатель, связанный с минералогическим составом почв, содержанием органического вещества, емкостью катионного обмена и др.

I – песчаные (песчаные и супесчаные и легкосуглинистые почвы);

II – суглинистые (среднесуглинистые почвы);

III – глинистые (тяжелосуглинистые и глинистые почвы).

Органические почвы были выделены в отдельную группу, так как они характеризуются повышенной миграционной подвижностью радионуклидов.

По характеру землепользования и видовым особенностям культур данные по коэффициентам перехода были объединены в следующие группы:

1 – пахотные угодья: зерновые культуры, картофель и корнеплоды, кормовые культуры на силос (кукуруза, люцерна, горох и др.);

2 – пастбища и сенокосы: культурные пастбища, сеяные многолетние травы (злаковые и бобовые).

Радиоэкологическая классификация агроэкосистем учитывает миграционную подвижность радионуклидов, позволяет дать агроэкологическую оценку различных агроценозов. Критическими по радиоактивному загрязне-

нию будут угодья на торфяно-болотных почвах как характеризующиеся наиболее интенсивным накоплением радионуклидов в продукции (таблица 2.73.).

2.6.5. Радиоэкологическая классификация лугов.

Миграция радионуклидов в естественных луговых экосистемах зависит от типа луга, режима его увлажнения, свойств почв, ботанического состава травостоя. Группировка почв проводилась на базе двух радиоэкологических критериев - экологического периода полуочищения корнеобитаемого слоя почв, отражающего темпы вертикальной миграции радионуклидов в почве и коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в травостой.

2.74. Радиоэкологическая классификация лугов

Тип луга	Группа почв	Механический состав почв	Коэффициенты перехода, (Бк/кг)/(кБк/м ²)		Экологический период полуочищения корнеобитаемого слоя почв, T _{ec} (лет)	
			⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Суходольный	Минеральные	Песчаные	5-25	1-15	50 (20-70)	70 (50-90)
		Суглинистые	2,0-15	0,2-10	60 (30-90)	100(90-110)
		Глинистые	0,3-3,0	0,05-0,3	70 (50-100)	130(110-150)
Пойменный	Минеральные	Песчаные	5,0-25	1,0-15	30 (25-50)	70 (40-90)
		Суглинистые	2,0-15	0,5-10	50 (25-70)	100(90-110)
		Глинистые	-	0,3-1,0	-	120(100-140)
Низинный	Органические	Торфяные	3,0-30	5-20	30 (20-40)	45 (20-70)
		Песчаные	5-35	3-20	35(25-50)	50 (40-90)
		Суглинистые	-	2-15	-	60 (50-70)
Болотный	Органические	-	10-45	3-30	30 (20-50)	45 (33-80)
		Болотные низинные	5-50	3-30	18(16-30)	21(18-40)
		Болотные переходные	20-140	15-50	16(15-18)	18(15-25)
		Болотные верховые	20-150	30-150	14(13-18)	16(13-18)

Классификация выделяет болотные, низинные и пойменные луга с торфяными почвами как критические экосистемы при ведении кормопроизводства на загрязненных территориях. Далее в рейтинге лугов по их радиационной опасности стоят суходольные, пойменные и низинные луга с малопродуктивными почвами легкого мехсостава.

2.6.6. Агроэкологическая оценка загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодий, определяющая возможность их хозяйственного использования.

Одной из основных задач агроэкологической оценки загрязненных угодий является оценка их радиологической опасности с точки зрения возможности производства продукции. Основным критерием такой оценки являются контрольные уровни содержания радионуклидов в почвах. Основой для определения контрольных уровней загрязнения почв радионуклидами являются следующие параметры:

- допустимые удельные активности радионуклидов в пищевых продуктах, установленные в СанПиН 2.3.2.1078-01;

- коэффициенты накопления или коэффициенты перехода радионуклидов из различных типов почв в сельскохозяйственные культуры;
- коэффициенты перехода радионуклидов по животноводческим цепочкам.

Методика определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами почв различных видов сельскохозяйственных угодий (пахотных, сенокосов и пастбищ) при производстве продукции растениеводства зависит от путей миграции радионуклидов. Для пахотных угодий учитываются параметры миграции радионуклидов в системе почва – сельскохозяйственные культуры, а для сенокосов и пастбищ в системе почва – рацион – продукция животноводства.

Контрольные уровни радиоактивного загрязнения пахотных угодий определяются с учетом коэффициентов перехода радионуклидов в растения из почв различных типов.

При определении контрольного уровня загрязнения почв исходят из соотношения: $KП = (\text{удельная активность растений, Бк/кг}) / (\text{плотность загрязнения почвы, кБ/м}^2)$.

Удельная активность для различных видов сельскохозяйственных культур берется на основании СанПиН 2.3.2.1078-01 (таблица 2.75.)

Коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные растения из почв различных типов определяются экспериментально или могут быть использованы рекомендованные средние значения (175).

Плотность загрязнения почв (контрольный уровень) определяется соотношением: $\text{плотность загрязнения почвы, кБ/м}^2 = (\text{удельная активность растений, Бк/кг}) / KП$.

Полученное значение плотности загрязнения почв является контрольным уровнем для конкретного типа почв, при котором содержание радионуклида в рассматриваемом виде продукции не превысит санитарно-гигиенические нормативы. Таким образом, дается количественная агроэкологическая оценка почвы по показателю загрязнения радиоактивными веществами и определяется возможность возделывания на данной почве различных сельскохозяйственных культур.

2.75. Санитарно-гигиенические нормативы содержания радионуклидов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (по СанПиН 2.3.2.1078-01)

Группа продуктов	Радионуклиды, Бк/кг	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Зерно продовольственное	70	40
Семена зернобобовых	50	60
Овощи, бахчевые	120	40
Картофель	120	40
Фрукты, ягоды, виноград	40	30
Рыба	130	100
Мясо	160	50
Птица	180	80

Яйца	80	50
Молоко, сливки, сметана и др.	100	25
Сахар	140	100

Методика определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами почв пастбищных и сенокосных угодий. Контрольные уровни загрязнения почв пастбищных и сенокосных угодий определяются с учетом коэффициентов перехода радионуклидов в травостой и далее в продукцию животноводства.

При определении контрольных уровней для почв пастбищ за основу принимается установленные допустимые удельные активности радионуклидов в молоке или мясе (ДУА) СанПиН 2.3.2.1078-01 (таблица 2.75.).

Содержание радионуклидов в продукции животноводства рассчитывалось исходя из суточного рациона сельскохозяйственных животных (т, кг). Так, в пастбищный период для расчета принимается суточное потребление 40 кг травы (или 10 кг сена) на 1 голову.

Содержание радионуклида в рационе животных (A_p , Бк/рацион) определяется на основании коэффициентов перехода радионуклида из рациона в продукцию (КП_{р.п}). Коэффициенты перехода их из рациона в молоко и мясо берутся из справочника (187).

Удельная активность рациона (1 кг травостоя или сена) составляет ($УA_p$), Бк/кг: $(УA_T) = A_p : m$

При определении контрольного уровня загрязнения почв сенокосов и пастбищ исходят из соотношения:

$$п-т = (УA_T), \text{ Бк/кг} / (\text{плотность загрязнения почвы, кБ/м}^2).$$

Коэффициенты перехода радионуклидов из почв различных типов в травостой определяются экспериментально или могут быть использованы рекомендованные средние значения (7).

Плотность загрязнения почв сенокосов и пастбищ (контрольный уровень) определяется соотношением:

$$\text{Плотность загрязнения почвы, кБ/м}^2 = (УA_T), \text{ Бк/кг} / \text{КП}_{п-т}.$$

Полученное значение плотности загрязнения сенокосов и пастбищ является контрольным уровнем для конкретного типа почв и вида травостоя. Использование данных кормовых угодий для выпаса сельскохозяйственных животных гарантирует получение продукции животноводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам. Таким образом, дается агроэкологическая оценка почвы по показателю загрязнения радиоактивными веществами и определяется возможность использования данных кормовых угодий для производства нормативной продукции животноводства.

2.7. Фитосанитарная оценка земель

Во всех агроэкосистемах на различных этапах производства сельскохозяйственной продукции с культурными растениями взаимодействуют многие виды организмов. К ним относятся насекомые, растительноядные клещи и пауки, нематоды, грибы, бактерии, вирусы, сорные растения, птицы и млекопитающие. Предупредить потери урожая от вредных организмов на основе рациональной организации профилактических и защитных мер можно лишь при условии оперативной и качественной оценки фитосанитарного состояния земель, а также составления на ее базе краткосрочного и долгосрочного прогнозов появления, развития и распространения вредных организмов.

В целях принятия оперативного решения о необходимости проведения защитных мероприятий надзор за посевами проводится за 4-6 дней, используются высокопроизводительные методики обследований, позволяющие сравнить определенные немногочисленные характеристики популяций с экономическими порогами вредоносности. Для этого при маршрутных обследованиях определяют заселенность сельскохозяйственных угодий вредными и полезными насекомыми, возбудителями болезней, сорняками и др. (процент заселения). Для получения достоверной информации важно охватывать не менее 10-15% площадей каждого вида участков. Плотность вредных организмов (интенсивность развития болезней для патогенов) устанавливается при помощи специальных методов учета. Выбор оптимальных сроков проведения каждого обследования и учета, а также их периодичность определяется характером динамики распространения и развития вредного организма, который обуславливается его биологией и экологической обстановкой в агроландшафтах. Для разработки прогнозов распространения и развития вредных организмов различной заблаговременности проводят исследования дополнительных популяционных характеристик (для насекомых, например, возрастной и половой состав, плодовитость самок, зараженность вредителей энтомофагами и болезнями и др.).

2.7.1. Методы учета насекомых

Количественная оценка вредных и полезных насекомых в биотопе сводится к выявлению абсолютной численности особей в определенном ограниченном пространстве или объеме, либо относительной, по следам жизнедеятельности (количество поврежденных растений, плодов, вылову за какой-то срок в те или иные виды ловушек). По признаку их обитания специальными методами учитываются насекомые, живущие на растениях, внутри них, свободно передвигающиеся по поверхности почвы, обитающие в ней и т.д. В зависимости от того, в какой среде учитывают насекомых, изменяются формы оценок плотности вредителей. Например, плотность видов, обитающих в почве, оценивают по числу особей в среднем на 1 м², живущих на растениях, - по числу особей на 100 растений, по проценту заселенных растений.

Вредителей, обитающих в почве, учитывают методом раскопки площадок: мелкие (до 10 см), средние (до 45 см) и глубокие (более 45 см). Мелкие

раскопки используют при учете кубышек саранчовых, коконов лугового мотылька и гороховой плодожорки, активно питающихся гусениц подгрызающих совок и личинок хлебной жужелицы, куколок минирующих молей и др. Пробы средней глубины (30-35 см) применяют для учета прекративших питание гусениц подгрызающих совок и личинок хлебной жужелицы, глубокие (до 65-100 см) – для свекловичных долгоносиков, хрущей, хлебных жуков и др. Размер раскапываемой площадки – 25×25 см или 50×50 см. Пробы выбирают послойно, а насекомых выбирают при помощи просеивания или промывки. На каждые 5 га берут по 1-2 площадки, на 100 га – 20.

Для учета насекомых, передвигающихся по поверхности почвы, используют почвенные ловушки – сосуды с фиксирующей жидкостью (2-4% формалин), закопанные в почву вровень с верхним краем, либо канавки длиной 1-5 м, глубиной и шириной по 30 см. Эти способы применяют для относительного учета долгоносиков (свекловичного, серого и др.), мертвоедов, чернотелок, жужелиц и др. Число почвенных ловушек и ловчих канавок – 1-2 на каждые 5 га.

Вредителей, обитающих на растениях, учитывают на площадках размером 50×50 см. Рамку накладывают так, чтобы охватить ею часть рядков культуры (зерновых, свеклы, подсолнечника и т.п.) и междурядья, в пределах этого пространства подсчитывают всех особей на растениях и опавших на поверхность почвы. Этот метод применяют для количественной оценки вредной черепашки, пядицы, хлебных жуков, имаго хлебной жужелицы, гусениц лугового мотылька, луговой и капустной совок, долгоносиков, колорадского жука и др. Мелких и прыгающих насекомых (преимущественно блошек) учитывают при помощи ящика Петлюка, нижним основанием которого охватывают часть рядков и междурядья посевов. В среднем учитывают 1 пробу на 5 га.

Мелких насекомых (земляных блошек, клопов слепняков, щитаносок, минирующих мух) или яйцекладки (совок, мотыльков, клопов и др.) при рядковом посеве учитывают на отрезках ряда 25-100 см. На пропашных культурах их учитывают на 10 растениях в 10 пробах.

Для насекомых, не поддающихся визуальному учету, применяют метод стряхивания с растений (5 растений в 20 местах поля). Из полевых культур этот метод применим, например, для рапсового цветоеда, а также для некоторых энтомофагов.

Вредителей, живущих внутри растений (злаковых мух, клеверного сеоеда, стеблевых блошек, стеблевого мотылька, стеблевых хлебных пилильщиков) учитывают путем их вскрытия. Берут 10 проб по 0,25 м² с каждого учитываемого агроландшафтного участка.

При оценке плотности заселения растений мелкими вредителями (тли, клещи) получают два показателя – процент заселенных растений и балл заселения: 1 балл – слабая заселенность (на растении встречаются отдельные экземпляры вредителя или заселено менее 25% поверхности листьев; 2 балла –

средняя (на растении отмечено 1-2 колонии или заселено до 50% поверхности листьев; 3 балла – сильная (на растении встречаются более двух колоний, заселено более 50% всей поверхности листьев).

Методом кошения стандартным энтомологическим сачком с диаметром обруча 30 см и глубиной мешка 60 см. учитывают хлебных пилильщиков, злаковых мух, энтомофагов яруса травостоя. В зависимости от активности и уловистости объекта одна проба составляет 10-20 взмахов сачком. Берут 5-10 проб, что составляет 100 взмахов сачком на поле.

Для повышения производительности учетных работ при определении вредителей, а в последнее время и полезных насекомых, используются ловушки. Ловушки могут имитировать естественные убежища насекомых (приманки-укрытия, ловчие канавки), источники света (светоловушки), привлекающие вещества (пищевые приманки, феромоны). Для многих бабочек из семейства совок, в частности серой зерновой совки, используют пищевые приманки с бродящей патокой. Ее разливают в металлические противни или корытца, которые по 5-10 штук выставляют в поле на расстоянии не ближе 50 м друг от друга. К числу насекомых, реагирующих на свет, относятся хлопковая совка, совка-гамма, люцерновая совка, луговой мотылек, озимая совка и др. Их отлавливают с помощью светоловушек. Феромонные ловушки используют для определения фенологии размножения и отчасти численности таких вредителей как яблонная плодожорка, американская белая бабочка, хлопковая совка и др. Для некоторых из них установлена корреляция между численностью выловленных самцов и вероятной вредоносностью гусениц.

2.7.2. Методы учета грызунов

О плотности популяций грызунов судят по следам их жизнедеятельности (по убежищам-норам). В одном убежище обычно живет одна семья, одна или несколько особей. Учитывают число всех колоний и жилых, число всех нор и жилых в пересчете на 1 га. Жилыми колониями называют те, у которых после прикопки всех входных отверстий перед заходом солнца к утру следующего дня оказываются открывшимися одно или несколько входных отверстий, а жилыми норами – входные отверстия, открывшиеся к утру следующего дня после их прикопки с притаптыванием в конце предшествующего дня. Этим методом учитывают плотность песчанок и других мышевидных грызунов.

Относительный учет численности полевок, мышей, хомячков проводят с помощью вылова плашками с приманкой. Плашки выставляют под вечер линиями с интервалом 5 м по 20, 50 или 100 штук.

Учет сусликов проводят путем подсчета жилых нор и с помощью дуговых капканов. При учете сусликов по жилым (открывшимся) норам на каждые 200 га первичных угодий закладывают одну гектарную площадку (50×200 м). На ней утром прикапывают и притаптывают все норы, а через 3-4

часа подсчитывают открывшиеся норы, которые принимают за показатель плотности сусликов. Учет сусликов дуговыми капканами №1 проводят на тех же учетных площадках. Через 3-4 ч после прикопки на них выставляют капканы к открывшимся норам. Капканы проверяют через 3-4 ч.

2.7.3. Методы учета распространения и развития болезней

Выявление и учет развития болезней, вызываемых низшими грибами, бактериями, микоплазменными организмами, вирусами и вириоидами, осуществляется в основном 3-4 раза в течение вегетации, начиная с периода полных всходов до созревания. Они поражают различные органы и ткани растений, и учет болезней проводят на основе симптомов поражения растений в результате их жизнедеятельности. Эти симптомы выражаются в виде отмерших растительных тканей, некрозов, налетов, пустул, изъязвлений, гнилей, опухлей, деформаций тканей, мумификаций, увяданий и др. Первым этапом учета болезней является отбор и тщательный осмотр пробы растений. Основными элементами учета являются показатели частоты встречаемости (распространенность), отражающие количество поврежденных растений в пробе (в %), и интенсивность поражения (в % или баллах).

Учет головневых заболеваний приурочивают к определенным фазам вегетации, когда проявление болезни наиболее сильно выражено на растениях: в посевах пшеницы, ржи, ячменя и овса – конец молочной-начало восковой спелости зерна, что совпадает с проведением апробации посевов. На участках от 200 до 450 га отбирают не менее чем в 100 точках по 10-15 стеблей, до 200 га – от 100 до 1000 стеблей. При анализе подсчитывают количество здоровых и пораженных стеблей и определяют процент заражения культуры по каждому виду головни.

Оценку поражения всеми видами ржавчины, кроме стеблевой, проводят в период налива – молочной спелости зерна. Стеблевую ржавчину учитывают одновременно с головневыми заболеваниями при апробации. На полях площадью до 100 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой. Определение интенсивности поражения растений ржавчиной проводят по специальным шкалам, в которых степень его выражена в виде условных процентов площади листа или стебля, занятых пустулами гриба. У пшеницы и овса поражение листовой (бурой) ржавчиной учитывают по интенсивности покрытиями пустулами верхнего и второго листа, у ячменя и ржи – второго и третьего листа, те же ярусы листьев используют и для оценки поражения желтой ржавчиной.

Учет развития мучнистой росы на зерновых проводят в период от начала колошения до молочной спелости зерна. На площади до 50 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой; на последующих участках по 10 га – дополнительно по две пробы. Учитывают поражение первого, второго, третьего и четвертого листьев и стебля по междоузлиям. Степень поражения устанавливают по четырехбалльной шкале, применяемой для оценки пораженности отдельных органов: 0 – отсутствие поражения, 1 балл - поражение до 10% по-

верхности, 2 балла – от 11 до 25%, 3 балла – от 26 до 50%, 4 балла – свыше 50% поверхности. Пораженность растений септориозом устанавливают в тот же период путем осмотра листьев определенного яруса на 10 стеблях в 10 пробах, определяя процент пораженных стеблей и степень поражения листьев по шкале.

Обследование посевов на зараженность корневыми гнилями приурочивают к периоду всходы – кущение и к уборке. Количество и размер учетных площадок устанавливают в зависимости от характера поражения и площади полей. При изреживании посевов определяют количество погибших всходов (%), отбирая по 100 растений: на участках до 100 га - 10 таких проб, а свыше – на каждые 50 га прибавляют одну пробу. Второй учет корневых гнилей, а также пустоколосости и белостебельности проводят в фазу молочной спелости. Для этого на участках до 100 га берут 10 проб по 100 растений и определяют интенсивность поражения по шкале баллов: 0 – здоровые растения, 1 балл – слабое побурение основания стебля или подземного междоузлия, 2 балла – сильное побурение основного и подземного междоузлий; 3 балла – сильное побурение и белостебельность. 4 балла – погибшие или пустоколосые растения. Степень развития заболевания устанавливают как средний показатель пораженности растений, в котором учтено число (%) больных растений и степень (балл) поражения.

С целью прогноза развития корневых гнилей в посевах целесообразно учитывать уровень заселенности почвы возбудителем. Для этого с каждого поля, независимо от его площади отбирают два средних образца массой не менее 200-300 г, который составляют из 20 проб, отобранных буром. Из почвы извлекают конидии гриба растворами различных солей с добавлением вазелинового масла. Затем из поверхностного слоя полученной эмульсии отбирают образец и микроскопируют. После определения уровня заселенности почв возбудителем составляют фитопатологическую почвенную картограмму.

2.7.4. Методы учета сорняков

С целью прогноза засоренности сельскохозяйственных угодий следует осенью после уборки культуры или ранней весной проводить учет количества семян и органов вегетативного размножения сорных растений в почве. Для этого исходные почвенные пробы (от 10 до 30 в зависимости от размера поля) отбираются с помощью буров, затем они объединяются в смешанный образец и тщательно перемешиваются. Затем из смешанного образца отбираются средние почвенные образцы, из которых отмывается илистая фракция диаметром менее 0,25 мм и отделяются семена сорняков из оставшейся на сите фракции.

Для определения количества семян сорняков на 1 м² рассчитывают площадь режущей части бура (S , см²) и находят переводной коэффициент K по формуле:

$$K = 10000 : S$$

Количество семян сорняков (M , шт./м²) вычисляют по формуле:

$$M = K \times m, \text{ где } m \text{ — число семян сорняков в образце, шт.}$$

Жизнеспособность семян определяют по внешним признакам. Обычно живые семена сохраняют форму при легко надавливании и имеют упругую оболочку.

Засоренность почвы органами вегетативного размножения многолетних сорных растений учитывают на площадках размером 0,5×1,0 (0,5 м²) или 0,5×0,5 (0,25 м²) для корневищных и 1×1 (1 м²) для корнеотпрысковых видов. Раскопки проводят по слоям 0-10; 10-20; 20-30 см и т.д.

Засоренность посевов оценивается по количеству сорных растений на 1 м². Для этого равномерно по диагонали обследуемого участка накладывается рамка размером 50×50 см: на полях и участках до 50 га – 10 рамок; от 50 до 100 га – 15, и более 100 га – 20 рамок. В пределах рамки определяют численность сорняков каждого вида. Учеты проводят приуроченно к определенной фазе развития посева. Применительно к установлению целесообразности защитных мер с помощью гербицидов учет проводят в следующие сроки:

яровые зерновые – в начале фазы кущения;

озимые зерновые – в конце осенней вегетации и весной после отрастания;

кукуруза – в фазе 2-3 листьев;

зернобобовые – при высоте растений до 8 см;

лен-долгунец – в фазе «елочка» (высота растений 3-10 см);

пропашные культуры – перед междурядными обработками;

многолетние травы – в фазе первого тройчатого листа или отрастания бобового компонента, до фазы кущения злакового компонента;

чистые пары и необрабатываемые земли – при массовом появлении сорняков.

С целью картирования угодий учет необходимо проводить во время массового отрастания большинства видов сорных растений.

Для оценки эффекта защитных мер и вероятной засоренности участка в следующем году целесообразно использовать количественно-весовой метод учета, который проводят перед уборкой урожая. Берут 10 проб по 0,25 м², на них срезают под корень все растения. В пробах определяют видовой состав, количество сорняков, биомассу культуры и сорных растений, а также их соотношение.

В связи с требованиями повышения достоверности и эффективности учетов вредных организмов разрабатываются дистанционные методы фитосанитарного контроля в агроландшафтах на основе идентификации визуально определяемых симптомов повреждения растений (изменение цвета, увядание, низкорослость, образование плешин) методами аэрофотосъемки, многоканального сканирования, тепловой, микроволновой и радиационной съемки с помощью авиационных и спутниковых аппаратов. Аэровизуальная съемка также предполагает использование сети полигонов и наземных станций для

приема и обработки информации. Аэровизуальный метод наблюдения с самолета бортнаблюдателями, а также со сверхлегких летательных аппаратов автоматическими системами. В настоящее время разрабатывается и применяется методы дистанционного зондирования для оценки распространения пьявицы, мышевидных грызунов, колорадского жука и саранчовых

Результаты обследований заносятся в ведомости учетов вредных организмов и в полевые журналы. После обобщения исходных данных определяются средние величины, характеризующие численность, видовой состав и распространения вредных организмов, процент зараженных (заселенных) растений, средний процент или балл заселения по каждому полю (участку).

Однако для формирования систем защиты растений, ориентированных на целесообразное применение средств защиты, необходимо не только собрать и обобщить информацию о распространении и плотности вредных организмов, обитающих в биотопах агроландшафта, но и с достаточной полнотой учитывать фенологию и состояние посевов (насаждений), поврежденность (пораженность) растений и их компенсаторные реакции, соотношение вредных и полезных компонентов, погоду и т.д.

2.8. Санитарная оценка земель

Нарушение технологий применения удобрений на основе навоза, помета, органомогенных отходов городов (осадки сточных вод, твердые бытовые отходы, производственные сточные воды и пр.) нередко ухудшает санитарное состояние почвы и агроценозов. Вследствие усиления физического, химического, биологического загрязнения снижается самоочищающаяся способность почвы, повышается ее токсичность, инфекционный и инвазионный потенциал, негативное влияние на качество продукции растениеводства, окружающей среды, состояние здоровья населения. Оценка санитарного состояния почвы является обязательной при определении и прогнозе степени ее опасности для здоровья и условий проживания населения, разработке мероприятий по рекультивации загрязненных земель, профилактике инфекционной и неинфекционной заболеваемости, при решении очередности санационных мероприятий в рамках комплексных природоохранных программ.

Согласно ГОСТ 17.4.2.01 санитарное состояние почв – это совокупность физико-химических, химических и биологических свойств, которые определяют влияние или потенциальное влияние почвы на здоровье людей. В соответствии с МУ 2.1.7.730-99 санитарное состояние почвы – это совокупность физико-химических и биологических свойств почвы, определяющих качество и степень ее безопасности в эпидемиологическом и гигиеническом отношениях.

Санитарная оценка почв сельскохозяйственных угодий проводится по санитарно-химическим, санитарно-бактериологическим, санитарно-гельминтологическим, санитарно-энтомологическим показателям.

Санитарное обследование земель. Обязательным предварительным этапом оценки санитарного состояния почвы является ее санитарное обследование, включающее составление картосхем, выбор площадок наблюдения.

Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте. При неоднородности рельефа площадки выбирают по элементам рельефа. На территорию, подлежащую контролю, составляют описание с указанием адреса, точки отбора, общего рельефа микрорайона, расположение мест отбора и источников загрязнения, растительного покрова, характера землепользования, уровня грунтовых вод, типа почвы и других данных, необходимых для правильной оценки и трактовки результатов анализов образцов.

При оценке почв сельскохозяйственных территорий пробы почвы отбирают 2 раза в год (весна, осень) с глубины 0-25 см. На каждые 15 га закладывается в среднем не менее одной площадки размером 100-200 м² в зависимости от рельефа местности и условий землепользования.

Точечные пробы отбирают в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 с соблюдением стерильности для санитарно-микробиологического и гельминтологического анализов на пробной площадке методом конвертов. Методика отбора проб почвы для оценки санитарного состояния почв приведены в табл. 2.76.

Объединенную пробу составляют из равных по объему точечных (не менее 5), отобранных на одной площадке. Объединенные пробы должны быть упакованы в чистые полиэтиленовые пакеты, закрыты, маркированы, зарегистрированы в журнале отбора проб и пронумерованы. На каждую пробу составляется сопроводительный талон, вместе с которым проба вкладывается во второй внешний пакет, что обеспечивает целостность и безопасность их транспортирования. Время от отбора проб до начала их исследований не должно превышать 1 суток.

2.76. Методика отбора проб почвы для оценки санитарного состояния почвы (МУ 2.1.7.730-99)

Характер анализа	Частота отбора проб	Размещение пробных площадок	Необходимое количество пробных площадок	Размер пробных площадок	Количество объединенных проб с одной площадки	Глубина отбора проб, см	Масса объединенной пробы
Санитарно-химический	Не менее 1 раз/год	На разных расстояниях от источника загрязнения	Не менее 1 в каждом месте контроля	25 м ²	Одна из не менее, чем 5 точек по 200 г каждая	Послойно 0-5 5-20	1 кг
В т.ч. на тяжелые металлы	Не менее 1 раза в 3 года						
Бактериологический	Не менее 1 раз/год	В местах возможного нахождения людей	На площади 100 м ² одна площадка	25 м ²	10 из 3-х точечных по 200-250 г каждая	Послойно 0-5 5-20	600-750 г
Гельминто-	2-3 раза/год	То же, что	На площади	25 м ²	4-10 каждая из	По-	200

логический		и для бактериологии	100 м ² одна площадка		10 точечных по 20 г каждая	слоисто 0-5 5-10 м	
Энтомологический	Не менее 2 раза/год	Мусоросборники разных типов, свалки, иловые площадки	Вокруг одного объекта 10 площадок	0,2х2м	1 из 10 площадок	10	1 кг
Оценка биологической активности почв (динамика самоочищения)	В течение 3 мес. (вегетационный период) 1-й – мес. – еженедельно, затем 1 раз/мес.	Не менее 1 экспериментальной и 1 контрольной площадки		25 м ²	1 объединенная из не менее, чем 5 точечных по 200 г	0-25	1 кг

Подготовка проб к анализу проводится в соответствии с видом анализа. В лаборатории проба освобождается от посторонних примесей, доводится до воздушно-сухого состояния, тщательно перемешивается и делится на части для проведения анализа. Отдельно оставляется контрольная часть от каждой анализируемой пробы (около 200 г) и хранится в холодильнике 2 недели на случай арбитража.

В таблице 2.77 приведены основные показатели оценки санитарного состояния почв сельскохозяйственных угодий, функциональных зон, территорий.

2.77. Объекты наблюдения и основные показатели оценки санитарного состояния почв (показатели выбраны с учетом ГОСТ 17.4.2.01-81 с изм. № 1 от 1985 г. (СТ СЭВ4470-84))

Наименование показателя	Объекты наблюдения (функциональные зоны, территории)						
	жилая зона	детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов	зоны санитарной охраны водоемов	рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки)	транспортные магистрали	промышленная зона	с.-х. земли (опытные поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства)
1. Санитарное число (отношение белкового азота к общему органическому азоту)	±	±	±	-	-	-	-
2. Аммонийный азот, мг/кг	+	+	+	+	-	±	±
3. Нитратный азот, мг/кг	+	+	+	+	-	±	+
4. Хлориды, мг/кг	±	±	±	±	-	±	±
5. pH	+	+	+	+	+	+	+
6. Пестициды (остаточные количества*), мг/кг	+	+	+	+	-	±	+
7. Тяжелые металлы**, мг/кг	+	+	+	±	+	+	+
8. Нефть и нефтепродукты, мг/кг	+	±	+	±	+	±	+
9. Фенолы летучие, мг/кг	+	±	+	+	±	+	±

10.Сернистые соединения**, мг/кг	+	±	+	+	+	+	±
11.Детергенты**, мг/кг	+	±	+	+	-	+	±
12.Канцерогенные вещества**, мг/кг	+	+	+	+	+	+	+
13.Мышьяк, мг/кг	+	+	+	+	+	+	+
14.Полихлорированные бифенилы, мкг/кг	+	+	+	±	±	±	±
15.Цианиды, мг/кг**	+	+	+	+	+	+	+
16.Радиоактивные вещества**, Ки/г	+	+	+	+	+	+	+
17.Макрохимические удобрения*, г/кг	±	±	+	±	-	-	-
18.Микрохимические удобрения*, мг/кг	±	±	+	±	-	-	-
19.Лактозоположительные кишечные палочки (Коли формы)***, индекс	+	+	+	+	+	+	+
20.Энтерококки (фекальные стрептококки), индекс	+	+	+	+	+	+	+
21.Патогенные микроорганизмы (по эпидпоказаниям), индекс	+	+	+	+	+	+	+
22.Яйца и личинки гельминтов (жизнеспособных), экз./кг	+	+	+	+	+	+	+
23.Цисты кишечных патогенных простейших, экз./100 г	+	+	+	+	+	+	+
24.Личинки и куколки синантропных мух, экз./в почве площади 20х20 см	+	+	+	+	±	±	±

Примечания: * - выбор конкретного показателя зависит от характера используемых средств химизации сельского хозяйства; ** - выбор показателя зависит от характера выбросов источника загрязнения (промышленные, транспортные, коммунальные и др.); *** - допускается определение фекальных форм. Знак «+» означает обязательность определения показателя при определении санитарного состояния почв, знак «-» - показатель необязательный, знак «±» - показатель обязательный при наличии источника загрязнения.

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-химическим показателям. Основным критерием оценки санитарного состояния почв по степени их химического загрязнения является предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. Оценка степени опасности химического загрязнения почв, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится согласно требованиям МУ 2.1.7.730-99.

Оценка санитарного состояния почвы по санитарно-химическим показателям осуществляется по величине санитарного числа и динамике содержания в почве аммиачного и нитратного азота, в отдельных случаях хлоридов. Санитарное число С – косвенно характеризует процесс гумификации органического вещества и позволяет оценить самоочищающую способность почвы от органических загрязнений. Санитарное число С – это отношение количества азота гумусовых веществ почвы «А» к количеству органического азота «В». Таким образом, частное от деления: $C=A/B$. Оценка санитарного состояния почвы по этому показателю проводится в соответствии с таблицей 2.78.

Химическими показателями процессов разложения азотсодержащего органического вещества в почве являются аммонийный и нитратный азот. Аммонийный азот, нитратный азот и хлориды характеризуют уровень загрязнения почвы органическим веществом. Оценку почв по этим показателям целесообразно осуществлять в динамике или путем сравнения с незагрязненной почвой (контроль).

2.78. Оценка чистоты почвы по санитарному числу (155)

Характеристика почв	Санитарное число
Практически чистая	0,98 и больше
Слабо загрязненная	от 0,85 до 0,98
Загрязненная	от 0,70 до 0,85
Сильно загрязненная	меньше 0,70

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-бактериологическим показателям. Оценка санитарного состояния почвы по степени ее биологического загрязнения проводится с использованием санитарно-бактериологических (косвенных и прямых), санитарно-паразитологических, санитарно-энтомологических показателей.

Косвенные санитарно-бактериологические показатели характеризуют интенсивность биологической нагрузки на почву и выражаются через наличие санитарно-показательных организмов группы кишечной палочки (БГКП – колииндекс) и фекальных стрептококков (индекс энтерококков).

Прямые санитарно-бактериологические показатели характеризуют эпидемиологическую опасность почвы и выражаются через обнаружение, идентификацию возбудителей кишечных инфекций, патогенных энтеробактерий, энтеровирусов.

Почву оценивают как «чистую» без ограничений по санитарно-бактериологическим показателям при отсутствии патогенных бактерий и индексе санитарно-показательных микроорганизмов до 10 клеток на грамм почвы (таблица 2.79).

О возможности загрязнения почвы сальмонеллами свидетельствует индекс санитарно-показательных организмов (БГКП и энтерококков) 10 и более клеток/г почвы.

Концентрация колифага в почве на уровне 10 КОЕ на г и более свидетельствует об инфицировании почвы энтеровирусами.

Санитарно-бактериологические исследования проводятся в соответствии с нормативно-методической литературой (126,129).

**2.79. Схема оценки эпидемической опасности почв населенных пунктов
(МУ 2.1.7.730-99)**

Объекты	Категория загрязнения	Показатели, кл/г						
		Кишечные палочки	Энтеро-Бактерии	Патогенные энтеро-бактерии	Энтеро-вирусы	Яйца гельминтов, экз./кг, аскарид, власоглавов, токсокар, онкосфер, тениид	Цисты кишечных патогенных простейших*, экз./100 г	Личинки (л) и куколки (к) мух экз. с площади 20x20 см
Зоны повышенного риска: сельскохозяйственные земли с ненормированным применением удобрений на основе органических отходов	Чистая	1-9	1-9	-	-	-	-	-
	Загрязненная	10 и выше	10 и выше	+	+	+	+	Л – до 10, К – отсутствие
Зоны санитарной охраны водоемов	Чистая	1-9	1-9	1-9	-	-	-	
	Загрязненная	10 и выше	10 и выше	10 и выше	+	+	+	Л – до 10, К – отсутствие
Санитарно-защитные зоны	Чистая	1-99	1-99	-		До 5	До 5	
	Загрязненная	100 и выше	100 и выше	+	+	Свыше 5	Свыше 5	Л – до 10, К – отсутствие

Примечание. * - цисты кишечных простейших: лямблей, амеб, балантидий, криптоспоридий. «--» - отсутствие в почве, «+» - наличие в почве.

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-паразитологическим показателям. Важным показателем санитарного состояния почвы является наличие в ней возбудителей паразитарных болезней.

При оценке эпидемиологической опасности и степени загрязнения почвы возбудителями паразитарных болезней определяют:

- вид возбудителей;
- их жизнеспособность и инвазионность;
- экстенсивный показатель загрязнения «А» - отношение числа положительных проб «Б» (пробы почвы, в которых обнаружены возбудители паразитарных болезней), к общему числу исследованных проб («С») в процентах: $A = B/C \times 100$;
- интенсивный показатель загрязнения, общее содержание возбудителей паразитарных болезней в 1 кг (или 100 г) почвы.

Количественные критерии паразитологического загрязнения почв различных территорий представлены в таблице 2.79.

Санитарно-паразитологические исследования почвы проводятся в соответствии с методическими указаниями Минздрава (119).

Оценка санитарного состояния земель по санитарно-энтомологическим показателям. Одним из критериев санитарного состояния почвы является отсутствие или наличие в ней на площадке размером 20х20 см преимагинальных форм (личинки, куколки) синантропных мух. Оценка санитарного состояния почв по наличию в ней личинок и куколок мух проводится в соответствии с таблицей 4. Наличие личинок и куколок в почве является показателем неудовлетворительного ее санитарного состояния.

Санитарно-энтомологические исследования проводятся в соответствии с методическими указаниями Минздрава.

Оценка санитарного состояния земель по биологической активности почвы. Заключение о санитарном состоянии земель. Санитарное состояние, способность почвы к самоочищению могут оцениваться посредством определения изменения ее биологической активности. Основными интегральными показателями биологической активности почвы являются: общая микробная численность (ОМЧ), численность основных групп почвенных микроорганизмов (почвенных сапрофитных бактерий, актиномицетов, почвенных микромицетов), показатели интенсивности трансформации соединений углерода и азота в почве («дыхание» почвы, «санитарное число», динамика азота аммиака и нитратов в почве, азотфиксация, аммонификация, нитрификация и денитрификация), динамика кислотности и окислительно-восстановительного потенциала в почве, активность ферментативных систем и другие показатели.

Методики измерений и оценки биологической активности почвы приведены в указаниях Минздрава (120).

Почву можно считать «незагрязненной» по показателям биологической активности при изменениях в микробиологических показателях не более 50% и биохимических не более 25% по сравнению с такими же для контрольных, принятых в качестве чистых незагрязненных почв.

Заключение о санитарном состоянии почв агробиоценозов составляется по соответствию результатов проводимых токсикологических, микробиологических, биохимических, ветеринарно-санитарных, гигиенических исследований требованиям нормативов безопасности.

2.9. Оценка устойчивости ландшафтов и агроландшафтов и их антропогенной преобразованности

2.9.1. Экологическая устойчивость природных ландшафтов

В основе современной парадигмы природопользования (sustainable development) лежит экологический императив, под которым понимаются требования сохранения окружающей среды при условии экологического равновесия. *Природное экологическое равновесие* – это баланс средообразующих

компонентов и естественных процессов, обеспечивающий длительное существование определенных экосистем или их эволюцию в ходе сукцессии в сторону климаксовых сообществ.

Равновесие биогеоценозов складывается в результате баланса противоположно направленных процессов: продукционного и деструкционного; гумификации и минерализации; образования и разрушения структуры почвы; уплотнения и разуплотнения почв; поступления и выноса веществ; поступления токсикантов и их разложения; эрозионных процессов и почвообразования; соотношения биологических видов; соотношения процессов, определяющих подвижность биогенных элементов.

Важнейшей характеристикой экологического равновесия является экологическая устойчивость.

Устойчивость природного ландшафта – это его способность в условиях возмущающих воздействий сохранять структуру и саморегулирующееся функционирование в пределах естественного колебания параметров.

В соответствии с особенностями структуры и функционирования различаются определенные виды экологической устойчивости ландшафтов и почв. В частности, А.Д.Фокиным (218) рассматриваются 3 вида устойчивости природных экосистем, в основе которых лежат механизмы саморегулирования и самоорганизации: структурно-статическая, функционально-динамическая и буферность.

Под *структурно-статической устойчивостью* понимается свойство экосистемы при возмущающих воздействиях сохранять стабильные состав и соотношение между отдельными структурными компонентами системы.

Функционально-динамическая устойчивость – свойство почвы или экосистемы сохранять стабильное функционирование, которое определяется устойчивостью и сбалансированностью отдельных звеньев биогеохимических потоков и биохимических циклов в целом.

Буферность – способность почвы и наземной экосистемы к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

Саморегулирование ландшафта – свойство ландшафта в процессе его функционирования сохранять на определенном уровне режимы и характеристики связей между компонентами.

Самоорганизация ландшафта – процесс создания, развития и воспроизведения или восстановления структуры ландшафта. Процессы самоорганизации имеют место только в системах, обладающих высоким уровнем сложности и большим количеством элементов.

Важнейшим элементом самоорганизации является *самоочищение ландшафта* – способность перерабатывать (сортировать, осаждать, разлагать и т.д.) или выводить за свои пределы загрязняющие вещества. Наибольшей способностью к самоочищению обладают ландшафты с высокой интенсивностью круговорота веществ.

2.9.2. Устойчивость агроландшафтов

Исходя из общебиологических представлений функционирования культурного ландшафта, т. е. выполнения им ресурсовоспроизводящих, природоохранных и других функций, необходимо постоянное поддержание его производственно-экологического потенциала. В геоэкологии и социальной экологии это требование нашло отражение в законе социально-экологического равновесия. Целесообразное природно-антропогенное (социоэкологическое) равновесие есть баланс средообразующих компонентов, природных и природно-антропогенных процессов на уровне, дающем максимальный эколого-социально-экономический эффект (173). Любой сдвиг экологического и социоэкологического равновесия требует если не перестройки хозяйства, то значительных вложений для его «доадаптации». При планировании и прогнозировании следует исходить либо из существующего равновесия, и тогда системно поддерживать его на месте, либо из направления его изменений, и тогда выделять специальные средства для ликвидации социоэкологических дисбалансов (нести расходы по адаптации).

В свете этих представлений понятия устойчивости агроландшафта и устойчивости природного ландшафта, иногда отождествляемые, принципиально различаются. Устойчивость природного ландшафта часто не имеет агрономического значения, особенно когда речь идет о такырах, солончаках, солонцах, болотах и т.д. Агронома интересует не устойчивость, а податливость таких ландшафтов мелиорации и освоению. В отличие от саморегулирующегося функционирования природного ландшафта, агроландшафт функционирует в режиме, заданном человеком. Его устойчивость связана с поддержанием заданных параметров функционирования (определенного физико-химического состояния почв, гидрологического режима и др.) ценой определенных усилий. Цена устойчивости агроландшафта включает затраты на поддержание производительных и экологических функций, в том числе природоохранных.

Таким образом, *устойчивость агроландшафта* – это способность поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные.

В соответствии с основными функциями рассматриваются и основные виды устойчивости агроландшафтов, как составной части сельскохозяйственных ландшафтов.

1. *Экологическая устойчивость* агроландшафтов реализуется режимами: органического вещества, биогенных элементов, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, структурного состояния и сложения почвы, воздуха, влаги, тепла, биогенности, биологической активности почвы, фитосанитарного состояния агроценозов. В зависимости от объектов и механизмов действия экологическая устойчивость подразделяется на:

- *физическую* (устойчивость литоосновы, противоэрозионная устойчивость);

- *биологическую* (восстановительные и защитные функции растительности, устойчивость против вредных организмов);
- *геохимическую* (способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению их токсичности, буферность, противостояние засолению);
- *гидрогеологическую и гидрологическую* (противостояние остепнению, опустыниванию, заболачиванию).

С экологической устойчивостью агроландшафта связано выполнение биосферных, общеэкологических функций – сохранения почв, растительного и животного мира, запасов поверхностных и подземных вод, их качества, поддержания оптимального состава атмосферы.

- 2. *Агрономическая (производительная) устойчивость* включает устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции. Она оценивается по коэффициенту вариации показателя.
- 3. *Экономическая устойчивость* характеризуется экономическими параметрами производства.

В отличие от природных экосистем, которые ориентированы на выживание с помощью природных механизмов, агроэкосистемы ориентированы на урожайность и определенное качество продукции. Экологическая устойчивость первых несравненно выше, чем вторых. Это определяет особый интерес к механизмам природной устойчивости (естественно, речь идет об экосистемах высокой биопродуктивности и механизмах ее обеспечения), их использованию при формировании агроландшафтов. В основе этих механизмов лежит биологический круговорот веществ при большом видовом разнообразии и высокой численности организмов, что является главным фактором обеспечения устойчивости.

В большинстве агроценозов биологическая продуктивность меньше, чем в естественных ценозах, особенно велики различия по общим запасам фитомассы. Пополнение запасов органического вещества, повышение биогенности почв – общее условие повышения устойчивости агроландшафтов.

В процессе трансформации ландшафта для поддержания нового его состояния требуются специальные затраты, и по мере интенсификации производства возрастает цена экологической устойчивости. Цена устойчивости агроландшафта тем больше, чем сильнее отличаются требования сельскохозяйственных культур и животных от агроэкологических условий ландшафта.

Наименьшей ценой устойчивости характеризуются наиболее благополучные по условиям возделывания полевых культур плакорные лесостепные и степные черноземные агроландшафты.

Устойчивость эрозионных ландшафтов при распашке сильно снижается из-за эрозии, усиления поверхностного стока. Использование их в полевой культуре требует обеспечения экологической устойчивости с помощью противоэрозионных систем земледелия, сдерживающих потери почвы в допустимых пределах.

При создании агроландшафтов на солонцовых и засоленных почвах достигается новое состояние водно-солевого режима и свойств почв, устойчивость которого поддерживается системами мелиоративных и агротехнологических мер. Цена устойчивости в большой мере зависит от степени совпадения вектора агрономической трансформации ландшафта с природными процессами. Она снижается при однонаправленности мелиоративных изменений и природных процессов (рассоления и рассолонцевания на хорошо дренированных остаточных солонцовых комплексах), и возрастает, если мелиорация направлена на преодоление активного засоления и осолонцевания, поддерживаемого близкими засоленными грунтовыми водами.

В таежной зоне цена агроэкологической устойчивости агроландшафтов пропорциональна требованиям окультуренности почв. Ее повышение находится в противоречии с элювиальными процессами, заболачиванием. Поддержание определенной степени окультуренности почв требует постоянного сдерживания этих процессов и компенсации потерь внесением извести, удобрений, травосеяния и др.

На осушенных болотно-подзолистых и болотных почвах в цену экологической устойчивости агроландшафтов входят поддержание оптимального водно-воздушного режима, сдерживание сработки торфа, предотвращение и недопущение обсыхания и деградации смежных ландшафтов и др.

Количество контрольных параметров устойчивости агроландшафтов сильно различается в зависимости от их категорий, уровня интенсификации производства, характера и степени внешних воздействий.

Цена общей устойчивости агроландшафта включает затраты на обеспечение устойчивости всех видов: производительной, экологической и социально-экономической.

Цена экологической устойчивости агроландшафта включает затраты на мероприятия по охране почв от разрушения и поддержание экологических функций. Она должна входить в затраты товаропроизводителя на получение продукции и соответственно – в цену товара. Прежнее хозяйствование без платы за природные ресурсы и без ответственности за их эксплуатацию порождало экологические риски, бедствия и катастрофы. Товаропроизводители обязаны обеспечивать экологическую устойчивость агроландшафта и нести ответственность за загрязнение, эрозию и другие проявления деградации ландшафтов и почв. Государство должно выполнять контрольные функции и создавать благоприятные условия для производственной и природоохранной деятельности, регулируя ее экономическими, юридическими и другими средствами.

Если агротехнологии адаптированы к ландшафту, то операции, направленные на достижение определенной продуктивности, способствуют повышению его экологической устойчивости. Например, сокращение поверхностного стока противоэрозионными мероприятиями снижает темпы эрозии и повышает урожайность за счет дополнительного влагонакопления.

Однако такое совпадение часто не является полным. Затраты на предотвращение деградации часто оказываются выше стоимости прибавки урожая. Еще выше затраты на преодоление последствий деградации, прекращение оврагообразования путем проведения гидротехнических, лесомелиоративных и других затратных мероприятий.

Введение понятия *цены устойчивости агроландшафта*, включающей затраты на освоение, использование и природоохранные мероприятия, позволило бы объективно выбирать оптимальное решение по использованию ресурсов, особенно в сложных ландшафтах. Методология адаптивной интенсификации предполагает различные комбинации приспособительных мероприятий, сплошных или выборочных мелиораций, адекватный подбор агротехнологий различной интенсивности. Довольно часто сплошные мелиорации больших массивов не только повышают цену устойчивости мелиорированных земель, но и создают проблему неустойчивости смежных ландшафтов. Стремление выровнять по плодородию большие участки нередко заканчивается неудачами в связи с восстановлением природных геохимических потоков, развитием труднопрогнозируемых постмелиоративных процессов.

Поддержание разнообразия ландшафтов оправдывается с разных точек зрения. Сохранение в природном состоянии сложных ландшафтов способствует поддержанию биологического разнообразия, вывод из активного сельскохозяйственного оборота маргинальных земель позволит сконцентрировать на лучших землях производственные ресурсы и освоить современные агротехнологии.

Низкая устойчивость агроландшафтов по сравнению с природными ландшафтами связана с нарушением механизмов саморегуляции. Уничтожение естественной растительности резко снижает сопротивляемость почв эрозии. Интенсивная обработка способствует переуплотнению почв. Все это приводит к усилению поверхностного и уменьшению грунтового стока, обсыханию территории, усилению окислительных процессов и соответственно снижению содержания органического вещества в почвах. Обедняется и резко сокращается почвенная фауна. Снижается численность и активность микрофлоры, чему способствует применение пестицидов. Резко снижается емкость и интенсивность биологического круговорота веществ. Беднеет генофонд. Возникновение в агроценозах множества свободных экологических ниш, доступных сорнякам, вредителям и патогенам, обуславливает ухудшение фито-санитарной ситуации, при повторных посевах возникает почвоутомление.

Необходимо ориентироваться на те режимы функционирования агроэкосистем, которые позволили бы значительно увеличить потенциал их саморегуляции. Чем ближе они к природным, тем устойчивее агроэкосистемы.

Непременное условие экологизации агроландшафтов – создание оптимальной инфраструктуры: устройство экологического каркаса в виде лесов, лугов, водоемов, что в определенной мере обеспечивает стабилизацию гидрорежимов, поддержание биологического разнообразия, в частности, числен-

ности видов (птиц, энтомофагов и др.), конкурирующих с полевыми вредителями.

Оптимизация структуры агроландшафта включает рациональное размещение севооборотов, полей, производственных участков, лесных и кустарниковых полос, противоэрозионную и мелиоративную организацию территории. Важное условие экологизации земледелия – поддержание максимальной поверхности почвы под растениями или растительными остатками. Мульчирование поверхности почвы в известной мере воспроизводит защитную роль лесной подстилки или степного войлока.

Развивая понятие экологической устойчивости агроландшафтов, следует рассматривать его в контексте природно-антропогенной эволюции, которая может складываться в направлении окультуривания или деградации. Весь диапазон возможной эволюции можно описать S-образной кривой, проходящей через нуль-пункт, соответствующий состоянию устойчивого природного ландшафта (рисунок 2.14).

Уровни окультуривания почв – субъективные категории, устанавливаемые по критериям почвенного плодородия для разных сельскохозяйственных культур. Однако окультуривание имеет и объективные эколого-экономические пределы. Они определяются состоянием нового равновесия между противодействующими процессами, например, в таежных ландшафтах – биогенно-аккумулятивными с одной стороны, и элювиальными (выщелачивание, оподзоливание, лессиваж, элювиально-глеевые процессы) и деструктивными с другой стороны. Стремление максимального преодоления тех или иных природных процессов наталкивается на большие экономические издержки и неблагоприятные экологические последствия. Оптимальный уровень экологического равновесия и устойчивости агроландшафта в направлении окультуривания должно получить количественное выражение.

Такой же количественный подход необходим и в отношении деградации ландшафта. В данной связи заслуживает определенного внимания принцип оценки деградации почв и почвенного покрова по «увеличению затрат различного рода ресурсов (энергетических, сырьевых, информационных и прочих) для достижения ранее полученного количества и качества продукции и/или ограничений на дальнейшую деятельность человека» (222). Данная позиция должна быть усилена экологическими требованиями как приоритетными (экологический императив), поскольку агроландшафт – это не только сфера производственной деятельности, но и среда обитания человека и часть биосферы. Поэтому при оценке деградации ландшафтов и почв на первый план выходит степень сохранения экологических функций. Сохранение их не всегда совпадает с понижением продуктивности и не сразу замечается. Например, снижение экологических функций ландшафта в результате эрозии (особенно на фоне удобрений) или сработки торфа может не сопровождаться уменьшением урожайности вплоть до выхода на поверхность почвообразую-

щей или подстилающей породы, когда экологический ущерб от потери почвы многократно перекрывается экологическим ущербом на все времена.

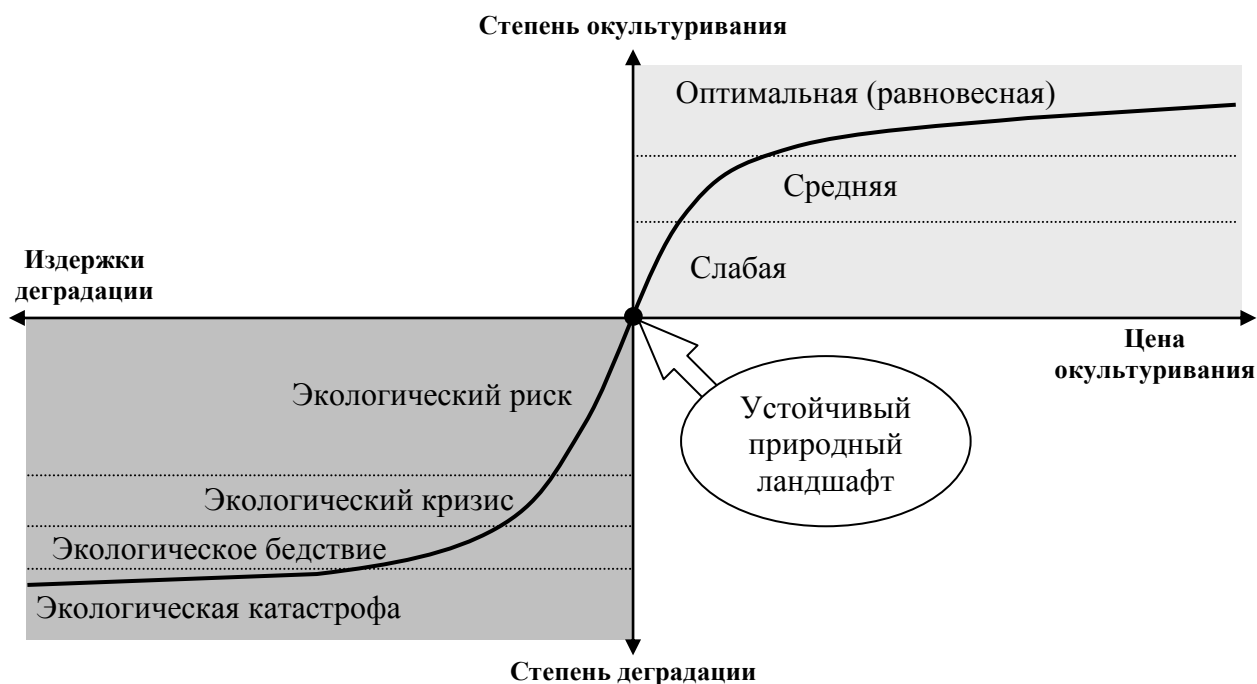


Рис. 2.14. Природно-антропогенная эволюция ландшафтов

Изучение агроэкосистем, как производных экосистем, представляет особый интерес в отношении понимания механизмов трансформации, функционирования природных и антропогенных биотических сообществ, их взаимодействия с изменяющейся средой, динамики биологического круговорота веществ. Только на основе этих представлений можно пытаться приближать устойчивость агроэкосистем к природным экосистемам. Это весьма трудная задача вопреки излишней оптимистичности многих авторов, касающихся этой проблемы.

2.9.3. Оценка деградации агроландшафтов и почв

Деградация агроландшафта (исходя из позиций экологического императива, – это негативные изменения, выражающиеся в снижении или утрате им способности выполнять функции воспроизводства ресурсов и среды и социально-экономические функции. Виды деградации агроландшафтов различаются зависимости от природы процессов.

1. *Физическая:* плоскостной сыв и линейный размыв, дефляционный снос почв, расчленение территории оврагами, увеличение площади эродированных почв, выход на поверхность почвообразующих и подстилающих пород, усиление сложности и контрастности почвенного покрова, ухудшение физических свойств почв, увеличение площади подвижных песков, засыпание и заиливание водоемов

2. *Биологическая*: деградация растительного покрова, уменьшение биологического разнообразия, снижение биологической продуктивности.
3. *Геохимическая*: нарушение круговорота веществ (ослабление биологического, усиление геологического круговорота); засоление (повышение минерализации поверхностных и грунтовых вод, засоление территорий, обнажение соленосных пород); загрязнение вредными веществами почв, поверхностных и грунтовых вод, воздуха
4. *Гидрогеологическая и гидрологическая*: обсыхание территории (усиление поверхностного и сокращение грунтового стока, уменьшение запасов поверхностных и грунтовых вод); заболачивание (затопление, поднятие УГВ выше критического; усиление неоднородности почвенного покрова вследствие формирования полугидроморфных и гидроморфных почв).

В контексте антропогенной трансформации ландшафтов следует рассматривать деградацию почв, понимая под ней устойчивое ухудшение их свойств и связанное с ним сокращение или утрату экологических и производственных функций. Под сокращением экологических функций понимается: снижение биологической продукции и интенсивности биологического круговорота; снижение поступления в атмосферу кислорода; усиление перехода углекислоты из почв в атмосферу; снижение буферной и поглощательной способности почвы; уменьшение биологической активности; ослабление санитарных функций. Различаются следующие виды деградации почв:

- *физическая* (переуплотнение, эрозия, дефляция и др.);
- *физико-химическая* (подкисление, подщелачивание, снижение поглощательной способности и буферности, вторичное засоление, осолонцевание);
- *биологическая* (уменьшение содержания органического вещества, численности и видового состава биоты; снижение биологической активности, почвоутомление);
- *заболачивание*;
- *загрязнение вредными веществами*.

Оценка деградационных процессов пока что не получила должного развития, но определенные разработки на эту тему имеются (таблица 2.80.).

2.80. Оценочные показатели степени деградации агроландшафтов и почв (232)

Показатели	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Деградация ландшафтов					
Увеличение площади средне- и сильно-эродированных почв, % в год	< 0,5	0,6...1,0	1,1...2,0	2,1...5,0	>5,0
Глубина размывов и водороев, см	< 20	21...40	41...100	101...200	> 200
Расчлененность оврагами, км/км ²	< 0,1	0,1...0,3	0,4...0,7	0,8...2,5	> 2,5
Площадь обнаженных почвообразующей и подстилающей пород, % от общей	0...2	3...5	6...10	11...25	> 25
Площадь подвижных песков, % от общей	0...2	3...5	6...15	16...25	> 25
Глубина пресных (<1 г/л) почвенно-	> 1,0	1,0...0,8	0,8...0,6	0,6...0,3	< 0,3

грунтовых вод в гумидной зоне, м					
Глубина минерализованных (>3 г/л) почвенно-грунтовых вод, м	> 7	5,1...7,0	3,1-5,0	2,0...3,0	< 2
Продолжительность затопления (поверхностного переувлажнения), мес.	< 3	4...6	7...12	13...18	> 18
Проективное покрытие пастбищной растительностью, % от зонального	> 90	71...90	51...70	10...50	< 10
Деградация почв					
Увеличение равновесной плотности пахотного слоя, % от исходного	< 10	11...20	21...30	31...40	> 40
Межагрегатная пористость (без учета трещин), см ³ /г	> 0,2	0,11...0,2	0,06...0,1	0,02...0,05	< 0,02
Внутриагрегатная пористость, см ³ /г	> 0,3	0,26...0,3	0,2...0,25	0,17...0,19	< 0,17
Коэффициент фильтрации, м/сут.	> 1,0	0,3...1,0	0,1...0,3	0,01...0,1	< 0,01
Каменистость, % покрытия	< 5	6...15	16...35	36...70	> 70
Уменьшение мощности гумусового профиля (А+В), % от исходного	< 3	3...25	26...50	51...75	> 75
Уменьшение запасов гумуса в профиле почвы (А+В), % от исходного	< 10	11...20	21...40	41...80	> 80
Сработка торфа, мм/год	< 1	1...2,5	2,6...10	11...40	> 40
Потери почвенной массы, т/га в год	< 5	6...25	26...100	101...200	> 200

2.9.4. Экологическая емкость агроландшафта

Чтобы обеспечить экологическую устойчивость агроландшафта, необходимо задать такие параметры производства при которых, технологические нагрузки находились бы в пределах экологической емкости агроландшафта.

Под *экологической емкостью агроландшафта* понимается величина антропогенной нагрузки, которую способен воспринять агроландшафт, сохраняя экологическую и производительную устойчивость. Высказываются предложения разделить земли на разряды по данному критерию, чтобы поставить технологические решения в определенные рамки по уровню интенсивности, объемам и номенклатуре технических средств, агрохимикатов и пр.

Эта проблема давно назрела, имеются определенные научные предпосылки для ее решения хотя бы в первом приближении. Однако ее разработка не организована, так же как проблемы экологического нормирования в целом. Поскольку отсутствует общая методология экологического нормирования, соответствующие экологические нормы не образуют единой системы.

Экологическая емкость агроландшафта – понятие неоднозначное, оно не может быть охарактеризовано одним показателем, поскольку различные виды антропогенной нагрузки (физической, химической, гидрогеохимической и др.) воспринимаются разными элементами системы посредством различных механизмов. Например, способность почв воспринимать возрастающие дозы удобрений, связанное с ними повышение концентрации почвенного раствора и его подкисление, обусловлена буферностью почвы, ее поглощательными свойствами, а способность той же почвы выдерживать пестицидную нагрузку зависит от наличия микрофлоры, способной их разрушить, и

энергетического материала для ее функционирования. Более того, одни и те же почвы противоположным образом могут реагировать на разные нагрузки. Например, песчаные и супесчаные почвы, обладая минимальной экологической емкостью по отношению к химическим нагрузкам (минеральным удобрениям, пестицидам), в то же время способны воспринимать максимальную гидрогеохимическую нагрузку, то есть орошение водами повышенной минерализации, с повышенным содержанием соды.

Характеристика экологической емкости агроландшафта и нормирование техногенно-химических нагрузок должны завершать агроэкологическую оценку земель. В таблице 2.81. показаны основные условия, определяющие экологическую емкость агроландшафтов.

В качестве базового критерия рассматривается положение земельного участка в ландшафте с точки зрения энергомассопереноса, то есть типы геохимических ландшафтов по Полинову-Глазовской. Наибольшей степенью свободы в использовании агрохимических средств характеризуются *элювиальные ландшафты*, наименьшей – *аккумулятивные*. Транзитные ландшафты имеют ограничения по применению удобрений и пестицидов в связи с повышенным поверхностным стоком. Степень ограничений зависит от крутизны склонов и экспозиции. На южных склонах она возрастает в связи с более низкой урожайностью из-за дефицита влаги и большим риском потерь агрохимикатов со стоком.

Процессы энергомассопереноса в различных геохимических ландшафтах соотносятся с типами водного режима. При промывном водном режиме создаются наиболее благоприятные условия для очищения почв от загрязнителей и наиболее велики потери полезных веществ из-за выщелачивания. При непромывном, водозастойном, выпотном, мерзлотном режимах продукты техногенеза за пределы почвенного профиля выносятся очень ограниченно.

В транзитных ландшафтах по мере увеличения крутизны склонов ограничиваются уплотняющие нагрузки, сокращается набор культур, исключается чистый пар, усиливается роль многолетних трав, ограничивается применение отвальной вспашки, усложняется организация территории, вводятся противоэрозионные мероприятия или ограничивается использование в пашне.

Судьба мигрирующих продуктов техногенеза зависит от различного рода геохимических барьеров, в особенности физико-химических. Например, наличие карбонатного, щелочного, сульфатного барьеров существенно повышает экологическую емкость агроландшафтов по отношению к катионам металлов и радионуклидов.

Особо важную роль в обеспечении устойчивости агроландшафтов и их экологической емкости играет емкость катионного обмена почв. Этот показатель интегрирует влияние гумуса, гранулометрического и минералогического состава. По величине ЕКО можно судить об экологической емкости по отношению к химическим нагрузкам. Это относится прежде всего к способности удерживать от вымывания элементы минеральных удобрений, поглощать из

почвенных растворов тяжелые металлы, сдерживая их поступление в растения, обеспечивать буферность по отношению к кислотным и щелочным воздействиям. Представленные в таблице 2.81 градации ЕКО соответствуют пяти группам почв, существенно различающимся по устойчивости к химическим воздействиям.

Особое значение имеет способность почвы разлагать пестициды. Она зависит от биогенности почвы, то есть наличия микроорганизмов-деструкторов, и от запасов органического вещества, необходимого для их жизнедеятельности. Соответственно, косвенным свидетельством способности почвы выдерживать пестицидную нагрузку выступает содержание гумуса, в особенности лабильной его части (детрита), и биологическая активность почвы, самым общим выражением которой является дыхание почвы. Эти же показатели, особенно содержание ЛОВ на фоне определенного содержания гумуса, создающее предпосылки для поддержания водопрочной структуры, могут характеризовать экологическую емкость агроландшафта по отношению к физической нагрузке (использованию различных движителей машин, частоте и характеру почвообработки и т. д.) и в определенной мере – к разрушающему воздействию водной эрозии и дефляции.

Весьма информативным показателем является гранулометрический состав, влияние которого на экологическую емкость существенно изменяется в зависимости от гидротермического режима. Так, в северотаежной подзоне весьма ограничено использование тяжелых почв, в степной и сухостепной зонах малоэффективно использование легких почв.

С учетом сказанного применительно к каждой природно-сельскохозяйственной провинции должны разрабатываться параметры агро-экологической нагрузки, которую выдерживают различные категории агроландшафтов, сохраняя экологическую и агрономическую устойчивость, а также нормативы допустимых экологических нагрузок для различных технологических операций и технологий в целом. При этом их кумулятивный эффект во времени не должен приближаться к экологической емкости агроландшафта. Например уплотняющее влияние агротехнологий на почву лимитируется с учетом ограничений удельного давления движителей по технологическим операциям за весь цикл работ с учетом природных процессов разуплотнения. Другой пример, поступление токсикантов в агроландшафт лимитируется пооперационными и итоговыми нормативами с учетом накопления, миграции и трансформации за весь технологический цикл с учетом предшествовавшего накопления, а также поступления за счет внешних факторов (промышленные выбросы и пр.).

2.81. Основные условия, определяющие экологическую емкость агроландшафта

Типы геохимических ландшафтов	Геохимические барьеры	Тип водного режима	ЕКО, м-экв/100 г почвы	Содержание органического вещества, %:		Гранулометрический состав	Биологическая активность; выделение CO ₂ , мг/10 ^{м²} сут	Крутизна склонов транзитных ландшафтов
				гумуса	С лабильного			
Элювиальные Элювиально-аккумулятивные Трансэлювиальные Трансэлювиально-аккумулятивные Супераккумулятивные Транссупераккумулятивные	Окислительный Восстановительный Карбонатный Сульфатный Щелочной Кислый Адсорбционный Испарительный Термодинамический	Мерзлотный Водозастойный Периодически водозастойный Промывной Периодически промывной Промывной сезонно-сухой Непромывной Аридный Выпотной Десуктивно-выпотной Паводковый Амфибиальный Ирригационный Осушительный	< 10 11...20 21...30 31...40 > 40	< 1 1...2 2...3 3...4 4...6 6...8 8...10 > 10	< 0,1 0,1...0,2 0,2...0,4 0,4...0,6 > 0,6	Пески Супеси Легкие суглинки Средние суглинки Тяжелые суглинки Легкие глины Средние глины Тяжелые глины	< 5 5...10 10...15 15...20 20...25 > 25	1...2° 2...3° 3...5° 5...7° 7...10° > 10°

3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

3.1. Принципиальная схема агроэкологической типизации земель

Развитие землеоценочных работ для земледельческих целей надолго задержалось на стадии агропроизводственных группировок почв, несмотря на успехи почвоведения и смежных наук. Существенными их недостатками являются весьма ограниченная оценка геоморфологических, гидрогеологических, микроклиматических условий и слабое отражение структуры почвенного покрова. Вполне очевидно, что при агропроизводственной оценке земельного массива агроном сталкивается с понятием более сложным, чем агропроизводственная группа почв.

Если при освоении зональных систем земледелия недостатки агропроизводственной группировки почв часто находились в пределах точности землеустроительного проектирования, ориентированного на крупные поля в угоду “большой механизации”, то при формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия с ними мириться нельзя. Нужна более дифференцированная землеоценочная основа. Соответственно обострилась необходимость разработки агроэкологической типологии земель, путь к которой прокладывался рядом исследователей.

С учетом этих работ (170, 49, 32, 220, 228 и др) В.И. Кирюшиным разработана новая агроэкологическая типология земель, обусловленная требованиями адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ). Исходное требование АЛСЗ определяется важнейшим системообразующим началом – агроэкологическими потребностями растений и их средообразующим влиянием. Поэтому в основу типологии положен вслед за Л.Г. Раменским (170) агроэкологический тип земель, то есть территория однородная по условиям возделывания сельскохозяйственной культуры или близких по экологическим требованиям культур.

Другое требование, вытекающее из определения АЛСЗ – экологический адрес. Она создается для определенной агроэкологической группы земель: плакорных, эрозионных, переувлажненных т.д.

Третье требование к системе земледелия как ландшафтной, означает, что каждая агроэкологическая группа земель представляет собой агроландшафт в его структурно-функциональной иерархии с присущими ему особенностями энергомассопереноса. В этом радикальное отличие данной категории от традиционной агропроизводственной группы почв.

Построение агроэкологических типов и групп земель осуществляется из первичных элементов агроландшафта.

В качестве первичного структурного элемента рассматривается элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), под которым понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или

элементарной почвенной структурой при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях.

Таким образом, предложенная схема агроэкологической типизации земель (рис.3.1), является каркасом для построения АЛСЗ: агроэкологической группе отвечает система земледелия; в пределах агроэкологических типов формируются севообороты, сенокосообороты, пастбищеобороты и агротехнологии; агроэкологические виды земель определяют технологические операции. Совокупность агроэкологических групп земель в пределах природно-сельскохозяйственной провинции составляет зонально-провинциальный агрокомплекс.



Рис. 3.1 Агроэкологическая типизация земель (75,78)

Чтобы спроектировать АЛСЗ, необходимо посредством почвенно-ландшафтного картографирования идентифицировать агроэкологическую группу и виды земель, то есть ЭАА и сформировать типы земель. Последняя процедура выполняется путем сопоставления агроэкологических параметров культур с такими же параметрами земель. Близкие по экологическим условиям ЭАА объединяются в типы земель.

Количество агроэкологических параметров, по которым проводится оценка ЭАА зависит от уровня интенсификации производства. Естественно, эти параметры должны быть ранжированы в определенной структурной иерархии. В качестве таковой предложена ландшафтно-экологическая классификация земель.

3.2. Ландшафтно-экологическая классификация земель

Ландшафтно-экологическая классификация земель должна быть продолжением их агроэкологического районирования, которое нужно осуществлять исходя из соответствия экологических параметров среды адаптивному потенциалу сельскохозяйственных растений. Агроэкологическое районирование призвано интегрировать ландшафтное и экологическое направления и пока только разрабатывается. Поэтому на данном этапе можно исходить из существующей схемы природно-сельскохозяйственного районирования частично представленной в табл. 3.1, формируя агроэкологическую классификацию земель на уровне климатической провинции природной зоны или подзоны для равнинных территорий (рис. 3.1 и рис. 3.2.) и провинций горных областей.

Классификация включает агроэкологические группы земель, разряды, классы, подклассы, роды, подро́ды и виды земель (рис. 3.2.).

Агроэкологические группы земель выделяются по ведущим агроэкологическим факторам, определяющим направление их сельскохозяйственного использования (влагообеспеченность, эрозия, переувлажнение, периодическое затопление, засоление, солонцеватость, литогенез и т.д.); степени проявления этих факторов и сопутствующим лимитирующим факторам.

3.1. Природно-сельскохозяйственное районирование России (50)

Зоны и провинции	Пло- щадь, %	Агроклиматические пока- затели			
		КУ	КК	СТ>10 ⁰	Бк
Умеренный пояс					
4. ЮЖНО-ТАЕЖНО-ЛЕСНАЯ ЗОНА, ниже среднего и среднеобеспеченная теплом, преимущественно избыточно влажная и влажная с преобладанием дерново-подзолистых почв	12,6	0,77-1,33	193 (111-274)	1400-2600	97 (55-139)
4.1. Прибалтийская южно-таежно-лесная, умеренно континентальная, ниже среднего обеспеченная теплом, избыточно влажная с преобладанием дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв, преимущественно средней биологической продуктивности	15,6	>1,3	118 (111-140)	1600-2300	104 (88-126)
4.3. Среднерусская южно-таежно-лесная, средне-	24,0	1,0-1.3	158 (142-	1600-2400	104 (88-

континентальная, ниже среднего обеспеченная теплом, избыточно влажная и влажная, с преобладанием дерново-подзолистых почв средней биологической продуктивности			180)		128)
4.4. Западносибирская южно-таежно-лесная, среднеконтинентальная, недостаточно и ниже среднего обеспеченная теплом, влажная, с преобладанием дерново-подзолистых почв и широким распространением болотных почв, продуктивность - средняя	21,5	0,77-1,00	187 (180-199)	1500-1800	88 (82-96)
4.5. Среднесибирская южно-таежно-лесная, очень континентальная, ниже среднего обеспеченная теплом, полувлажная с широким распространением мерзлотно-таежных почв, пониженной биологической продуктивности	11,0	0,77-1,00	225 (217-228)	1400-1600	76 (64-85)
4.6. Дальневосточно-Сахалинская южно-таежно-лесная, муссонная, недостаточно и ниже среднего обеспеченная теплом, избыточно влажная и влажная, с преобладанием дерново-подзолистых и подзолисто-буроземных почв, средней и пониженной биологической продуктивности	12,1	1,0-1,3	233 (191-274)	1400-2000	93 (55-112)
4.7. Дальневосточно-Амуро-Уссурийская южно-таежно-лесная, муссонная, средне обеспеченная теплом, влажная, с широким распространением подзолисто-буроземных почв, повышенной и средней биологической продуктивности	6,2	1,0-1,3	134 (122-146)	2000-2600	126 (110-139)
5. ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНА, преимущественно полувлажная, средне и ниже среднего обеспеченная теплом, с господством серых лесных почв, выщелоченных и типичных черноземов.	6,9	0,7-1,1	199 (166-233)	1400-2800	98 (66-131)
5.2. Среднерусская лесостепная – среднеконтинентальная, полувлажная и влажная (северо-западная часть), средне обеспеченная теплом, с широким распространением среднегумусных и мощных черноземов, серых лесных почв, средней и повышенной биологической продуктивности	25,6	0,8-1,1	175 (166-184)	2000-2800	111 (91-131)
5.3. Предуральская, лесостепная – среднеконтинентальная, полувлажная, ниже среднего обеспеченная теплом, с широким распространением среднemocных черноземов и серых лесных почв, средней биологической продуктивности	13,9	0,7-1,1	186 (181-191)	1600-2500	97 (85-110)
5.4. Западносибирская лесостепная – среднеконтинентальная, полувлажная и полузасушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с широким распространением выщелоченных черноземов, лугово-черноземных солонцеватых почв, лугово-степных солонцов и солодей, средней биологической продуктивности	25,7	0,7-1,0	198 (189-208)	1800-2200	97 (96-99)
5.5. Северопредалтайская лесостепная – континентальная, полувлажная и влажная, ниже среднего обеспеченная теплом, с преобладанием средне-	8,9	0,8-1,1	202 (197-208)	1600-2000	94 (88-99)

мощных, среднегумусных черноземов, средней биологической продуктивности					
5.6. Среднесибирская лесостепная – среднеконтинентальная, полувлажная и полужасушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с широким распространением серых лесных почв; пониженной биологической продуктивности	9,3	0,7-1,1	225 (198-233)	1400-1700	78 (66-91)
6. СТЕПНАЯ ЗОНА, полужасушливая, засушливая, выше среднего, средне и ниже среднего обеспеченная теплом, с господством обыкновенных и южных черноземов	5,6	0,4-0,9	215 (167-263)	1400-3600	112 (57-167)
6.2. Предкавказская степная и лесостепная – умеренно и среднеконтинентальная, засушливая и полувлажная, выше среднего и повышенно обеспеченная теплом, с господством мощных мицелярно-карбонатных черноземов, повышенной биологической продуктивности.	10,9	0,4-1,0	177 (167-187)	2800-3600	136 (106-167)
6.3. Южнорусская степная – умеренно и среднеконтинентальная, полужасушливая и засушливая, средне и выше среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднemosных, местами солонцеватых черноземов, средней биологической продуктивности	12,6	0,4-0,8	186 (177-195)	2400-3300	109 (92-126)
6.4. Заволжская степная – среднеконтинентальная, полужасушливая и засушливая, среднеобеспеченная теплом, с преобладанием среднemosных, местами солонцеватых черноземов, средней биологической продуктивности	0,8	0,3-0,7	206 (197-216)	2200-2800	82 (61-103)
6.5. Казахская степная средне и очень континентальная, полужасушливая и засушливая, средне и ниже среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднemosных черноземов, с широким распространением карбонатных и солонцеватых черноземов средней биологической продуктивности	–	0,4-0,7	212-223	2000-2400	63-95
6.6. Западнопредалтайская степная – очень континентальная, полужасушливая и засушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднemosных черноземов, пониженной биологической продуктивности	7,1	0,4-0,8	211 (206-216)	1600-2300	84 (72-96)
6.7. Восточносибирская степная – очень и резкоконтинентальная, засушливая и полужасушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с распространением маломощных черноземов и каштановых почв, пониженной биологической продуктивности	15,8	0,4-0,8	239 (215-263)	1400-2000	71 (57-85)
7. СУХОСТЕПНАЯ ЗОНА, очень засушливая, выше среднего обеспеченная теплом, темнокаштановых и каштановых почв	3,3	0,3-0,5	202 (180-224)	2500-3600	77 (57-98)
7.2. Манычско-Донская сухостепная – среднеконтинентальная, очень засушливая, выше среднего и	17,6	0,3-0,5	197 (180-	2700-3600	78 (59-98)

повышенно обеспеченная теплом, с широким распространением темнокаштановых и каштановых почв, местами мицелярно-карбонатных; пониженной и средней биологической продуктивности			205)		
7.3. Заволжская сухостепная – средне и очень континентальная, очень засушливая, выше среднего обеспеченная теплом, с распространением темнокаштановых солонцовых почв и солонцеватых комплексов, пониженной и средней биологической продуктивности	18,2	0,3-0,5	216 (209-224)	2500-3100	63 (57-70)
8. ПОЛУПУСТЫННАЯ ЗОНА – полусухая необеспеченная влагой, выше среднего и хорошо обеспеченная теплом, с господством светлокаштановых почв и широким распространением лугово-солонцовых комплексов	5,6	0,2-0,4	217 (205-232)	2800-3600	42 (10-75)
8.1. Прикаспийская полупустынная – средне и очень континентальная, полусухая, выше среднего и повышенно обеспеченная теплом, с господством светло-каштановых почв и широким распространением лугово-солонцеватых комплексов, очень низкой биологической продуктивности и высокой - в условиях оптимального увлажнения	38,7	0,2-0,4	217 (205-232)	2800-3600	42 (10-75)
9. ПУСТЫННАЯ ЗОНА – сухая и очень сухая, выше среднего и повышенно обеспеченная теплом, с господством бурых и серо-бурых почв, песков и солончаков	5,6	01-02	223 (206-240)	3200-4000	21 (10-33)
9.1. Арало-Каспийская пустынная – очень континентальная, сухая и очень сухая, повышенно обеспеченная теплом, с преобладанием бурых и серо-бурых почв, очень низкой биологической продуктивности и высокой – в условиях оптимального увлажнения	37,3	0,1-0,2	223 (206-240)	3200-4000	21 (10-33)

Примечания: КУ – коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову

КК – коэффициент континентальности климата по Н.Н. Иванову

Принадлежность территории к группе земель устанавливается на основе данных агроэкологической оценки. Идентификация ведущего лимитирующего фактора и степени его проявления обычно не представляет трудностей.

В качестве базовой категории, наиболее полно отражающей зонально-провинциальные условия, выделяются *плакорные земли*. Их выделение является исходной позицией при разделении подзональной провинции по условиям формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Это равнинные дренированные территории с коэффициентом расчленения менее $0,5 \text{ км/км}^2$, занятые преимущественно автоморфными зональными почвами на четвертичных отложениях с ограниченным перераспределением осадков и других агроклиматических ресурсов по отношению к среднемноголетним ха-

рактикам. На таких землях, с которых начиналось сельскохозяйственное освоение территорий, сложились традиционные системы земледелия с соответствующим набором культур и агротехникой, впоследствии названной зональной.

Эрозионные земли имеют значительный удельный вес в составе сельскохозяйственных угодий. Они включают несколько агроэкологических групп земель с коэффициентом расчленения территории более $0,15 \text{ км/км}^2$ и преобладанием в почвенном покрове смытых почв. Характеризуются перераспределением влаги вследствие поверхностного стока. С усилением стока развивается водная эрозия почвы, которая наносит ущерб земледелию. В результате потери влаги проявляются почвенные засухи, и тем сильнее, чем больше расчленен рельеф. С увеличением расчлененности территории (густоты и глубины расчленения) усложняется ее дифференциация, а отсюда и разнообразие экологических условий, требующих различного подхода к выделению и использованию земельных угодий.

С учетом степени расчлененности территории возможно выделение нескольких групп эрозионных земель, требующих разных систем земледелия. Значения показателей горизонтального расчленения территории, соответствующие определенным эрозионным группам земель, должны уточняться для различных природных зон и литолого-геоморфологических условий.

Слабоэрозионные земли – волнистые, холмисто-волнистые, увалисто-волнистые, полого-увалистые и т. п. равнины с коэффициентом расчленения $0,5 \dots 0,8 \text{ км/км}^2$ и соответственно средним расстоянием между тальвегами $2,0 \dots 1,0 \text{ км}$, преобладающей крутизной поверхности $1 \dots 3^\circ$ и слабосмытыми почвами.

Среднеэрозионные земли – увалистые равнины с коэффициентом расчленения $1,0 \dots 2,0 \text{ км/км}^2$ (средним расстоянием между тальвегами $1,0 \dots 0,5 \text{ км}$), преобладающей крутизной $3 \dots 5^\circ$ и среднесмытыми почвами.

Сильноэрозионные земли – увалистые равнины с коэффициентом расчленения $2,0 \dots 3,0 \text{ км/км}^2$ (средним расстоянием между тальвегами $0,5 \dots 0,33 \text{ км}$), преобладающей крутизной $5 \dots 8^\circ$ и сильносмытыми почвами.

Очень сильноэрозионные земли – ландшафты с коэффициентом расчленения более $3,0 \text{ км/км}^2$ (средним расстоянием между тальвегами менее $0,33 \text{ км}$), преобладающей крутизной более 8° , сильносмытыми почвами и обнажениями почвообразующих пород.

Переувлажненные земли – довольно обширная категория, имеющая одну общую характеристику – экологическое переувлажнение, определяющее необходимость применения осушения при возделывании различных групп районированных сельскохозяйственных культур. Четкие признаки гидроморфизма почв не всегда означают неблагоприятность эколого-гидрологических условий для роста и развития культур.

Переувлажненные земли разделяются в зависимости от гидрологического режима, степени экологического переувлажнения и соответственно характера их использования.

На *слабопереувлажненных землях* наблюдается угнетение наиболее чувствительных к избыточному увлажнению культур в годы с превышением нормы осадков. Это слабодренированные равнины с полугидроморфными почвами. Улучшение их достигается путем выравнивания микрорельефа планировкой, применением глубокого рыхления почвы. Осушение проводится только под плодовые культуры.

Среднепереувлажненные земли требуют устройства дренажа для большинства полевых культур, а без него могут использоваться только как естественные или улучшенные сенокосы и пастбища.

Сильнопереувлажненные земли в качестве любого вида угодий осваиваются после специальных гидротехнических мелиораций.

Особую группу представляют *пойменные земли*, увлажняемые и заболоченные намывными русловыми (поверхностными) водами.

Литогенные земли формируются на древних почвообразующих породах или их дериватах. Специфика земель этой агроэкологической группы связана с неблагоприятным литогенезом.

Группы литогенных земель выделяются в зависимости от генезиса почвообразующих пород и причин, определяющих неблагоприятные свойства сформированных на них почв.

Земли на древних каолиновых корках выветривания и их дериватах отличаются очень низкой емкостью обмена, пылеватостью, бесструктурностью, повышенным уплотнением почв и в конечном итоге весьма ограниченными возможностями сельскохозяйственного использования.

Земли на третичных морских монтмориллонитовых глинах характеризуются комплексом неблагоприятных свойств почв, связанных с избытком монтмориллонита (высокая набухаемость и связность, низкая водопроницаемость, глыбистость, трещиноватость).

Песчаные земли во всех зонах и супесчаные в степной и сухостепной следует относить к этой группе ввиду резко пониженной влагообеспеченности посевов из-за малой влагоемкости почв, очень низкой поглотительной способности и других неблагоприятных свойств.

Земли на элювии плотных пород имеют очень ограниченное использование вследствие щебнистости почв, маломощности мелкоземистой толщи.

Солонцовые земли включают несколько групп, в почвенном покрове которых присутствует более 10 % солонцов. Они требуют определенных мелиоративных мероприятий и различных систем использования. Разделение их на группы целесообразно производить по условиям комплексности и гидрогеологического режима. Последовательность ранжирования солонцовых земель в зависимости от сложности освоения и характера использования отражает пространственно-геохимическую сопряженность ландшафтов: мелиора-

тивное рассоление и рассолонцевание более высоких по рельефу территорий, усиливая естественные тренды этих процессов в автоморфных и полугидроморфных почвах, способствует более интенсивному засолению смежных территорий с луговыми солонцовыми комплексами. В соответствии с оценками интенсивности геохимических потоков в сопряженных ландшафтах следует разрабатывать планировать размещение мелиоративных мероприятий и интенсивность систем земледелия.

Почвенный покров *малосолонцово-автоморфных земель* образован комплексами зональных почв с солонцами степными и лугово-степными 10...25 %. Малосолонцовые земли можно использовать в пашне в специальной системе земледелия при выборочной мелиорации пятен солонцов.

Среднесолонцово-автоморфные земли с комплексами зональных, полугидроморфных почв с участием степных и лугово-степных солонцов 25...50% ограничено пригодны для использования в пашне на фоне мелиоративных мероприятий при подборе солонцеустойчивых полевых культур.

Солонцово-гидроморфные земли с комплексами луговых почв и солонцов (до 50 %) используются под сенокосы и пастбища.

Сильносолонцовые земли образованы комплексами солонцов (более 50 %) с зональными солонцеватыми и полугидроморфными почвами.

Солонцово-солончаковые земли представлены комплексами сильно засоленных солонцов и солончаков.

Земли овражно-балочного комплекса (ОБК) характеризуются чрезвычайно сильной расчлененностью рельефа и глубокой деградацией почвенного покрова. Границы этих земель проходят по бровкам крупных эрозионных форм (лощин, балок и т.д.). Разделение на группы осуществляется в зависимости от сложности геоморфологических условий, которая определяется типом суходольной сети (составом элементов и глубиной вреза): *лощинные, лощинно-балочные, овражно-балочные, овражные*.

Перечень агроэкологических групп земель можно продолжить (засоленные земли, мерзлотные земли и т.п.). Соответствующие им адаптивно-ландшафтные системы земледелия могут быть пространственно сплошными, рассредоточенными, локальными, оазисными (в пустыне) или очаговыми (в районах Крайнего Севера).

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА

(плакорные, эрозионные, переувлажненные, солонцовые)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГРУППА

(по степени проявления лимитирующих факторов)

РАЗРЯДЫ I ПОРЯДКА

(местоположение по абсолютным высотам над уровнем моря)

РАЗРЯДЫ II ПОРЯДКА

(по морфогенетическим типам рельефа)

КЛАССЫ

(по генезису почвообразующих пород)

ПОДКЛАССЫ

(по гранулометрическому составу почвообразующих пород)

РОДЫ

(по мезоформам рельефа)

ПОДРОДЫ

(1 – по крутизне склонов, 2 – по экспозиции склонов)

ВИДЫ

(по элементарным почвенным структурам)

ПОДВИДЫ

(1 – по контрастности ЭПС, 2 – по сложности ЭПС)

Рис.3.2 Схема ландшафтно-экологической классификации земель

Далее ландшафтно-экологическая классификация земель продолжается в пределах агроэкологических групп и подгрупп земель.

Разряды I порядка выделяют по абсолютным высотам над уровнем моря с интервалами, отражающими смену экологических условий возделывания культур. В горных районах этот фактор определяет вертикальную зональность. В известной мере проявляется его влияние на водный и тепловой режимы равнин. На уровне разряда с учетом местных особенностей целесообразно выделять местоположения – очень высокие, высокие, средние, низкие, а речные террасы – верхние, вторая надпойменная, первая надпойменная, пойма.

Разряды II порядка выделяются по морфологическим типам рельефа (для равнин): плоские, волнистые, холмистые, увалистые, плоско-холмистые, волнисто-увалистые и другие комбинации.

Классы земель различаются по генезису почвообразующих пород (покровные, ледниковые, флювиогляциальные, аллювиальные, лессы, элювий коренных пород и т. д.), **подклассы** – по гранулометрическому составу.

Роды земель выделяются по мезоформам рельефа и их элементам:

- плоские положения на увалах, грядах и т. д;
- склон прямой;
- склон выпуклый;
- склон вогнутый;
- днище балки, лощины.

Подроды земель по крутизне склонов. Эти характеристики несут весьма емкую агроэкологическую нагрузку, поскольку данный фактор играет важную роль в перераспределении влаги и развитии эрозионных процессов. Градации склонов по крутизне устанавливаются исходя из условий проявления водной эрозии с учетом местных климатических и литологических условий, определяющих ее развитие. Для большинства районов черноземной зоны эти градации находятся в следующих пределах:

- равнинные земли с уклонами до 1° , в гумидных районах они склонны к переувлажнению в связи со слабым стоком;
- земли с очень пологими склонами $1...2^{\circ}$, выделяются в гумидных районах как наиболее благоприятные в отношении водного режима и в то же время еще не подвергающиеся активному воздействию стока и смыва; нередко требуются противоэрозионные меры;
- земли с уклонами $2...3^{\circ}$, подверженные слабой эрозии; на них вводятся противоэрозионные агротехнические мероприятия;
- земли с уклонами $3...5^{\circ}$ используются в полевых севооборотах с исключением пропашных культур и выполнением противоэрозионного агрокомплекса;
- земли с уклонами $5...7^{\circ}$ используются в почвозащитных севооборотах с многолетними травами;
- земли с уклонами $7...9^{\circ}$, подверженные сильному смыву и размыву, непригодные для возделывания полевых культур, используются в пастбищеоборотах;
- земли с уклонами $9...15^{\circ}$, пригодные для ограниченного выпаса;
- земли с уклонами $15...30^{\circ}$, не пригодные для земледелия, отводятся под лесоразведение.

Подроды земель по экспозиции склонов. Выделяются с целью идентификации территории с близкими микроклиматическими условиями:

- на равнинах;
- на теплых склонах (южные и западные экспозиции);
- на холодных склонах (северные и восточные экспозиции).

Виды земель (ЭАА) выделяются по категориям микроструктур почвенного покрова (микрокомбинациям), включающим: элементарные почвенные ареалы, комплексы, пятнистости, мозаики и ташеты.

Подвиды земель. Виды земель, представленные контрастными микрокомбинациями, подразделяются на подвиды по степени контрастности, которая устанавливается по принадлежности почвенных компонентов к различным категориям земель по ограничивающим факторам и способам их преодоления (подвиды 1-го порядка) и по сложности почвенного покрова, которая устанавливается по доле участия компонентов в микрокомбинациях с учетом расчлененности контуров (подвиды 2-го порядка). Почвенные компоненты комбинаций характеризуются в соответствии с классификацией почв.

3.3. Классификация почв

3.3.1. Предпосылки совершенствования классификации почв.

В России в качестве базовой принята классификация почв, разработанная Н.Н. Розовым и Е.Н. Ивановой (186). На ее основе этими авторами были разработаны «Указания по классификации и диагностике почв» (215), а затем с их участием подготовлено методическое руководство «Классификация и диагностика почв СССР» (88). Эти руководства используются для почвенно-картографических, земельнооценочных и кадастровых работ в течение многих лет без переиздания. Данная классификация рассматривается как основная в учебниках почвоведения для сельскохозяйственных ВУЗов.

В последние годы она активно, хотя и неоднозначно подвергается критике за факторно-экологический подход с использованием на характеристик климата, растительности, рельефа, поскольку в этом случае объектом классификации становится уже не почва как самостоятельное естественноисторическое тело, а нечто иное – ландшафт или экосистема. С этим трудно не согласиться, поскольку классификация почв должна строиться на основе почвенных признаков, обусловленных перечисленными выше условиями.

Путь создания такой классификации определен в ряде работ, где она обозначена как субстантивно-генетическая (89, 204, 219, 233 и др) и основывается на строении, составе и свойствах почв, которые рассматриваются «как единство, обусловленное общностью определяющих их элементарных процессов и факторов почвообразования» (219). При этом представление о генезисе почвы входит в классификацию в опосредованном виде, опираясь на генетически обусловленные ее свойства. По определению И.А. Соколова (204) «построение классификации, в которой вся система, все таксоны несут генетический смысл, а диагностика объектов осуществляется по количественно измеренным устойчивым субстантивным признакам» позволит разрешить

традиционное противоречие между принципом генетичности и принципом однозначной воспроизводимости.

Решение этой непростой задачи потребует немалых усилий. При этом следует иметь в виду, что освобождение базовой классификации почв от экологических и географических характеристик, необходимых для сельскохозяйственных целей, должно сопровождаться развитием ландшафтно-экологической классификации земель.

В последние годы в качестве альтернативы действующей базовой классификации почв предложена новая "Классификация почв России" (89), построенная на субстантивных началах. Она представляет значительный интерес по ряду позиций, однако авторы ее ушли в противоположную крайность, форсируя вещественную формализацию критериев в ущерб процессно-эволюционному подходу. Очевидно, ориентируясь на развитие субстантивных аспектов базовой классификации, необходимо совершенствовать диагностику современных (опосредующих влияние экологических факторов) и реликтовых признаков почв, их состав, свойства, режимы, по которым воспроизводятся элементарные почвенные процессы и соответственно генетические различия почв, но не сводить к формальным характеристикам, а стало быть, к ущемлению генетического начала классификации.

В данной связи вполне правомерно замечание С.В. Зонна (52) по поводу «опасности отхода от докучаевских принципов», в частности «выделения так называемых агроземов, отличающихся от типов и особенно подтипов почв только тем, что в них нарушены верхние горизонты агротехническими, агрохимическими и другими воздействиями».

Классификация антропогенно трансформированных почв должна отражать направленность их эволюции и соответственно последовательное преобразование на уровне видов, родов, подтипов, типов в зависимости от глубины трансформации, которая может быть очень сложной. Например, слабоосвоенные дерново-подзолистые почвы без существенного изменения их свойств целесообразно выделять на уровне вида; освоенные и окультуренные – на уровне подтипов, культурные – в качестве типа. Несмотря на достижение весьма благоприятных свойств и подавленность процессов оподзоливания и лессиважа дерново-подзолистые культурные почвы будут постепенно возвращаться в исходное или близкое к нему состояние, если прекратится соответствующее вложение производственных ресурсов.

Антропогенный ряд болотно-подзолистых почв также начинается с вида слабоосвоенных. После осушения искусственным дренажом эти почвы трансформируются в тип болотно-подзолистых осушенных, утративших признаки оглеения вследствие прекращения элювиально-глеевого процесса. Дальнейшая эволюция данных почв зависит от интенсивности их окультуривания. Соответственно по степени окультуренности тип болотно-подзолистых осушенных почв разделяется на подтипы освоенных и окультуренных, а болотно-подзолистые осушенные культурные выделяются на

уровне типа. Несмотря на высокую окультуренность этих почв и подавленность элювиальных процессов, которые обычно проявляются в подпахотных горизонтах, при отводе в залежь данные почвы эволюционируют в сторону восстановления подзолистости, а при разрушении дренажных систем восстанавливаются элювиально-глеевые процессы и формируются вторично-заболоченные почвы.

Другим примером сложной антропогенной эволюции почв и отражения ее в классификации, но уже для засушливых зон, может служить иерархия солонцов, трансформированных в процессе освоения и мелиорации.

Большая часть солонцов, распаханная на обычную глубину подъема целинных земель 18...20 см, классифицирована на уровне вида слабоосвоенных. Часть их, особенно остаточные, заметно улучшаются в процессе длительного использования в пашне, другая часть солонцов с более высоким содержанием обменного натрия, особенно луговых, практически не изменяется.

Существенное улучшение степных и лугово-степных солонцов, особенно малонатриевых высококарбонатных или высокогипсовых, наблюдается в результате более глубокой вспашки (30 см и более). Такие солонцы, сохраняющие гетерогенное строение пахотного слоя, но отличающиеся пониженным содержанием обменного натрия, более глубоким залеганием солей и более благоприятными физическими свойствами, выделяются как освоенные на уровне рода (88).

Солонцы, подвергшиеся химической мелиорации или самомелиорации и характеризующиеся достаточно однородным пахотным горизонтом с содержанием обменного натрия менее 10 % от ЕКО, значительным рассолением, выделяются как преобразованные на уровне подтипа. Наконец, на уровне типа выделяются глубокопреобразованные солонцы, утратившие в верхних горизонтах признаки солонцеватости.

Этот эволюционный процесс существенно ускоряется, если мелиоративные воздействия совпадают с природными процессами рассоления и рассолонцевания, характерными для большей части автоморфных солонцов в отличие от гидроморфных, характеризующихся активной физико-химической солонцеватостью, которая поддерживается влиянием засоленных грунтовых вод. Попытки их мелиорации без дренажа и промывок дают кратковременный эффект. Таким образом, классификационный термин «солонцы гидроморфные, или луговые», или «солонцы автоморфные, или степные», несут чрезвычайно емкую почвенно-режимную информацию. Отказ от этих категорий в упомянутой классификации (89) – слишком большая жертва в угоду формально субстантивной терминологии.

В целом базовая классификация почв должна быть синтетической, использующей лучшие достижения развиваемых направлений в России и за рубежом. Сведение ее к отдельным подходам едва ли перспективно. Понимая недостаточность факторно-генетического и эволюционно-генетического направлений, не обеспечивающих детальность отображения разнообразия

почв и четкость диагностики, нельзя недооценивать интерпретационного подхода для раскрытия генезиса почв, идентификации процессов почвообразования, их регулирования и прогноза по мере развития науки. В то же время опасно чрезмерное увлечение «субстантивной» составляющей классификации, возведения характеристик профиля в ранг «самодостаточных» критериев классификации, что неизбежно привносит элемент формальности, искусственности в классификацию (38).

Нельзя игнорировать и эколого-географическую характеристику выделяемых таксонов почвенной классификации и историю развития почвы с ее реликтовыми признаками и современными режимами почвообразования.

Очевидно, новое направление естественнонаучной классификации почв должно развиваться с учетом преодоления отмеченных недостатков.

3.3.2. Схема классификации почв и критерии выделения таксонов.

На данном этапе следует опираться на действующую классификацию почв (88) как базовую с изменениями и дополнениями, учитывающими новые достижения, в том числе использованные в классификации (89).

В обновленном виде система таксономических единиц представлена на рисунке 3.3, схема классификации почв на надтиповом и типовом уровне – в таблице 3.2, систематика почв – в таблице 3.3. В схему включены почвы, имеющие наибольшее значение в земледелии соответствующих зон и практике мелиорации (не показаны арктические и тундровые почвы, глееподзолистые, горные и др).

Наиболее значительными изменениями классификации являются: более детальное выделение климатических подгрупп и за этот счет исключение уровня фациальных подтипов; замена био-физико-химических групп на отделы; введение семейств аккумулятивно-гумусовых литогенных и аккумулятивно-карбонатных почв; упорядочение систематики антропогенно измененных почв в соответствии с характером и степенью их трансформации.

Внесенные изменения и дополнения далеко не исчерпывают возможности совершенствования классификации на основе имеющихся фактических материалов на местах, требующих соответствующего анализа и обобщения. Некоторые позиции, включенные в схему классификации, требуют конкретизации и углубленной диагностики, например, введение типов степных литогенных аккумулятивно-гумусовых почв на песках, древних породах (каолиновых корках выветривания, морских монтмориллонитовых глинах, элювии карбонатных пород) и т. п. Особенно нуждается в доработке отражение литологических особенностей и антропогенной преобразованности (деградации и проградации) на должных таксономических уровнях (в зависимости от степени проявления) и с необходимой подробностью.

ОБЩАЯ СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ

ЗОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ

таежно-лесные, лесостепные, степные, сухостепные, полупустынные и др.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОДГРУППЫ

очень холодные, холодные, умеренные, умеренно теплые, теплые, очень теплые; мерзлотные, длительно промерзающие, промерзающие, кратковременно промерзающие, периодически промерзающие, непромерзающие

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЯДЫ ПО РЕЖИМУ УВЛАЖНЕНИЯ

автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные

ОТДЕЛЫ

текстурно-дифференцированные, альфегумусовые, аккумулятивно-гумусовые, аккумулятивно-карбонатные, малогумусовые аккумулятивно-карбонатные, метаморфические, феррсиаллитные, дерновые органо-аккумулятивные, органогенные, щелочные глинисто дифференцированные, галоморфные, аллювиальные, вулканические, антропогенно-аккумулятивные

СЕМЕЙСТВА

в зависимости от особенностей литологии, резко влияющих на почвообразование, выраженных на уровне общих для всего профиля генетических признаков

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ

по проявлению основного процесса почвообразования, выраженного в строении профиля, характеризующегося единой системой основных диагностических горизонтов

ПОДТИПЫ

по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования в связи с подзональной сменой условий, выраженных в модификациях генетических горизонтов

РОДЫ

по влиянию местных условий, выраженных на уровне признаков отдельных генетических горизонтов

ВИДЫ

по степени развития почвообразовательных процессов

РАЗНОВИДНОСТИ

по гранулометрическому составу

РАЗРЯДЫ

по генетическим свойствам почвообразующих пород

Рис.3.3

В соответствии с предлагаемой схемой (рис. 3.3) верхний таксономический уровень классификации представлен *зональными экологическими группами*, которые характеризуются типом растительности (таежно-лесные, лесостепные, степные и т. д.), суммой температур почвы на глубине 20 см, длительностью отрицательных температур почвы на той же глубине в месяцах и коэффициентом увлажнения. Группы разделены на *климатические подгруппы* по фаціальным особенностям термического режима почв. По режиму увлажнения выделяются ряды автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные. Эти уровни представляют собой экологический каркас, в который погружается собственно почвенная классификация, начинающаяся отделами. Отделы, заимствованные из (89), выделяются по свойствам важнейших характеристик строения почвенного профиля и физико-химических свойств почв и соответственно однонаправленности главных процессов почвообразования, в частности: по характеру дифференциации почвенного профиля (альфегумусовые, текстурно-дифференцированные, щелочные глинисто-дифференцированные), по интенсивности вторичного субэкрального минералообразования (метаморфические сипаллитные, феррсипаллитные, ферраллитные), по характеру гумусонакопления (дерновые органно-аккумулятивные, аккумулятивно-гумусовые, малогумусовые аккумулятивно-карбонатные), по одновременно протеканию процессов почвообразования и литогенеза (аллювиальные, вулканические, ирригационно-аккумулятивные), по доминированию резко выделяющихся факторов и процессов, таких как криогенез (мерзлотные), галогенез (галоморфные).

Основная единица классификации – *генетический тип*, к которому относятся почвы, развивающиеся в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризующиеся ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами. Тип почвы характеризуется единством режимов и процессов почвообразования, которые отражаются в единой системе основных диагностических горизонтов и общности свойств.

Следующая таксономическая единица – *подтип* – объединяет почвы, качественно отличающиеся по проявлению основного и налагающихся процессов почвообразования, отражает последовательное изменение свойств почв при переходе от типа к типу и диагностируется по качественным модификациям основных генетических горизонтов. При выделении подтипов учитывают процессы, связанные с подзональной сменой природных условий.

Род – таксономическая единица в пределах подтипа, определяемая качественными локальными особенностями почвообразования (литологическими, гидрогеологическими), эволюции и антропогенной трансформации (деградации). Роды диагностируются на уровне отдельных морфологических, физико-химических и химических признаков генетических горизонтов.

Вид – таксономическая единица, количественно характеризующая степень выраженности процессов, определяющих тип, подтип и род почв. Сте-

пень развития почвенных процессов характеризуется показателями мощности тех или иных генетических горизонтов, содержания какого-либо вещества, его запасов; для слабовыраженных процессов определяется лишь их наличие (например, виды слабоглееватых, слабоосвоенных, слабосмытых почв).

Разновидности почв определяются по гранулометрическому составу верхних почвенных горизонтов и почвообразующих пород, каменистости и скелетности.

Разряды почв выделяется по генетическому типу, гранулометрическому составу и важнейшим химическим особенностям почвообразующих и подстилающих пород (моренные, моренные карбонатные, покровные, аллювиальные и т. д.), мощности мелкоземистой части профиля.

Выделение антропогенно-преобразованных почв производится на уровне типов, подтипов, родов и видов в зависимости от степени их преобразования.

3.3.3. Генетические горизонты и признаки.

Почвенный генетический горизонт – слой почвы, формирующийся под воздействием определенных почвообразовательных процессов.

Генетические горизонты выделяются по сумме субстантивных признаков и свойств, обусловленных формирующими их процессами. Определенное сочетание горизонтов отражает специфику почв типового таксономического уровня и такие горизонты можно рассматривать как типодиагностические.

Для обозначения почвенных горизонтов в качестве базовой сохраняется система А – В – С, дополненная с учетом (89). При сложном строении профиля переходные горизонты обозначаются сдвоенными индексами (A_1A_2 , A_2B или BA_2 и т. д.).

Качественные особенности генетических горизонтов, не нарушающие основные диагностические показатели, и потому не влияющие на идентификацию почв на типовом уровне, могут рассматриваться как *генетические признаки* почв, служащие основанием для выделения подтипов и родов. Для обозначения процесса, сопутствующего основному, используются строчные латинские буквы, употребляемые вместе с основными индексами горизонтов (карбонатность – *k*, оглеение – *g*, засоленность – *s* и др.).

Наряду с традиционной системой А – В – С применяются и другие системы обозначения горизонтов почв. В данном отношении особый интерес представляет система обозначения и диагностики генетических горизонтов, представленная в работе (89), которая частично представлена в таблице 3.1.

3.1. Системы генетических горизонтов почв различных классификаций

Классификация почв СССР (88)			Классификации почв России (89)	
Ин-декс		Название и диагностические признаки горизонтов	Ин-декс	Название и дагностические признаки горизонтов
1	2	3	4	5
1.Поверхностные органогенные горизонты:				
А _о , А _д	0	Лесная подстилка, степной войлок. Сложен разлагающимися растительными остатками с примесью минеральных частиц.	О	Подстилично-торфяной. Поверхностный, состоит из органического мате­рала разной степени разложения (<50%) и раз­ного ботанического состава. Органического вещества >35%. Мощность до 10 см. Может быть стратифицирован по сте­пени разложения.
Т	Т	Торф.	Т	Торфяной. Состоит из органического материала разной степени разложения (<50%) и разного ботанического состава. Органического вещества >35%. Мощность 10...50 см. Формируется при регулярном переувлажнении, подстилается минеральным оглеенным или водонасыщенным горизонтом. Выделяется в постлитогенных и синлитогенных почвах.
			ТО	Олиготрофно-торфяной. Формируется в верхней части торфяной толщи. Состоит преимущественно из остатков сфаг­новых мхов разной степени разложения (<50%), органического вещества >35%. Окраска светлая, зольность низкая (<6%), реакция сильнокислая или кислая. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой. Фик­сированная мощность 50 см, постепенно переходит в органогенную породу.
			ТЕ	Эутрофно-торфяной. Формируется в верхней части торфяной толщи. Состоит из остатков гидрофильной растительно­сти любого ботанического состава, в которой сфагновые мхи не доминируют. Степень разложения <50%, но, как пра­вило, большая, чем в олиготрофно-торфяном горизонте. Содержание органического вещества >35%. Окраска темная, зольность высокая (6...18%), реакция от кислой до нейтральной. В течение значительной части вегетационного перио­да насыщен водой. Фиксированная мощность 50 см, переходит в органогенную породу.
			ТJ	Сухоторфяной. Состоит из остатков мезофильных растений разной степени разложения, не превышающей 50%, при содержании органического вещества >массы горизонта. Формируется в мезоморфных условиях. В пределах 1 метра подстилается неглеевым минеральным горизонтом, или плотной, реже рыхлой неглеевой породой.
2. Поверхностные органо-минеральные горизонты:				
А	А	Гумусово-аккумулятивный. Горизонт наибольшего накопления органиче­ских (гумуса) и питательных веществ. Имеет чаще всего наиболее темную окраску в профиле.	Н	Перегнойный. Темно-коричневый до черного, мажущийся (пачкает пальцы). Состоит из сильно разложившихся, утра­тивших исходное строение растительных остатков (степень разложения >50%). Органического вещества >25%. На про­тяжении большей части вегетационного периода находится во влажном состоянии. Мощность >10 см.
			АН	Перегнойно-темногумусовый. Темно-серый до черного, иногда с буроватым оттенком, структура непрочная, комкова­тая или комковато-крупитчатая. Содержание гумуса любого типа 10...25%. Содержит растительные остатки разной степени разложения. Степень насыщенности основаниями и кислотность широко варьируют. Мощность обычно <30 см. Характерен для горных почв с луговой растиительностью.
			АО	Грубогумусовый. Темно-бурый, темно-коричневый, мощность >10 см, состоит из грубого органического материала, органического вещества 15...35%. Представлен гомогенной механической смесью органического материала с мине­ральными компонентами, или серией слоев органического материала разных стадий преобразования: торфянистого, перегнойного, грубогумусового, гумусового. Гумусовые вещества в нижней части горизонта имеют низкую степень гумификации, отношение С : N 15...25, нерастворимого остатка до 70...80%. Минеральные зерна обычно без кутан.

Таблица 3.1 (продолжение).

1	2	3	4	5
			AU	Темногумусовый. Темно-серый до черного с бурым, коричневым оттенком, структура хорошо оформлена, водопрочная комковатая, крупитчатая или зернистая, часто копрогенная. В верхних 10 см гумуса >5...6% в, Сгк : Сфк >1, насыщен основаниями, реакция от слабокислой до слабощелочной. Характерен для почв лесостепных и степных ландшафтов.
			W	Гумусовый слабообразованный. Представлен гумусовыми аккумуляциями мощностью <5 см, часто насыщенными живыми корнями. Выделяется как типодиагностический горизонт в почвах, не имеющих других диагностических горизонтов. Если горизонт развивается в пределах агрогоризонтов почв сформированного профиля, в настоящее время не используемых в земледелии, он рассматривается как признак и служит основанием для выделения реградированного подтипа.
			RU	Стратифицированный темногумусовый. Серый или темно-серый, сложен из сортированного, часто агрегированного гумусированного материала, не организованного сложные структурные отдельности. Мощность >40 см, толща слабо-преобразованная, монотонная, визуальна однородная, с тенденцией к горизонтальной делимости (следствие стратификации). Допускается слоистость: гранулометрическая, по размеру агрегатов или гумусности. Содержание гумуса >3...3,5%, в пределах горизонта постоянно или закономерно меняется (без постепенного уменьшения с глубиной).
			RY	Стратифицированный серогумусовый. Светло-серый или серый с бурым или палевым оттенком. Содержание гумуса <3...3,5%, неоднородный, слоистостый. Реакция кислая или слабокислая реакцию, ППК не насыщен основаниями.
			RJ	Стратифицированный светлогумусовый. Светло-серый с буровым или палевым оттенком. Реакция щелочная или нейтральная, ППК насыщен основаниями. Возможно присутствие карбонатов, и, иногда, легкорастворимых солей.
A₁		Гумусово-элювиальный. Наряду с накоплением гумуса идет разрушение минералов и частичный вынос продуктов разрушения.	AY	Серогумусовый, или дерновый. Серый, буровато-серый, структура непрочная комковато-порошистая, в верхних 10 см до 4...6%, иногда до 7...8% гумуса, Сгк : Сфк <1. Может иметь примесь слаборазложившихся растительных остатков, и общее содержание органического вещества до 15%. Насыщенность основаниями <80%, реакция кислая или слабокислая. Обычны признаки элювирования в виде отмытых зерен минералов и перераспределения (сегрегации) железа. Характерен для почв таежных и тундровых гумидных ландшафтов.
			AJ	Светлогумусовый. Светло- или палево-серый, сложение компактное, структура жесткая комковатая 2-го порядка, состоящая из мелкокомковатых прочных отдельностей. Слабо переработан мезофауной. Содержит в верхних 10 см <5% гумуса, Сгк : Сфк близко к 1, насыщен основаниями, реакция от щелочной до нейтральной, часто содержит не оформленные в новообразования карбонаты. Характерен для почв сухостепных и полупустынных аридных ландшафтов.
			AKL	Подкорковый. Парагенетическая ассоциация коркового и подкоркового горизонтов. Корковая часть – прочная, компактная, пористая (до ноздреватой и ячеистой), мощность до 4...7 см, цвет светло-серый, буровато-серый или палевый. Содержание гуматно-фульватного или фульватного гумуса 0,3... 2%. Карбонатов мало или нет. Подкорковая часть мощностью 4...10 см светло-серая, рыхлая, слоевато-чешуйчатой, реже непрочнокомковатой структуры; может отличаться большим содержанием гумуса и ила. Горизонт характерен для почв полупустынных и пустынных ландшафтов.
			AK	Криогумусовый. Каштановый, бурый или красновато-бурый, без серых тонов. Структура не выражена или проявляется слабо. При мощности 15...30 см в верхнем 10см слое, насыщенном корнями, гумуса до 3...7%, у нижней границы до 1...3%. Сгк : Сфк < 1, степень гумификации низкая, содержание нерастворимого остатка до 40...50% (результат денатурации новообразованных органических кислот). Биологическая активность слабая. Может содержать карбонаты. Насыщен основаниями, реакция среды слабощелочная и нейтральная. Формируются в мерзлотных ультраконтинентальных степных и тундрово-степных ландшафтах.

Таблица 3.1 (продолжение).

1	2	3	4	5
A₂	E	Группа элювиальных горизонтов, из которых в процессе почвообразования выносятся ряд веществ в нижележащие горизонты и за пределы почвенного профиля. Результат – обеднение глинистыми минералами, R ₂ O ₃ и остаточное обогащение SiO ₂ . Конкретное название – в зависимости от основного процесса, вызывающего элюирование (подзолистый, осолоделый, надсолонцовый).	E	Подзолистый. Белесый до белого (отсутствуют красящие пленки на минеральных зернах), выделяется контрастно. Чаще всего легкого (песчаного и супесчаного) гранулометрического состава, структура слабовыраженная комковатая или отсутствует. Залегание сплошное, мощность >2 см. Характерно разрушение минералов всех гранулометрических фракций и обеднение минеральной массы R ₂ O ₃ (или только Fe ₂ O ₃) Содержание ила может быть и меньше, и больше, чем в нижележащих горизонтах и породе. Реакция среды кислая или сильнокислая, насыщенность основаниями <50%. Наиболее характерен для альфегумусовых почв.
			EL	Элювиальный. Самый светлый в профиле, часто с сероватым, палевым, буроватым оттенком. Гранулометрический состав не легче супесчаного. Структура плитчатая, слюеватая, чешуйчатая, листоватая или отсутствует. Обычно нижние поверхности педов темнее верхних, соединения Fe и Mn сегрегированы в конкреции. Имеет место разрушение преимущественно тонких гранулометрических фракций. Обеднен по сравнению с нижележащим горизонтом илом и R ₂ O ₃ . Реакция от сильнокислой до нейтральной. Характерен для текстурно-дифференцированных почв.
			AEL	Гумусово-элювиальный. Белесовато-серый или серый с гнездами белесого материала. Структура, как правило, комковатая с тенденцией к горизонтальной делимости. Обеднен илом и полуторными оксидами по сравнению с нижележащим горизонтом; содержит 1...2 % гумуса, C _{гк} : C _{фк} близко к 1, реакция от слабокислой до близкой к нейтральной. Типодиагностический при отсутствии горизонта EL в серых лесных почвах.
			ELM	Элювиально-метаморфический. Светло-бурый с желтыми, красноватыми, палевыми оттенками, светлее срединного горизонта (вследствие повышенного содержания оксалаторастворимых форм оксидов железа). Структура ореховато-комковатая. Признаки иллювиирования железа не диагностируются, слабо обеднен илом и полуторными оксидами по сравнению с нижележащим горизонтом. Гумуса до 1,5%, преобладают гумусовые соединения, связанные с железом, реакция от слабокислой до нейтральной. Является типодиагностическим для текстурно-метаморфических почв.
			BEL	Субэлювиальный. Состоит из комбинации светлых и бурых, иногда темных, фрагментов. Белесые фрагменты легче по гранулометрическому составу, бесструктурные или имеют тенденцию к горизонтальной делимости. Более темные суглинисто-глинистые фрагменты сохраняют элементы ореховатой структуры, свойственной текстурному горизонту. Представляет собой зону деградации верхней части текстурной толщи, характерен для текстурно-дифференцированных почв, является диагностическим при разделении географически пограничных темно-серых лесных почв и черноземов глинисто-иллювиальных (оподзоленных).
A_n	P	Пахотный. Образован гомогенизированным в результате механической обработки материалом верхних горизонтов почв.	P	Агрогумусовый. Светло-серый до серого, гомогенный. Бесструктурный или содержит элементы комковатой, порошистой, глыбистой структур в разных соотношениях. Обычной составляющей частью является плужная подошва, плотная, слабодопроницаемая, с горизонтальной делимостью. Гумуса до 3...3,5% фульватного или гуматно-фульватного. Реакция любая. Возможно подразделение на слои по сложению и плотности. Может формироваться из серогумусового, светлогумусового, стратифицированных светло- и серогумусовых горизонтов, а также образовываться в результате перемешивания с последующей гомогенизацией различных органогенных и нижележащих минеральных горизонтов.
			PU	Агротемногумусовый. Темно-серый, гомогенный. Структура грубая, жесткая, порошисто-комковато-глыбистая. Признаки копрогенности слабо выражены. В нижней части плужная подошва, переуплотненная, разбитая трещинами на угловатые отдельные. Горизонт содержит >3% гумуса, преимущественно гуматного. Реакция от слабокислой до щелочной. Формируется преимущественно при распаивании темного гумусового горизонта, может образовываться на месте перегнойного, темного гумусового стратифицированного, редко в результате проградации агрогумусового горизонта.

Таблица 3.1 (продолжение).

1	2	3	4	5
			PВ (РС)	Агроабразионный. Преобладают бурые, коричневатые или красновато-бурые и палевые тона, гомогенный, бесструктурный или глыбистый. При увлажнении легко заплывает с последующим образованием плотной поверхностной корки. Гумуса <1,5%. Формируется за счет срединных горизонтов или почвообразующей породы эродированных почв.
			РТ	Агроторфяный. Темный, преимущественно темно-коричневый, слабосвязанный, гомогенизированный. Степень разложения органического вещества в основном высокая, но <50%, органического вещества <35%, влагоемкость низкая. Образован из материала естественных торфяных горизонтов в результате искусственного осушения и освоения почв.
			PTR	Агроторфяно-минеральный. Темный, гомогенный с примесью минерального материала, с элементами комковатой структуры. Органического вещества <35%. Образован из материала естественных торфяных или агроторфяного горизонтов в результате освоения с использованием глинования, пескования, известкования и внесения минеральных удобрений, постепенного припахивания нижележащих горизонтов.
			X	Химически загрязненный. Любой горизонт в верхнем 30-сантиметровом слое, содержащий любые химические загрязнители в количествах чрезвычайно опасного уровня по принятым нормативам.
			TUR	Турбированный. Толща мощностью более 40см, состоящая из легко различающихся по цвету, сложению и вещественному составу фрагментов почвенных горизонтов, утративших естественное залегание. Размеры фрагментов исходных горизонтов и их размер варьируют в широких пределах. Является первичной глубокой вспашки, плантажирования и иных мелиоративных механических воздействий, применяемых главным образом при освоении солонцов.
3. Срединные горизонты:				
В	В	Группа иллювиальных горизонтов (бурой, красной, желтой, коричневой, пестрой окраски), объединяемых процессом частичного иллюирования веществ, вымытых из вышележащей толщи или привнесенных латеральным притоком. Конкретные горизонты выделяются в зависимости от иллюируемых соединений. Переходный горизонт выделяется при отсутствии в профиле перемещения и трансформации минеральной массы		
В_{hfe}		иллювиально-гумусово-железистый	ВНF	Альфегумусовый. Характерны сплошные гумусово-железистые пленки на поверхности минеральных зерен или агрегатов, «мостиков», соединяющих песчаные частицы. Обогащен несиликатными формами полуторных оксидов и/или гумусом по сравнению с породой. Модификации: ВН иллювиально-гумусовая – кофейно-коричневой окраски; ВF иллювиально-железистая – желто-охристой окраски.
В_h		иллювиально-гумусовый		
В_{fe}		иллювиально-железистый		
			F	Рудяковый. Охристый или кофейно-коричневый, неоднородной окраски. Твердый, сцементированный оксидами железа (с участием гумусовых соединений, Mn и др.). может встречаться в виде сплошной плиты или скоплений конкреций, занимающих более 50% объема горизонта.

Таблица 3.1 (продолжение).

1	2	3	4	5
В_к		иллювиально-карбонатный	СА	Аккумулятивно-карбонатный. Преимущественно палевый или буровато-палевый, наследующий цвет почвообразующей породы. Структура морфологически слабо оформлена, глыбистая или крупнокомковатая. Обязательно присутствие ярковыраженных карбонатных новообразований, обусловленных особенностями восходящей и нисходящей миграцией водных растворов. Количество карбонатов в горизонте максимально по сравнению с другими горизонтами профиля. Реакция среды нейтральная или слабощелочная. Наиболее характерен для почв степных и сухостепных ландшафтов, но может формироваться в широком спектре почв, испытывающих сезонное увлажнение и пересыхание.
			САТ	Текстурно-карбонатный. Сочетает свойства аккумулятивно-карбонатного и глинисто-иллювиального горизонтов. Содержит сегрегационные новообразования карбонатов, структура прочная хорошо выраженная призмовидно-ореховатая с тонкими гумусово-глинистыми кутанами по граням отдельностей. Существенного накопления ила не обнаруживается (его содержание повышается не более чем на 3...5% по сравнению с вышележащим горизонтом). Палево-бурый, темнее почвообразующей породы, с вертикальными темными полосами (трещинами, заполненными гумусовым материалом). Реакция нейтральная или слабощелочная. Характерен для почв сухостепных и полупустынных ландшафтов.
			ML	Мергелистый (луговой мергель). Результат гидрогенной аккумуляции карбонатов. Характеризуется сплошной карбонатной пропиткой с содержанием CO ₂ карбонатов более 30%. Палево-белый или грязно-белый с сероватым или буроватым оттенками. Во влажном состоянии мягкий, непластичный, при высыхании твердеет.
В_г		глинисто-иллювиальный	BT	Текстурный. Бурый или коричнево-бурый. По гранулометрическому составу почти всегда не легче среднесуглинистого. Структура многопорядковая ореховато-призматическая, на гранях обильные аккумулятивные многослойные пленки разного состава (глинистые, пылевато-глинистые, гумусово-глинистые, железисто-линистые), поверхность педов темнее внутripедной массы. Кутаны часто перекрываются светлыми песчано-пылевыми скелетами. Характерно существенное обогащение илом ($KD^2 > 1,4$) и полуторными оксидами по сравнению с вышележащим горизонтом.
			BI	Глинисто-иллювиальный. Бурый или коричнево-бурый, с хорошо выраженной педогенной ореховато-призматической структурой, часто многопорядковой. Поверхность педов темнее внутripедной массы. Иллювиирование тонкодисперсного материала проявляется в наличии тонких глинистых или гумусово-глинистых кутан. Допускается ограниченное присутствие скелетан. Характерно отсутствие или слабое накопление ила ($KD < 1,4$). Сходен с текстурным горизонтом по структурной организации, но иллювиирование глины проявляется слабее.
В_м		Метаморфический – горизонт трансформации минералов почвы in statu без выноса продуктов преобразования	BM	Структурно-метаморфический. Минеральная масса педогенно организована в комковатую, ореховато-комковатую, как правило, однопорядковую структуру с простыми округлыми педями. По сравнению с породой бурые тона насыщеннее за счет красящих соединений железа. Возможно повышенное содержание ила и несиликатных форм оксидов железа. Наиболее характерен для почв, формирующихся на суглинисто-глинистых отложениях.
			BFM	Железисто-метаморфический. Бурый, ржаво-бурый или коричнево-бурый за счет оксидов и гидроксидов железа. Они образуют автохтонные красящие пленки на поверхности щебня и песчаных зерен, заполняют трещины, пропитывают мелкоземистую массу, иногда способствуя образованию гранулированной структуры. Цвет всегда интенсивнее цвета породы. От альфегумусового горизонта отличается отсутствием аллохтонных пленок, темноокрашенных гумусовых соединений и вертикальной цветовой дифференциации. Мелкозем бесструктурный или непрочно-комковатый. Характерен для почв, формирующихся на щебнистом или дресвянистом супесчано-суглинистом элюво-делювии массивно-кристаллических пород и полиминеральных песках.

Таблица 3.1 (продолжение).

1	2	3	4	5
			ВМК	Ксерометаморфический. Коричневато-, рыжевато- или палево-бурый, мелкопризмовидная структура, обычно с горизонтальной делимостью. Структурные отдельности разного размера, с шероховатой матовой поверхностью; кутаны иллювиирования и зеркала скольжения отсутствуют. Допускается цветовая дифференциация структурных отдельностей (поверхность педов темнее внутрипедной массы). Плотный, низкопористый, компактного сложения, может быть обогащен илом по сравнению с вышележащим горизонтом. Содержит карбонаты без морфологически выраженных новообразований. Цвет горизонта связан с трансформацией железа в щелочной среде в условиях сухого жаркого континентального климата с коротким периодом увлажнения. Среди красящих форм железа преобладают малогидратные оксиды. Характерен для каштановых и бурых почв, солонцов.
			CRM	Криометаморфический. Тусклой серовато-бурой окраски, слабо отличающейся от породы. Основное отличие – в специфической рассыпчатой криогенной структуре, уловато-крупитчатой, ооидной или гранулированной, иногда слоеватой. Во влажном состоянии структура творожистая, возможна тиксотропность. Размер структурных отдельностей в основном 3...7 мм. преобладают окислительные условия, поэтому неоглеен, несмотря на длительное переувлажнение. О структурно-метаморфического горизонта отличается видом структуры и отсутствием ярких бурых тонов. Характерен для суглинистых почв холодных гумидных ландшафтов тундры и тайги.
			BPL	Палево-метаморфический. Характеризуется невыразительной палевой или светло-голубой окраской, слабой оструктуренностью, диагностируется по составу тонких автохтонных железистых пленок на поверхности агрегатов и минеральных зерен, где преобладают слабоокрашенные дегидратированные оксиды железа, извлекаемых вытяжкой Джексона, при низком содержании красящих оксалаторастворимых форм. Отражает специфику метаморфизма в условиях экста-континентального крио-аридного климата.
			CR	Криотурбированный. Грязно- или серовато-бурый, бесструктурный или слабооструктуренный с явными признаками мерзлотных нарушений (внедрение крупных блоков органического материала, вихревой рисунок минеральной массы и погребенных фрагментов органогенных горизонтов, часто приуроченных к надмерзлотной части профиля, насыщение минеральной массы диспергированными растительными и углистыми остатками). Реакция близка к нейтральной. Переувлажнен, обычно тиксотропный, часть вегетационного периода находится в мерзлом состоянии. Харктерен для почв тундровых и таежных ландшафтов с неглубоким залеганием многолетней мерзлоты.
			BAN	Охристый. Ярко-охристый, структура 1-порядковая водопрочная икряная, округлые отдельности размером 1...5 мм покрыты органо-Al-Fe оболочками. Свойства определяются минералогическим составом, который является продуктом трансформации пирокластических отложений. Характерна псевдотиксотропия – выделение влаги при разминании агрегатов, низкая плотность ($<1,0 \text{ г/см}^3$) при полевой влажности. Реакция от кислой до слабокислой. Содержит большое количество несиликатных (в основном оксалаторастворимых) форм оксидов железа (2...6%), алюминия (10...15%), кремнезема (4...7%), $>10\%$ фульватного гумуса. Характерен для почв территорий современного вулканизма.
			V	Слитой. Цвет от оливково-бурого до черного в зависимости от содержания гумуса. Очень плотный ($1,3...1,6 \text{ г/см}^3$); вязкий и пластичный во влажном состоянии, трещиноватый в сухом. Трещинами разбивается на глыбистые ли тумбовидные отдельности. Поверхности скольжения протяженностью более 30см при угле наклона $10...60^\circ$, создающие клиновидную структуру; ила более 30%, емкость поглощения высокая (40 мг-экв/100 г почвы и более), реакции янейтральная или слабощелочная. Формируется в почвах переменного-влажного теплого климата на глинистых отложениях с высоким содержанием смектитового компонента.

Таблица 3.1 (продолжение).

1	2	3	4	5
	B_{Sh}	солонцовый	BSN	Солонцовый. Коричневато-бурый или темно-серый. Плотный, структура хорошо выраженная многопорядковая столбчатая или ореховато-призматическая, прочная в сухом состоянии и неустойчивая пр намокании. Структурные отдельные покрыты сплошными темными глянцевыми гумусово-глинистыми или глинистыми кутанами, их верхняя часть перекрыта обильной белесой скелетаной. Горизонт обогащен илом, характеризуется пептизацией глинистого материала и особой кинетикой набухания («ступенькообразная задержка набухания»). Реакция щелочная. Содержание обменного натрия колеблется в очень широких пределах и н служит диагностическим показателем.
G	G	Глеевый Горизонт образуется в условиях длительного или постоянного избыточного увлажнения и недостатка свободного кислорода, вызывающих восстановительные процессы (образование закисных соединений железа, марганца, подвижных форм алюминия) и дезагрегирование почвы.	G	Глеевый. Преобладают холодные тона окраски: сизые, зеленоватые или голубые, занимающие более 50% площади вертикального среза. Имеются локальные ржавые и охристые пятна, тяготеющие к периферии горизонта, корневым ходам, макротрещинам и прочим зонам окисления. Бесструктурный, слабопористый, компактного сложения. Характерен длительный период восстановительных условий, способствующих мобилизации и частичному выносу соединений железа. Реакция от кислой до нейтральной. В течение значительной части вегетации насыщен водой.
			Q	Гидрометаморфический. Оливковый, стальной или грязно-серый за счет прокраски потечным оргническим веществом. глеевая цветовая гамма не проявляется или слабовыражена. Fe-Mn конкреции свидетельствуют о возможности кратковременных окислительных условий. Структура обычно творожистая или крупитчатая. Содержит карбонаты, возможно – легкорастворимые соли и гипс. Карбонатные новообразования представлены пропиточными пятнами, затвердевшими натеками по магистральным трещинам и пустотам, твердыми конкрециями, связанными с периодическим переувлажнением. Реакция от нейтральной до слабощелочной. Характерен для нйтральных и щелочных почв лесостепных, степных и сухостепных ландшафтов, испытывающих регулярное временное переувлажнение.
Галоморфные горизонты				
				Группа горизонтов, имеющих в верхних 20см >1% легкорастворимых (токсичных) солей, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Включает горзионты:
			S	Солончаковый. Может формироваться в профиле любой почвы, как правило, под действием антропогенных факторов.
			SJ	Солончаковый светлый. В сухом состоянии имеет солевую корку и/или солевые выцветы. Светлый, буроватый или палевый, наследует цвет породы, гумуса <2%.
			SU	Солончаковый темный. В сухом состоянии имеет солевую корку и/или солевые выцветы. Темно-серый, гумуса >2%.
			SS	Солончаковый сульфидный. На поверхности солевая корка, ниже черная иловатая прослойка с запахом сероводорода.
4. Нижние горизонты (породы):				
1	2	3	4	5
C	C	Материнская порода. Не затронутая или (обычно) слабо затронутая почвообразованием рыхлая порода		
D	D	Подстилаяющая рыхлая порода. Выделяется в случае резкой смены пород в пределах почвенного профиля или сразу под ним.		
	M	Материнская или подстилаяющая порода массивная		

3.2. Схема классификации почв на надтиповом и типовом уровнях (названия Отделов, Семейств и Типов почв даны соответствующим шрифтом).

ПОСЛИТОГЕННЫЕ и ОРГАНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ			
Зональные экологические группы	Ряды почв по режиму увлажнения		
	Автоморфные	Полугидроморфные	Гидроморфные
1	2	3	4
ТАЕЖНО-ЛЕСНЫЕ	Текстурно-дифференцированные		Органогенные
	Подзолистые	Болотно-подзолистые	Торфяные верховые Торфяные верховые мелиорированные
	Дерново-подзолистые	Болотно-подзолистые осушенные	
	Дерново-подзолистые культурные	Болотно-подзолистые осушенные культурные	
	Дерново-подзолистые сильносмытые		
	Альфегумусовые		Торфяные низинные Торфяные низинные мелиорированные
	Подбуры	Подбуры глеевые	
	Подзолистые альфегумусовые	Дерновые альфегумусовые глеевые	
	Дерново-подзолистые альфегумусовые	Болотно-подзолистые альфегумусовые Болотно-подзолистые альфегумусовые осушенные	
Дерновые органо-аккумулятивные		Торфяные деградированные	
Дерново-карбонатные	Дерново-глеевые		
Дерновые литогенные	Дерново-глеевые мелиорированные		
БУРОЗЕМНО-ЛЕСНЫЕ	Метаморфические		
	Бурые лесные (Буроземы)	Бурые лесные глеевые	
	Подзолисто-бурые лесные	Подзолисто-бурые лесные глеевые	
	Бурые лесные культурные		
	Бурые лесные сильносмытые		
ЛЕСОСТЕПНЫЕ	Текстурно-дифференцированные		
	Серые лесные	Серые лесные глеевые	
	Серые лесные сильносмытые	Серые лесные глеевые осушенные	
	Аккумулятивно-гумусовые		Лугово-болотные Черноземно-луговые Черноземы вторично-гидроморфные
	Аккумулятивно-гумусовые (собственно):	Лугово-черноземные	
	Черноземы глинисто-иллювиальные		
	Черноземы		
	Черноземы сильносмытые		
	Щелочно-глинисто-дифференцированные		
Солонцы черноземные остаточные	Солонцы лугово-черноземные	Солонцы черноземно-луговые Солоди	

продолжение таблицы 3.2.

1	2	3	4
СТЕПНЫЕ	А к к у м у л я т и в н о – г у м у с о в ы е		
	<u>Аkkуmулятивно-гумусовые (собственно):</u> Черноземы Черноземы слитые поcтирригационные Черноземы cильноcмытые <u>Аkkуmулятивно-гумусовые литогенные:</u> Черноземы остаточнo-карбонатные Cтепные литогенные песчаные и супесчаные Cтепные литогенные на древних породах и др.	Лугово-черноземные	Лугово-болотные Черноземно-луговые Черноземы вторично-гидроморфные
	Щ е л о ч н о – г л и н и с т о – д и ф ф е р е н ц и р о в а н н ы е		
	Солонцы черноземные Солонцы черноземные глубокопреобразованные	Солонцы лугово-черноземные	Солонцы черноземно-луговые Солоди
	Г а л о м о р ф н ы е		
		Солончаки гидроморфные	
СУХОСТЕПНЫЕ	А к к у м у л я т и в н о – к а р б о н а т н ы е		
	<u>Аkkуmулятивно-карбонатные (собственно):</u> Каштановые Каштановые поcтирригационные слитые Каштановые cильноэродированные <u>Аkkуmулятивно-карбонатные литогенные:</u> Cтепные литогенные песчаные и супесчаные Cтепные на древних породах и др.	Лугово-каштановые	Каштаново-луговые Каштановые вторично-гидроморфные
	Щ е л о ч н о - г л и н и с т о - а к к у м у л я т и в н ы е		
	Солонцы каштановые Солонцы каштановые глубокопреобразованные	Солонцы лугово-каштановые	Солонцы каштановые-луговые Солоди
	Г а л о м о р ф н ы е		
	Солончаки автоморфные		Солончаки гидроморфные
ПОЛУПУСТЫННЫЕ	М а л о г у м у с о в ы е а к к у м у л я т и в н о – к а р б о н а т н ы е		
	Бурые полупустынные Бурые полупустынные орошаемые	Лугово-бурые полупустынные	Луговые Бурые полупустынные орошаемые гидроморфные
	Щ е л о ч н о – г л и н и с т о – д и ф ф е р е н ц и р о в а н н ы е		
	Солонцы полупустынные	Солонцы лугово-пустынные	
	Г а л о м о р ф н ы е		
	Солончаки автоморфные		Солончаки гидроморфные

Продолжение таблицы 3.2.

1	2	3	4
ПОЛУПУСТЫННЫЕ СУБТРОПИЧЕСКИЕ	Малогумусовые аккумулятивно-карбонатные		
	Сероземы Сероземы ирригационные	Лугово-сероземные	Луговые полупустынные
ПУСТЫННЫЕ	Серо-бурые пустынные Серо-бурые орошаемые Такыровидные пустынные Такыровидные орошаемые	Лугово-пустынные Такыры Лугово-пустынные орошаемые	Луговые пустынные
КУСТАРНИКОВО- СТЕПНЫЕ	Метаморфические		
	Серо-коричневые	Лугово-серо-коричневые	Луговые
КСЕРОФИТНО-ЛЕСНЫЕ	Коричневые	Лугово-коричневые	Луговые
ВЛАЖНО-ЛЕСНЫЕ	Ферриаллитные		
	Желтоземы Красноземы	Желтоземы глеевые	
	Текстурно-дифференцированные		
	Желтоземно-подзолистые	Подзолисто-желтоземные-глеевые	

С И Л И Т О Г Е Н Н Ы Е П О Ч В Ы		
Ряды почв по режиму увлажнения		
Автоморфные	Полугидроморфные	Гидроморфные
А л л ю в и а л ь н ы е		
Аллювиальные дерновые кислые	Аллювиальные луговые кислые	Аллювиальные лугово-болотные
Аллювиальные дерновые насыщенные	Аллювиальные луговые насыщенные	Аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые
Аллювиальные дерново-опустынивающиеся карбонатные	Аллювиальные луговые карбонатные	Аллювиальные болотные иловато-торфяные
В у л к а н и ч е с к и е		
Вулканические пепловые слоистые	Вулканические торфяно-охристые	
Вулканические охристые	Вулканические торфяно-подзолисто-охристые	
Вулканические охристо-подзолистые		
А н т р о п о г е н н о – а к к у м у л я т и в н ы е		
Ирригационно-аккумулятивные	Ирригационно-аккумулятивные глеевые	
Ирригационно-аккумулятивные слитые		

3.3.Систематика почв

1 . О т д е л Т Е К С Т У Р Н О - Д И Ф Ф Е Р Е Н Ц И Р О В А Н Н Ы Е ТАЕЖНО-ЛЕСНЫЕ АВТОМОРФНЫЕ

Типы	Подзолистые				Дерново-подзолистые				Дерново-подзолистые культурные	Дерново-подзолистые сильносмытые
Под-типы	(собственно)	Освоенные	Окультуренные	Средне-смытые	(собственно)	Освоенные	Окультуренные	Средне-смытые		
Роды	(обычные), остаточно-карбонатные, со вторым гумусовым горизонтом, контактно-глееватые, ненасыщенные (<80%), насыщенные (>80%), плантажированные									
Виды	(неглееватые), слабоглееватые									
	Нижняя граница A ₂ от A ₀ , см: >5 поверхностноподзолистые 5-20 мелкоподзолистые 20-30 неглубокоподзолистые >30 глубокоподзолистые	Мощность A ₂ , см: отсутствует, фрагментарный, или представлен A ₂ B – слабоподзолистые, <10 мелкоподзолистые, 10-20 неглубокоподзолистые, >20 глубокоподзолистые			Нижняя граница A ₂ от A ₀ , см: <10 поверхностноподзолистые, 10-20 мелкоподзолистые, 20-30 неглубокоподзолистые, >30 глубокоподзолистые	Мощность A ₂ , см: отсутствует, фрагментарный, или представлен A ₂ B – слабоподзолистые; <10 мелкоподзолистые, 10-20 неглубокоподзолистые, >20 глубокоподзолистые				
	(несмытые), слабосмытые				(несмытые), слабосмытые					
	(целинные), слабоосвоенные	Мощность A _n , см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, >30 глубокопахотные			(целинные), слабоосвоенные	Мощность A _n , см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, >30 глубокопахотные				
		Содержание гумуса в A _n , %: <2 малогумусные, 2-4 среднегумусные, >4 многогумусные			Мощность A ₁ , см: <10 слабодерновые, 10-15 среднедерновые, >15 глубокодерновые	Содержание гумуса в A ₁ , %: <3 малогумусные, 3-5 среднегумусные, >5 многогумусные				

ТАЕЖНО-ЛЕСНЫЕ ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ

Типы	Болотно-подзолистые			Болотно-подзолистые осушенные	Болотно-подзолистые осушенные культурные
Под- типы	Дерново-подзолистые по- верхностно-оглеенные	Перегнойно-подзолистые по- верхностно-оглеенные	Торфянисто-подзолистые по- верхностно-оглеенные	Освоенные Окультуренные	
	Дерново-подзолистые грун- тово-оглеенные	Перегнойно-подзолистые грун- тово-оглеенные	Торфянисто-подзолистые грун- тово-оглеенные		
Роды	(Обычные), со вторым гумусовым горизонтом, или вторично-подзолистые, ненасыщенные (<80%), насыщенные (>80%)				
Виды	Степень оглеения: средняя глееватые, сильная глеевые			(неглееватые) слабоглееватые	
	Место проявления оглеения: с поверхности, включая В ₁ , до 40-50 см поверхностно-глееватые, поверхностно-глеевые; с поверхности, включая ВС (профильно-) глееватые, (профильно)-глеевые; в ВС глубже 80-100 см глубоко- глееватые, глубоко-глеевые				
	А ₀ <10 см подстилочные, А ⁺ 10-20см торфянистые, А ⁺ >20 см торфяные				
	Глубина нижней границы А ₂ (от А ⁺), см: <20 мелкоподзолистые, 20-30 неглубокоподзолистые, >30 глубокоподзолистые			Мощность А ₂ , см: отсутствует, фрагментарный, или представлен А ₂ В слабоподзолистые сплошной <10 мелкоподзолистые, 10-20 неглубокоподзолистые, >20 глубокоподзолистые	
	(целинные), слабоосвоенные			Мощность А _{пз} , см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, >30 глубокопахотные Содержание гумуса в А _п , %: <2 малогумусные, 2-4 среднегумусные, >4 многогумусные	

Продолжение таблицы 3.3.

ЛЕСОСТЕПНЫЕ

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ				ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ				
Типы	Серые лесные				Серые лесные сильносмытые	Серые лесные глеевые			Серые лесные глеевые осушенные
Под- типы	Светло-серые лесные Серые лесные Темно-серые лесные	Светло-серые лесные осво- енные Серые лесные освоенные Темно-серые лесные осво- енные	Светло-серые лесные окультурен- ные	Светло-серые лесные средне- смытые Серые лесные среднесмытые Темно-серые лесные средне- смытые		Серые лесные по- верхностно- глееватые (и поверх- ностно-луговые)	Серые лес- ные грун- тово- глееватые	Серые лесные грунтово- глеевые	
Роды	(обычные), остаточно-карбонатные, контактно-луговые, пестроцветные, со вторым гу- мусовым горизонтом					(обычные), контактно-глеевые, высококовскипающие, со вторым гу- мусовым горизонтом, осолоделые, слитые			
Виды	Глубина вскипания, см: <100 высококовскипающие, >100 глубококовскипающие								
	Мощность гумусового горизонта (A ₁ +A ₁ A ₂), см: <20 маломощные, 20-40 среднемощные, >40 мощные					Содержание гумуса, %: <3 малогумусные, 3-5 среднегумусные, >5 многогумусные			
	(целинные), слабоосвоен- ные	Мощность A _n , см: <20 мелкопахотные 20-30 среднепахотные >30 глубокопахотные				(целинные), слабо- освоенные			Мощность A _n , см: <20 мелкопахотные 20-30 среднепахотные >30 глубокопахотные

СУБТРОПИЧЕСКИЕ

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ			ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ	
Типы	Подзолисто-желтоземные			Подзолисто-желтоземно-глеевые	
Под- типы	Ненасыщенные Слабоненасыщенные			Типичные Оподзоленные	Типичные окультуренные Оподзоленные окультуренные
Роды	(обычные), галечниковые, конкреционные, ортштейновые, остаточно- карбонатные			На элювии изверженных пород, на элювии галечников, на зебристых глинах, на переот- ложенном красноземном материале	
Виды	(целинные), пахотные			целинные), освоенные	
	Глубина оподзоленности (нижняя граница оподзоленного горизонта), см: <25 мелкооподзоленные, 25-50 неглубокооподзоленные, >50 глубокооподзолен- ные Глубина залегания верхней границы горизонта конкреций или ортштейна, см: <30 поверхностно-конкреционные (поверхностно-ортштейновые), 30-70 конкре- ционные (ортштейновые), 70-150 глубококонкреционные (глубокоортштейновые) Связность ортштейнового горизонта: рыхлоортштейновые, слитноортштейновые			Степень оподзоленности: Слабооподзоленные, среднеоподзоленные	
	Мощность пахотного горизонта, см: <30 пахотные >30 глубокопахотные				

2 . О т д е л А Л Ь Ф Е Г У М У С О В Ы Е
ТАЕЖНО ЛЕСНЫЕ АВТОМОРФНЫЕ

Типы	Подбуры	Подзолистые альфегумусовые			Дерново-подзолистые альфегумусовые		
Подтипы		(собственно)	Освоенные	Окультуренные	(собственно)	Освоенные	Окультуренные
Роды		Иллювиально-гумусовые, иллювиально-гумусово-железистые, иллювиально-железистые, со вторым осветленным горизонтом, глубинно-глееватые, глубинно-глееватые мерзлотные, карликовые, псевдофибровые, языковатые, карманистые			Псевдофибровые Слабодифференцированные Контактно-глубокоглееватые		
Виды		неоглеенные, слабоглееватые					
		Распределение гумуса (для иллювиально-гумусовых, иллювиально-гумусово-железистых): гумуса в $A_2 < B$ иллювиально-гумусовые, гумуса в $A_2 > B$ иллювиально-изогумусовые					
		Содержание гумуса в B , % (для иллювиально-гумусовых): <1 иллювиально-малогумусовые, 1-3 иллювиально-среднегумусовые, >3 иллювиально-многогумусовые					
		Содержание гумуса в A_2 , % (для иллювиально-изогумусовых): <3 малогумусовые, >3 многогумусовые					
		Нижняя граница A_2 от A_0 , см: >5 оверхностноподзолистые, 5-20 мелкоподзолистые, 20-30 неглубокоподзолистые, 30 глубокоподзолистые	Мощность A_2 , см: отсутствует, фрагментарный, или представлен A_2B –слабоподзолистые, сплошной <10 мелкоподзолистые, 10-20 еглубокоподзолистые, >20 глубокоподзолистые		Нижняя граница A_2 от A_0 , см: <10 поверхностноподзолистые, 10-20 мелкоподзолистые, 20-30 неглубокоподзолистые, >30 глубокоподзолистые	Мощность A_2 , см: отсутствует, фрагментарный, или представлен A_2B –слабоподзолистые, сплошной <10 мелкоподзолистые, 10-20 неглубокоподзолистые, >20 глубокоподзолистые	
		(целинные), слабоосвоенные	Мощность $A_{п}$, см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, >30 глубокопахотные		(целинные), слабоосвоенные	Мощность $A_{п}$, см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, >30 глубокопахотные	
			Содержание гумуса в $A_{п}$, %: <1 малогумусные, 1-2 среднегумусные, >2 многогумусные			Содержание гумуса в $A_{п}$, %: <1 малогумусные, 1-2 среднегумусные, >2 многогумусные	

ТАЕЖНО ЛЕСНЫЕ ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ

Типы	Подбуры глеевые	Дерновые альфе-гумусовые глеевые	Болотно-подзолистые			Болотно-подзолистые осушенные	
Под-типы			Дерново-подзолистые по-верхностно-оглеенные	Перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные	Торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные	Освоенные	Окультуренные
			Дерново-подзолистые грун-тово-оглеенные	Перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные	Торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные		
Роды			иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые, оруденелые			иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые	
Виды			Степень оглеения: средняя – глееватые, сильная – глеевые			(неглееватые), слабоглееватые	
			Место проявления оглеения: с поверхности, включая В ₁ , до 40-50 см поверхностно-глееватые, поверхностно-глеевые; с поверхности, включая ВС (профильно-) глеева-тые, (профильно)-глеевые; в ВС глубже 80-100 см глубоко- глееватые, глубоко-глеевые				
			А ₀ <10 см подстилочные, А ^г 10-20см торфянистые, А ^г >20 см торфяные				
			Глубина нижней границы А ₂ (от А ^г), см: <20 мелкоподзолистые, 20-30 неглубокоподзолистые, >30 глубокоподзолистые			Мощность А ₂ , см: отсутствует, фрагментарный, или представ-лен А ₂ В слабоподзолистые, сплошной <10 мелкоподзолистые, 10-20 неглубокоподзолистые, >20 глубокоподзолистые	
			(целинные), слабоосвоенные			Мощность А _п , см: <20 мелкопахотные, 20-30 средне-пахотные, >30 глубокопахотные Содержание гумуса в А _п , %: <2 малогумусные, 2-4 средне-гумусные, >4 многогумусные	

Продолжение таблицы 3.3.

3. О т д е л А К К У М У Л Я Т И В Н О - Г У М У С О В Ы Е .
С е м е й с т в о А к к у м у л я т и в н о - г у м у с о в ы е (с о б с т в е н н о)
ЛЕСОСТЕПНЫЕ и СТЕПНЫЕ

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ					ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ			ГИДРОМОРФНЫЕ				
Типы	Черноземы глинисто-иллювиальные		Черноземы			Черноземы сильноносмытые	Черноземы слитые		Лугово-черноземные		Черноземно-луговые Каштаново-луговые	Черноземы вторично-гидроморфные	
Подтипы	Среднесмытые						(собственно)	Постирригационные	Луговато-черноземные	Лугово-черноземные	Постирригационные	Луговые Влажно-луговые	
	Оподзоленные	Выщелоченные	Типичные	Обыкновенные	Южные								
Роды	(обычные), глубоковскипающие, бескарбонатные, карбонатные (пропитано-карбонатные), остаточно-карбонатные, карбонатные перерытые, засоленные, солонцеватые, глубокосолонцеватые, остаточно-солонцеватые, осолоделые, проградированные (вторично-насыщенные), остаточно-луговатые, глубинно-глееватые, неполноразвитые, антропогенно переуплотненные						(обычные), щельные		(обычные), оподзоленные, выщелоченные, карбонатные, осолоделые, остаточно-солонцеватые, солонцевато-засоленные, засоленные	(обычные), щельные	(обычные), выщелоченные, карбонатные, омергелованные, засоленные, солонцеватые, слитые, осолоделые		
Виды	(несмытые), слабосмытые (не выделяются в подтипе среднесмытых)												
	(целинные), освоенные												
	Мощность гумусового горизонта, см: >120 сверхмощные, 120-80 мощные, 80-60 среднемощные, 60-40 среднемощные укороченные, 40-25 маломощные, <25 очень маломощные												
	Содержание гумуса, %: <4 слабогумусированные, 6-4 малогумусные, 9-6 среднегумусные, >9 гучные												
	Характер нижней границы гумусового горизонта: (нормальные), языковатые, карманистые												
	Степень солонцеватости, степень осолодения, глубина и тип засоления												

4 . О т д е л А К К У М У Л Я Т И В Н О - К А Р Б О Н А Т Н Ы Е .
СУХОСТЕПНЫЕ

СЛУЖЕБНЫЕ							ПОЛУТИДРОМОРФНЫЕ		ГИДРОМОРФНЫЕ
Ряд	АВТОМОРФНЫЕ								
Типы	Каштановые				Каштановые сильноэродированные	Каштановые постирригационные слитые	Лугово-каштановые		Каштановые вторично-гидроморфные
Подтипы	Темно-каштановые	Каштановые	Светло-каштановые	Среднеэродированные			Луговато-каштановые Лугово-каштановые	Постирригационные	
Роды	(обычные), глубоковскипающие, карбонатные, карбонатные перерывы, солончаковые, солонцеватые, глубокосолонцеватые, остаточнo-солонцеватые, неполноразвитые					(обычные), неполноразвитые	(обычные) , промытые, выщелоченные, карбонатные, осолоделые, солонцеватые, солончаковые, глееватые	(обычные), слитые	
Виды	Мощность гумусового горизонта А + В ₁ , см: >50 мощные 30-20 маломощные 50-30 среднемошные <20 очень маломощные						Содержание гумуса, %: >4 темные, <4 светлые		

Продолжение таблицы 3.3

.5 . О т д е л М А Л О Г У М У С О В Ы Е А К К У М У Л Я Т И В Н О - К А Р Б О Н А Т Н Ы Е

ПОЛУПУСТЫННЫЕ и ПУСТЫННЫЕ АВТОМОРФНЫЕ

Типы	Бурые полупустынные	Бурые полупустынные орошаемые	Сероземы	Сероземы орошаемые	Серо-бурые	Серо-бурые орошаемые	Такыровидные	Такыровидные орошаемые
Под-типы			Светлые Типичные Темные	Светлые Типичные Темные Староорошаемые				Орошаемые Староорошаемые
Роды	(обычные), слабодифференцированные, солончаковатые, солонцеватые, гипсоносные		(обычные), галечниковые, остаточно-солончаковатые, на карбонатных породах, на малокарбонатных породах	(обычные), галечниковые, на карбонатных породах, на малокарбонатных породах	(обычные), обычные гипсоносные, солончаковые, солончаковые гипсоносные, такырно-солонцеватые, высокогипсоносные (бозынгены), промытые	(обычные – незасоленные), остаточно-гипсоносные, галечниковые	(обычные), солончаковатые, солонцеватые (корково-солонцеватые), древнеорошавшиеся	(обычные), засоленные (остаточно-засоленные)
Виды	Глубина, тип и степень засоления Степень солонцеватости Характер гипсоносного горизонта		Мощность гумусового (агроирригационного) горизонта, см: <40 маломощные, 40-70 среднемощные, >70 мощные					

ПОЛУПУСТЫННЫЕ и ПУСТЫННЫЕ ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ и ГИДРОМОРФНЫЕ

Ряд	ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ							ГИДРОМОРФНЫЕ	
Типы	Лугово-бурые	Лугово-бурые орошаемые	Лугово-сероземные	Лугово-сероземные орошаемые	Лугово-пустынные	Лугово-пустынные орошаемые	Такыры	Луговые полупустынные и пустынные	Луговые полупустынные и пустынные орошаемые
Под-типы	Луговато-бурые Лугово-бурые		Луговато-сероземные Лугово-сероземные	Лугово-сероземные Сероземно-луговые (вторично-луговые)	Луговато-пустынные (Луговато-такыровидные) Лугово-пустынные поверхностного дополнительного увлажнения Лугово-пустынные серо-бурые Лугово-пустынные песчаные	Орошаемые Староорошаемые		Луговые (типичные) Влажно-луговые (болотно-луговые)	Луговые Влажно-луговые Староорошаемые
Роды	(обычные), выщелоченные, солончаковатые, солонцеватые		(обычные), солончаковатые, галечниковые	(обычные), засоленные	(обычные), солончаковатые	(обычные), засоленные	(обычные), солончаковатые, опесчаненные	Аллювиальные, аллювиальные галечниковые, аллювиальные засоленные, сазовые, сазовые засоленные	Аллювиальные, аллювиальные засоленные, сазовые, сазовые засоленные, галечниковые
Виды	Тип и степень засоления Степень солонцеватости		Степень засоления Глубина залегания галечника	Тип и степень засоления		Тип и степень засоления		Тип и степень засоления Глубина залегания галечника Содержание гумуса, %: <2 светлые, >2 темные	Содержание гумуса, %: <1 малогумусные, 1-2 среднегумусные, >2 многогумусные Мощность гумусового (агроирригационного) горизонта, см: <40 маломощные, 40-70 среднемощные, >70 мощные

**6 . О т д е л М Е Т А М О Р Ф И Ч Е С К И Е
БУРОЗЕМНО-ЛЕСНЫЕ**

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ				ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ			
Ти- пы	Бурые лесные (буроземы)	Бурые лесные культурные	Бурые лесные сильносмытые	Подзолисто-бурые лесные	Бурые лесные глеевые (Бурозе- мы глеевые)		Подзолисто-бурые лесные глеевые	
Под- типы	Кислые грубогумусные Кислые Слабонасыщенные Кислые грубогумусные оподзоленные Кислые оподзоленные Слабонасыщенные оподзоленные			Ненасыщенные Ненасыщенные освоенные Слабонасыщенные Слабонасыщенные освоенные	Поверхностно-глееватые Поверхностно-глеевые Оподзоленные поверхностно- глееватые Оподзоленные по- верхностно-глеевые		Поверхностно-глееватые Поверхностно-глеевые Грунтово-глееватые Грунтово-глеевые	
Ро- ды	(обычные), остаточно-карбонатные, остаточно-насыщенные, ферралитизированные, вторично-дерновые			(обычные), ферралитизирован- ные, контактно-глееватые, оста- точно-луговые	(обычные), остаточно-карбонатные, ферралитизиро- ванные, галечниковые		(обычные), остаточно-карбонатные, глубокогалеч- никовые, конкреционные	
Ви- ды	Содержание гумуса, %: <5 малогумусные 5-10 среднегумусные >10 многогумусные			(неоглеенные), слабogleеватые Глубина контактного оглеения, см: 30-50 неглубоко-контактно- глееватые, 50-100 глубоко- контактно-глееватые				

КУСТАРНИКОВО-СТЕПНЫЕ

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ				ПОЛУТИДРОМОРФНЫЕ	
Ти- пы	Серо-коричневые	Коричневые		Коричневые сильносмытые	Лугово-серо-коричневые	Лугово-коричневые
Под- типы	Темные Обыкновенные Светлые	Выщелоченные Типичные Карбонатные	Сред- несмы- тые		Поверхностно-луговато-серо- коричневые Луговато-серо-коричневые Лугово-серо-коричневые	Поверхностно-луговато- коричневые Луговато- коричневые Лугово- коричневые
Роды	(обычные), солонцеватые, солончаковатые, гипсонос- ные, галечниковые, горные на плотных породах, горные на рыхлых породах	(обычные), малокарбонатно- глинистые, песчанисто- глубококарбонатные, солонцева- тые, засоленные, остепненные			(обычные), солонцеватые, солончаковатые	(обычные), солонцеватые, засоленные, слитые
Ви- ды		(несмытые), слабосмытые			(целинные), пахотные	(целинные), пахотные
					Содержание гумуса, %: Целинные Пахотные <5 светлые <3 светлые >5 темные >3 темные	Содержание гумуса, %: Целинные Пахотные <4 слабогумусированные (светлые) <2,5 слабогумусированные 4-6 малогумусные 2,5-4 малогумусные >6 среднегумусные (темные) >4 среднегумусные
	Степень солонцеватости Глубина залегания солей				Степень солонцеватости Глубина залегания солей	Степень солонцеватости Глубина залегания солей Степень щебневатости

Продолжение таблицы 3.3.

**7 . О т д е л Ф Е Р С И А Л Л И Т Н Ы Е
СУБТРОПИЧЕСКИЕ**

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ				ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ	
Типы	Желтоземы				Желтоземы глеевые	
Подтипы	Ненасыщенные	Ненасыщенные оподзоленные	Слабоненасыщенные	Слабоненасыщенные оподзоленные	Поверхностно-глееватые	Глееватые Глеевые
Роды	(обычные), остаточно-карбонатные, неполноразвитые, галечниковые				(обычные), остаточно-карбонатные, галечниковые	
Виды	Мощность гумусового горизонта, см: <20 мелкогумусированные, 20-30 неглубокогумусированные, >30 глубокогумусированные					
	(неоглеенные), поверхностно-оглеенные					
	Степень оподзоленности: (неоподзоленные), слабооподзоленные, среднеоподзоленные					

**8 . О т д е л Д Е Р Н О В Ы Е О Р Г А Н О - А К К У М У Л Я Т И В Н Ы Е
ТАЕЖНО ЛЕСНЫЕ**

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ		ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ		
Типы	Дерново-карбонатные	Дерновые литогенные	Дерново-глеевые		Дерново-глеевые осушенные
Под- типы	Типичные Выщелоченные Оподзоленные		Дерновые поверхностно-глееватые Перегнойные поверхностно-глеевые		Дерновые грунтово-глееватые Перегнойные грунтово-глеевые
Роды	Известняковые, глинисто-мергелистые, рикховые		Карбонатные, насыщенные, оподзоленные		
Виды	Содержание гумуса, % <3 малогумусные, 5-3 среднегумусные, 12-5 многогумусные, >12 перегнойные				
	Мощность гумусового горизонта, см: <15 маломощные, >15 среднемощные				Мощность А _п , см: <20 мелко-, 20-30 средне-, >30 глубокопахотные
	(целинные), слабоосвоенные		(целинные), слабоосвоенные		Содержание гумуса, %: <3 мало-, 3-5 средне-, 5-12 многогумусные, >12 перегнойные
	Мощность А _п , см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, >30 глубокопахотные				

**9 . О т д е л О Р Г А Н О Г Е Н Н Ы Е
ТАЕЖНО-ЛЕСНЫЕ ГИДРОМОРФНЫЕ**

Типы	Торфяные верховые	Торфяные верховые мелиорированные	Торфяные низинные		Торфяные низинные мелиори- рованные	Торфяные низинные деградированные
Под- типы	Торфяно-глеевые Торфяные		Торфяно-глеевые обедненные	Торфяные обедненные	Торфяно-глеевые обедненные	Перегнойно-глеевые Перегнойно-торфяные
			Торфяно-глеевые типичные	Торфяные типичные	Торфяные обедненные	
Роды	(обычные), переходные, гумусово-железистые		(обычные), карбонатные, солончаковые, солонцовые, сульфатно-кислые, оруденелые, заиленные			
Виды	Мощность торфа, см: 20-30 торфянисто-глеевые маломощные, 30-50 торфяно-глеевые, 50-100 торфяные на мелких торфах, 100-200 торфяные на средних торфах, >200 торфяные на глубоких торфах					
	Степень разложения торфа, %: <25 торфяные, 25-40 торфяно-перегнойные, >40 перегнойные					

СТЕПНЫЕ, СУХОСТЕПНЫЕ, ПОЛУПУСТЫННЫЕ и ПУСТЫННЫЕ ГИДРОМОРФНЫЕ

Типы	Лугово-болотные		Болотные полупустынные и пустынные		Болотные полупустынные и пустынные орошаемые
Под- типы	Перегнойные	Иловатые	Торфяно-болотные (торфяные, перегнойно-торфяные) Иловато-болотные (перегнойно-иловатые)		
Роды	(обычные), промытые, выщелоченные, карбонатные, омергелеванные, солонцевато-осолоделые, засоленные		Аллювиальные, аллювиальные засоленные, сазовые, сазовые засоленные		Полевошпатовые, аллювиальные, сазовые
Виды			Мощность торфяного слоя, см: <30 торфянистые, >30 торфяные		
			Тип и степень засоления		

1 0 . О т д е л Щ Е Л О Ч Н Ы Е Г Л И Н И С Т О - Д И Ф Ф Е Р Е Н Ц И Р О В А Н Н Ы Е
СТЕПНЫЕ, СУХОСТЕПНЫЕ и ПОЛУПУСТЫННЫЕ

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ	ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ	ГИДРОМОРФНЫЕ	
Ти- пы	Солонцы черноземные Солонцы каштановые Солонцы черноземные глубокопреобразованные Солонцы каштановые глубокопреобразованные Солонцы полупустынные	Солонцы лугово-черноземные Солонцы лугово-каштановые Солонцы лугово-полупустынные Солонцы мерзлотные	Солонцы черноземно-луговые Солонцы каштаново-луговые Солонцы лугово-болотные Солонцы луговые мерзлотные	Солоди
Под- типы				Лугово-степные (дерново-глееватые) Луговые (дерново-глеевые) Лугово-болотные
Роды	солончаковые, солончаковыатые, глубокосолончаковые, глубокозасоленные			(обычные), бескарбонатные, солончаковатые
	Тип, и тепень засоления, высококарбонатные, глубококарбонатные, высокогипсовые, глубокогипсовые			
Ви- ды	Мощность надсолонцового горизонта, см: <5 корковые, 5-10 мелкие, 10-18 средние, >18 глубокие			Глубина осолодения (мощность A ₁ +A ₂ , см):
	Содержание Na ⁺ обм., % ЕКО: <25 малонатриевые, 25-40 средненатриевые, >40 многонатриевые			<10 мелкие, 10-20 среднемощные, >20 глубокие
	Структура горизонта В ₁ : ореховатые .столбчатые, глыбистые			Мощность гумусовго горизонта A ₁ , см: <5 дер-
	Степень антропогенной преобразованности: слабоосвоенные, освоенные, преобразованные, глубокопреобразованные			нинные (типичные), 5-10 мелкодерновые, 10-20
	Мощность пахотного горизонта, см: <20 мелкопахотные, 20-30 среднепахотные, 30-40 глубокопахотные, >40 плантажированные			среднедерновые, >20 глубокодерновые
				Содержание гумуса, %: <3 светлые, 3-5 серые, >5 темные

1 1 . О т д е л Г А Л О М О Р Ф Н Ы Е

Ряд	АВТОМОРФНЫЕ и ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ	ГИДРОМОРФНЫЕ
Типы	Автоморфные	Гидроморфные
Подтипы	Типичные Отакрынные	Типичные Луговые Болотные Соровые Грязево-вулканические Бугристые
Роды	Сульфатно-хлоридные, сульфатно-хлоридно-нитратные Литогенные, Древнегидроморфные	По составу солей в профиле, по составу солей в грунтовых водах, по строению и водопроницаемости почв, почво- образующих и подстилающих пород
Виды	Характер распределения солей в профиле: поверхностные, глубинно-профильные; Морфология поверхностного горизонта: пухлые, отакрынные, выцветные, корковые и др.	

Продолжение таблицы 3.3

1 2 . О т д е л А Л Л Ю В И А Л Ь Н Ы Е									
Ряд	АВТОМОРФНЫЕ			ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ			ГИДРОМОРФНЫЕ		
Ти- пы	Аллювиальные дер- новые кислые	Аллювиальные дер- новые насыщенные	Аллювиальные дерновые опу- стынивающиеся карбонатные	Аллювиальные луговые кислые	Аллювиальные луговые насыщен- ные	Аллювиальные луговые карбо- натные	Аллювиальные лугово-болотные	Аллювиальные болотные илова- то-перегнойно- глеевые	Аллювиальные болот- ные иловато- торфяные
Под- типы	Слоистые прими- тивные Слоистые Оподзоленные	Слоистые прими- тивные Слоистые Остепняющиеся	Слоистые при- митивные Слоистые	Слоистые прими- тивные слоистые	Слоистые прими- тивные Слоистые Темноцветные	Слоистые Тугайные	Аллювиальные лугово-болотные (собственно) Оторфованные	Иловато-глеевые Перегнойно- глеевые	Иловато-торфяно- глеевые Иловато-торфяные
Ро- ды	(обычные), галечни- ковые	(обычные), галечниковые, солонцева- тые, засоленные, слитые		(обычные), ожелез- ненные	(обычные), солонцеватые, засолен- ные, слитые		(обычные), карбо- натные, омергеле- ванные, засолен- ные, солонцеватые, осолоделые	(обычные), кар- бонатные, засо- ленные, галечни- ковые	(обычные ненасы- щенные), (обычные) насыщенные, карбо- натные, оруденелые, солончаковые
Ви- ды	Мощность гумусо- вого горизонта, см: <20 маломощные укороченные 20-40 маломощные	Мощность гумусо- вого горизонта, см: <20 маломощные укороченные 20-40 маломощные 40-80 среднемощные 80-120 мощные >120 сверхмощные	Степень солон- цеватости Верхняя граница солевых выделе- ний Степень засоле- ния	Мощность гумусо- вого горизонта, см: <20 маломощные укороченные 20-40 маломощные	Мощность гумусо- вого горизонта, см: <20 маломощные укороченные 20-40 маломощные 40-80 среднемощ- ные 80-120 мощные >120 сверхмощные	Степень со- лонцеватости Верхняя грани- ца солевых выделений Степень засо- ления	Мощность органо- генного (или гуму- сового) горизонта (градации не разра- ботаны) Степень разложе- ности органогенно- го материала, %: <25 торфяные 25-45 перегнойно- торфяные >45 перегнойные Глубина залегания солей и степень засоления	Мощность орга- ногенных и гу- мусированных горизонтов со- держание орга- нического веще- ства в верхних горизонтах (гра- дации не разра- ботаны)	Травяные, кустарни- ково-травяные, мохо- во-травяные Мощность иловато- торфяного горизонта, см: <30 иловато- торфянисто-глеевые 30-50 иловато- торфяно-глеевые 50-100 иловато- торфяные на мелких торфах >100 иловато- торфяные на глубоких торфах
	Содержание гумуса, % <3 малогумусные 3-5 среднегумусные >5 многогумусные	Содержание гумуса, % <2 микрогумусные 2-4 слабогумусные 4-7 малогумусные 7-9 среднегумусные >9 высокогумусные		Содержание гуму- са, % <3 малогумусные 3-5 среднегумусные >5 многогумусные	Содержание гуму- са, % <2 микрогумусные 2-4 слабогумусные 4-7 малогумусные 7-9 среднегумусные >9 высокогумусные				

Общевидовая диагностика почв (согласно Классификации и диагностике почв СССР, 1977).

Виды почв по степени каменистости (содержание камней размером не менее 5 см)

По степени каменистости поверхности, % покрытия	По содержанию камней в пахотном (0-30 см) слое (общая каменистость), м ³ /га	По степени каменистости профиля (по глубине каменистости), см
поверхностно- <10 слабо- 10-20 средне- 20-40 сильно- >40 очень сильно каменистые	<5 некаменистые и очень слабо- 5-20 слабо- (мало-) 20-50 средне- (умеренно) 50-100 сильно- (много-) >100 очень сильно (очень много-) каменистые	0-30 поверхностно- 30-50 неглубоко- 50-100 глубоко- каменистые

Виды переотложенных и искусственно аккумулятированных почвогрунтов (мощность наносов не менее 30 см)

По мощности намытой или искусственно аккумулятированной толщи, см	По строению	По механическому составу	По наличию гумуса	По содержанию карбонатов и легкорастворимых солей	По степени оглеения	По особенностям химического или минералогического состава перемещенного материала*
30-60 маломощные 60-100 среднеспособные >100 мощные	(неслоистые) слоистые	По механическому составу	(негумусированные) гумусированные (равномерная серая или более темная окраска)	(некарбонатные и незасоленные) карбонатные засоленные	(неоглеенные) поверхностно-глееватые грунтово-глееватые грунтово-глеевые	сульфидные углисто-сланцевые железистые и т. п.

При мощности намытой или искусственно аккумулятированной толщи менее 100 см указывается почва, залегающая под перемещенной толщей.

*Может быть необходимо для искусственно аккумулятированных почвогрунтов

Виды солонцеватых почв

По степени солонцеватости, % Na ⁺ обм от ЕКО		По глубине залегания осолонцованного горизонта, см
Высокогумусные почвы (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые)	Малогумусные почвы (бурые, каштановые, малогумусные южные черноземы)	
<5 (несолонцеватые) 5-10 слабосолонцеватые 10-15 среднесолонцеватые 15-20 сильносолонцеватые	<3 несолонцеватые 3-5 слабосолонцеватые 5-10 среднесолонцеватые 10-15 сильносолонцеватые	<30 солонцеватые >30 глубокосолонцеватые

Виды засоленных почв

По глубине залегания верхнего солевого горизонта (его верхней границы), см

Засоленные неорошаемые почвы		Засоленные орошаемые почвы
<30 солончаковые 30-80 солончаковатые	80-150 глубокосолончаковатые >150 глубокозасоленные	0-50 солончаковые 50-100 солончаковатые 100-200 глубокозасоленные

По химизму (типу) засоления (по преобладающему составу солей в водной вытяжке, мг-экв)

Тип засоления	Отношение анионов (мг-экв)			Отношение анионов и катионов (мг-экв)
	Cl ⁻ : SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻ : Cl ⁻	HCO ₃ ⁻ : SO ₄ ²⁻	
Хлоридное и сульфатно-хлоридное	>1,0	—	—	—
Хлоридно-сульфатное	0,2-1,0	—	—	—
Сульфатное	<0,2	—	—	—
Содово-хлоридное	>1	<1	>1	HCO ₃ ⁻ > Ca ²⁺ + Mg ²⁺
Содово-сульфатное	<1	>1	<1	—
Хлоридно-содовое	>1	>1	>1	—
Сульфатно-содовое	<1	>1	>1	—
Сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатное (щелочноземельное)	—	>1	>1	Na ⁺ < Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , HCO ₃ ⁻

По степени засоления (сумма солей в %, содержание ионов в %/мг-экв)

Тип засоления	Степень засоления				
	Нет	Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная (солончаки)
Хлоридный	<0,03	0,03...0,10	0,10...0,30	0,30...0,60	>0,6
Сульфатно-хлоридный	<0,05	0,05...0,12	0,12...0,35	0,35...0,70	>0,7
Хлоридно-сульфатный	<0,10	0,10...0,25	0,25...0,50	0,50...0,90	>0,9
Сульфатный	<0,15	0,15...0,30	0,30...0,60	0,60...1,40	>1,4
Содово-хлоридный, хлоридно-содовый	<0,10	0,10...0,15	0,15...0,30	0,30...0,50	>0,5
Содово-сульфатный, сульфатно-содовый	<0,15	0,15...0,25	0,25...0,35	0,35...0,60	>0,6
Сульфатно- (хлоридно-) гидрокарбонатный щелочноземельный	<0,15	0,15...0,30	0,30...0,50	Не встречаются	

Виды интенсивнозагипсованных почв (>10% валового $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при залегании глубже 20 см от поверхности)

По глубине верхней границы гипсового горизонта, см	По содержанию гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), %	По мощности гипсового горизонта, см	По строению гипсовых образований, см	По сложению гипсовых образований
20-60 высоко- 60-100 неглубоко- 100-200 глубоко- 200 глубинно- загипсованные	10-20 средне- 20-40 сильно- >40 очень сильно- загипсованные	<40 маломощные 40-100 среднемощные >100 мощные	<0,1 микро- 0,1-1,0 мелко- 1,0-10 средне- 10-100 крупно- кристаллические	рыхлые фрагментарно-плотные шестоватые очаговые монокристаллические
Почвенные образования с наличием очень сильно загипсованных горизонтов (40 % и более $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в слое не глубже 20 см от поверхности выделяются в особую группу <i>гипсовых почв</i> , подразделяемых по мощности, формам и сложению гипсовых горизонтов				

Виды сильноокарбонатных почв (более 30 % CaCO_3)

По глубине верхней границы сильно окарбонатного горизонта, см	По мощности сильно окарбонатного горизонта, см	По сложению
<30 поверхностноокарбонатные 30-60 высокоокарбонатные 60-100 неглубокоокарбонатные 100-200 глубокоокарбонатные >200 глубинноокарбонатные	<40 маломощные 40-100 среднемощные >100 мощные	рыхлые фрагментарно-плотные монокристаллические

Классификация грунтовых вод по степени минерализации (плотный остаток, %):

пресные	1
слабоминерализованные	1-3
среднеминерализованные	3-10
сильноминерализованные	10-50
рассолы	50

3.4. Разработка ландшафтно-экологических классификаций земель по природно-сельскохозяйственным провинциям различных зон

Для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия зональным научным учреждениям необходимо формировать агроэкологические классификации земель и регистры агроэкологических видов земель на основе обобщения имеющихся материалов крупномасштабного почвенного картографирования и научных изысканий. Ниже приводятся примеры таких классификаций для некоторых зон и провинций.

Среднерусская провинция южно-таежно-лесной зоны.

1-я группа: плакорные земли. Дренажные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами, с участием слабogleеватых до 10 % и уклонами до 2°, $K_p < 0,5 \text{ км/км}^2$. Агроэкологические виды земель:

- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв с различной мощностью горизонтов A_1 , A_2 , A_2B .
- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв с различной мощностью горизонтов A_1 , A_2 , A_2B .
- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых супесчаных почв с различной мощностью горизонтов A_1 , A_2 , A_2B .
- ЭАА и пятнистости дерново-карбонатных выщелоченных почв с различной мощностью горизонта A .

2-я группа: умеренноэрозионно-автоморфные земли. Дренированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами с участием слабосмытых до 20 %, полугидроморфных до 10 % на склонах 2...3°, Кр 0,2...0,5 км/км². Интенсивное использование возможно при условии ограничений в структуре пашни и применении противоэрозионных мероприятий. Агроэкологические виды земель:

- Пятнистости дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв с участием слабосмытых.
- Пятнистости дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв с участием слабосмытых.
- Пятнистости дерново-подзолистых супесчаных почв со слабосмытыми.

3-я группа: среднеэрозионно-автоморфные земли. Дренированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами с участием слабо- и среднесмытых до 50 % и полугидроморфных до 20 % на склонах 3...5°, Кр 0,5...1,0 км/км². Интенсивное использование возможно в основном в специальных противоэрозионных системах земледелия с применением гидротехнических, лесных и др. мелиораций. Агроэкологические виды земель:

- Пятнистости и комплексы дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв со слабо- и среднесмытыми на склонах теплых экспозиций.
- То же на склонах холодных экспозиций.
- Пятнистости и комплексы дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв со слабо- и среднесмытыми на теплых склонах.
- То же на склонах холодных экспозиций.
- Пятнистости и комплексы дерново-подзолистых супесчаных почв со слабо- и среднесмытыми на теплых склонах.
- То же на склонах холодных экспозиций.
- Эрозионно-аккумулятивные — комплексы и пятнистости дерново-подзолистых почв со смытыми, намытыми и полугидроморфными.

4-я группа: сильноэрозионные земли. Дренированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами различной степени смытости на склонах более 5°, Кр более 1 км/км².

5-я группа: умереннополугидроморфно-автоморфные земли. Слабодренированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами с участием полугидроморфных в количестве и качестве, допускающем использование этих земель без гидротехнических мелиораций. Агроэкологические виды земель:

- Пятнистости и комплексы дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв в том числе слабоглееватых с глееватыми до 50 %.
- Ташеты дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв карбонатно-глееватых, подстилаемые глинистыми и тяжелосуглинистыми отложениями с глубины 20...50 см.

- Пятнистости дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых, в том числе слабоглееватых с глееватыми до 20 %.

6-я группа: среднеполугидроморфно-автоморфные земли. Слабодренированные равнины на четвертичных отложениях с комбинациями автоморфных почв с полугидроморфными, использование которых сопряжено с осушением. Агроэкологические виды земель:

- Комплексы дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв (в том числе слабоглееватых) с глееватыми и глеевыми до 50 %.
- Комплексы дерново-карбонатных средне- и тяжелосуглинистых выщелоченных почв с дерново-глееватыми до 50 %.
- Комплексы дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и глинистых почв с глееватыми и глеевыми до 50 %.

7-я группа: полугидроморфные земли. Очень слабо дренированные равнины на четвертичных отложениях с полугидроморфными почвами. Агроэкологические виды земель:

- Комплексы болотно-подзолистых супесчаных и песчаных поверхностно-оглеенных почв.
- То же – грунтово-оглеенных.
- Комплексы болотно-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв (дерново-, перегнойно-, торфянистоподзолистых), поверхностно-оглеенных.
- То же – грунтово-оглеенных.
- Комплексы болотно-подзолистых тяжелосуглинистых и глинистых почв поверхностно-оглеенных.
- То же – грунтово-оглеенных.
- Комплексы дерново-глеевых почв поверхностного увлажнения.
- То же – грунтового увлажнения.
- Полугидроморфные аллювиальные.

8-я группа: гидроморфные земли. Агроэкологические виды земель:

- Торфяные болотные низинные почвы.
- Торфяно-глеевые низинные почвы.

9-я группа: литогенные автоморфные земли. Равнины на водно-ледниковых песчаных, двучленных и перемытых отложениях переменного гранулометрического состава с автоморфными почвами. Агроэкологические виды земель:

- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых песчаных почв с различной мощностью горизонтов A_1 , A_2 , A_2B .
- Ташеты супесчаных и песчаных дерново-подзолистых почв с подстиланием глинистыми и тяжелосуглинистыми отложениями на глубине 50-100 см.
- Мозаики дерново-подзолистых почв переменного грансостава.

10-я группа: полугидроморфно-литогенные земли.

11-я группа: полугидроморфно-эрозионные земли.

3.3. Ландшафтно-экологическая классификация земель таежно-лесной зоны

Агроэкологические группы и подгруппы земель				Разряды I порядка (по абсолютным высотам, м)	Разряды II порядка (по морфологическим типам рельефа для равнин)	
1				2	3	
<p>2. Плакормые (автоморфные): $K_p < 0,2 \text{ км/км}^2$, P^A, D^K, $P^{DГ} < 10\%$, $P^{DЭ} < 10\%$</p> <p>3. Эрозионные.</p> <p>3.1. Слабоэрозионно-автоморфные: $K_p 0,2 \dots 0,5 \text{ км/км}^2$, P^D, D^K, $P^{DГ} < 10\%$, $P^{DЭ} < 20\%$, уклоны преимущественно $2 \dots 3^\circ$</p> <p>3.2. Среднеэрозионно-автоморфные: $K_p 0,5 \dots 1,0$, $P^D, P^{DГ} 10 \dots 20\%$, $P^{DЭ} 20 \dots 50\%$, уклоны преимущественно $3 \dots 5^\circ$</p> <p>3.3. Сильноэрозионные: $K_p > 1 \text{ км/км}^2$, $P^D, P^{DГ} 20 \dots 30\%$, $P^{DЭ} > 50\%$, уклоны преимущественно $> 5^\circ$</p> <p>3.4. Очень сильно эрозионные: K_p, уклоны 8°</p> <p>3.5. Эрозионно-аккумулятивные:</p> <p>3. Полугидроморфно-автоморфные: $P^D, P^{DГ}, P^{DЭ} < 50\%$</p> <p>3.1. Слабополугидроморфно-автоморфные: $P^{DГ} < 10\%$</p> <p>3.2. Среднеполугидроморфно-автоморфные: $P^{DГ} > 10\%$</p> <p>4. Полугидроморфно-эрозионные: $P^{DЭ}, P^{DГ}, P^{DЭ}$</p> <p>5. Полугидроморфные: $P^{DГ}, P^{DЭ} > 50\%$, P^D</p> <p>5.1. Полугидроморфные депрессий $P^{DГ}, P^{DЭ}, D^Г, D^Г$</p> <p>5.2. Полугидроморфные пойменные $A^Г, A^Г$</p> <p>6. Гидроморфные.</p> <p>6.1. Гидроморфные депрессий: $B_n^{ПГ}, B_n^{ПГ}$</p> <p>6.2. Гидроморфные пойменные</p>				<p>Междуречья</p> <p>1. Низкое < 100</p> <p>2. Средневысотное $100 \dots 200$</p> <p>3. Возвышенное > 200</p> <p>Речные долины</p> <p>1. Верхняя терраса</p> <p>2. II надпойменная терраса</p> <p>3. I надпойменная терраса</p> <p>4. Пойма</p>	<p>1. Плоские</p> <p>2. Волнистые</p> <p>3. Холмистые</p> <p>4. Увалистые</p> <p>5. Плоскохолмистые, волнисто-увалистые и др.</p>	
Классы (генезис почвообразующих пород)	Подклассы (гранулометрический состав почвообразующих пород)	Роды (крутизна склонов)	Подроды (экспозиция склонов)	Виды (ЭПС)	Подвиды I порядка (контрастность ЭПС)	Подвиды II порядка (сложность ЭПС)
4	5	6	7	8	9	10
<p>1. Покровные</p> <p>2. Лессовидные карбонатные</p> <p>3. Ледниковые</p> <p>4. Ледниковые карбонатные</p> <p>5. Флювиогляциальные</p> <p>6. Аллювиальные</p> <p>7. Озерно-ледниковые</p> <p>8. Элювий известняков и т.д.</p>	<p>1. Глины и тяжелые суглинки</p> <p>2. Средние и легкие суглинки</p> <p>3. Супеси</p> <p>4. Пески</p> <p>5. Пески, подстилаемые суглинками глубже 0,6 м</p> <p>6. Пески, подстилаемые суглинками выше 0,6 м</p> <p>7. Суглинки на песках</p> <p>8. Суглинки на водупорных породах</p>	<p>1. $< 1^\circ$</p> <p>2. $1 \dots 2^\circ$</p> <p>3. $2 \dots 3^\circ$</p> <p>4. $3 \dots 5^\circ$</p> <p>5. $5 \dots 7^\circ$</p> <p>6. $7 \dots 9^\circ$</p> <p>7. $9 \dots 15^\circ$</p> <p>8. $15 \dots 30^\circ$</p>	<p>1. Равнины (уклоны $< 1^\circ$)</p> <p>2. Теплые Ю, З</p> <p>3. Холодные С, В</p>	<p>1. ЭПА</p> <p>2. Комплексы</p> <p>3. Пятнистости</p> <p>4. Мозаики</p> <p>5. Ташеты</p>	<p>1. Неконтрастные</p> <p>2. Слабоконтрастные</p> <p>3. Среднеконтрастные</p> <p>4. Сильноконтрастные</p> <p>5. Очень сильноконтрастные</p> <p>6. Чрезвычайно контрастные</p>	<p>1. Несложные</p> <p>2. Умеренно сложные</p> <p>3. Сложные</p> <p>4. Очень сложные</p>
Почвы						
Почвенная разность			Окультуренность	Механический состав	Содержание гумуса	pH _{KCl}
11			12	13	14	15
<p>1. P_1^D дерново-слабоподзолистые</p> <p>2. P_2^D дерново-среднеподзолистые</p> <p>3. P_3^D дерново-сильноподзолистые</p> <p>4. $P^{DГ}$ дерново-подзолистые слабоглееватые</p> <p>5. $P^{DГ}$ дерново-подзолистые глееватые</p> <p>6. $P^{DГ}$ дерново-подзолистые глеевые</p> <p>7. $P^{DЭ1}$ дерново-подзолистые слабосмытые</p> <p>8. $P^{DЭ2}$ дерново-подзолистые среднесмытые</p> <p>9. $P^{DЭ3}$ дерново-подзолистые сильносмытые</p> <p>10. $P^{ДН}$ дерново-подзолистые намытые</p> <p>11. $P_6^Г$ торфянисто-подзолистые</p> <p>12. D^K дерново-карбонатные</p> <p>13. $D^Г$ дерново-глееватые</p> <p>14. $D^Г$ дерново-глеевые</p> <p>15. $B_n^Г$ болотные низинные торфяные</p> <p>16. $B_n^{ПГ}$ болотные низинные перегнойно-торфяные</p> <p>17. $B_n^{ПГ}$ болотные низинные торфяно-перегнойные</p> <p>18. $A_л$ аллювиальные луговые</p> <p>19. $A_л^{ГГ}$ аллювиальные луговые слабоглееватые</p> <p>20. $A_л^Г$ аллювиальные глееватые</p> <p>21. $A_л^Г$ аллювиальные глеевые</p>			<p>1. Целинные</p> <p>2. Освоенные</p> <p>3. Окультуренные</p> <p>4. Высококультуренные</p>	<p>1. Песок</p> <p>2. Супесь</p> <p>3. Суглинок легкий</p> <p>4. Суглинок средний</p> <p>5. Суглинок тяжелый</p> <p>6. Глина легкая</p> <p>7. Глина средняя</p> <p>8. Глина тяжелая</p>	<p>1. Очень низкое</p> <p>2. Низкое</p> <p>3. Среднее</p> <p>4. Повышенное</p> <p>5. Высокое</p>	<p>1. Сильнокислые 3...4</p> <p>2. Кислые 4...5</p> <p>3. Слабокислые 5...6</p> <p>4. Нейтральные 7</p> <p>5. Слабощелочные 7...8</p>

Для лесостепной и степной зон приводятся примеры выделения агроэкологических групп земель без дальнейшего их подразделения.

Среднерусская провинция лесостепной зоны.

1-я группа: плакорные земли, представленные серыми лесными почвами, черноземами оподзоленными, выщелоченными и типичными, лугово-черноземными почвами, преимущественно глинистыми и тяжелосуглинистыми, на рыхлых четвертичных отложениях. Агроэкологические виды земель:

- Лугово-черноземные (луговато- и собственно лугово-черноземные) почвы водораздельных пространств имеют минимальные агроэкологические ограничения.
- Черноземы выщелоченные и типичные.
- Черноземы оподзоленные и темно-серые лесные почвы.
- Серые лесные почвы.
- Светло-серые лесные почвы.

2-я группа: умеренно-эрозионные земли. Включает черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные в эрозионных ландшафтах с коэффициентом горизонтального расчленения $0,5 \dots 1,0 \text{ км/км}^2$ и средними уклонами $1 \dots 3^\circ$, подверженные водной эрозии и в слабой степени – дефляции. От земель первой группы отличаются пониженной влагообеспеченностью из-за усиленного латерального стока, подверженностью эрозионным процессам, пониженным плодородием (содержание гумуса в пахотном слое снижено на $10 \dots 30 \%$ по сравнению с несмытыми разностями, плотность почвы увеличена на $6 \dots 10 \%$).

Агроэкологические виды земель:

- Черноземы выщелоченные и типичные глинистые и тяжелосуглинистые слабосмытые на склонах $1 \dots 3^\circ$. На южных склонах особенно ухудшаются гидротермические условия и повышается эрозионная опасность.
- Слабосмытые черноземы оподзоленные и темно-серые лесные почвы на склонах $1 \dots 3^\circ$.
- Слабосмытые светло-серые и серые лесные почвы на склонах $1 \dots 3^\circ$.

3-я группа: среднеэрозионные земли. Серые, темно-серые лесные, черноземы слабо- и среднесмытые на склонах $3 \dots 5^\circ$ на четвертичных отложениях. Коэффициент расчленения $1 \dots 1,5 \text{ км/км}^2$. Проявления водной эрозии и засушливости в данных ландшафтах усиливаются, особенно на южных склонах.

4-я группа: сильноэрозионные земли. Серые лесные почвы и черноземы разной степени смытости на склонах преимущественно $5 \dots 7^\circ$ с коэффициентом горизонтального расчленения более $1,5 \dots 2 \text{ км/км}^2$, на рыхлых четвертичных отложениях.

5-я группа: очень сильно эрозионные земли. Представлены сложными эрозионными ландшафтами с коэффициентом горизонтального расчленения более 2 км/км² и уклонами более 7°. Агроэкологические виды земель:

- Черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные различной степени смытости на рыхлых четвертичных отложениях на склонах более 7°.
- Серые лесные почвы различной степени смытости на рыхлых четвертичных отложениях на склонах круче 7°.

6-я группа: эрозионно-литогенные земли. Располагаются в сложных эрозионных ландшафтах на породах с крайне неблагоприятными свойствами. Агроэкологический вид земель:

- Лесостепные черноземы различной степени смытости на маломощном элювии коренных пород.

7-я группа: эрозионно-слабосолонцовые земли. Включает комплексы черноземов типичных или лугово-черноземных почв (остаточно-солонцеватых с пониженной мощностью гумусового горизонта) с солонцами степными и лугово-степными 10...25 %. Агроэкологические виды земель:

- Автоморфные солонцовые комплексы (черноземов достаточно-солонцеватых эродированных с солонцами автоморфными) на четвертичных породах, подстилаемые третичными засоленными водопроницаемыми породами, преимущественно на склонах 1...3°.
- Полугидроморфные и гидроморфные солонцовые комплексы (лугово-черноземных солонцеватых почв с солонцами лугово-степными и луговыми) – мочары, преимущественно на склонах 3...5°, на третичных засоленных слабоводопроницаемых породах (или близко подстилаемых ими).

8-я группа: пойменные земли. Агроэкологические виды земель:

- Аллювиальные дерново-слоистые почвы прирусловых пойм преимущественно легкого механического состава.
- Аллювиальные дерновые зернистые тяжелосуглинистые почвы центральных пойм.
- Аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы притеррасных пойм.

Заволжская провинция степной зоны.

1-я группа: плакорные земли, представленные черноземами обыкновенными и южными, преимущественно глинистыми и суглинистыми на четвертичных отложениях. Агроэкологические виды земель:

- Черноземы обыкновенные.
- Черноземы южные.
- Черноземы обыкновенные на низкогорных плато. Уникальность агроэкологических условий данного типа земель определяется повышенным уровнем плодородия почв и лучшей влагообеспеченностью, связанной с барьерным эффектом низкогорий Урала (сумма осадков в среднем превышает 500 мм в

год). Важная особенность данных земель – относительно короткий вегетационный период (около 100 дней).

- Луговато- и лугово-черноземные почвы речных террас. По своим агроэкологическим свойствам близки первым двум типам, но отличаются большим поверхностным и грунтовым увлажнением и относительно более коротким вегетационным периодом (короче на 15-18 дней) из-за позднего окончания весенних и раннего наступления осенних заморозков.

2-я группа: умеренно-эрозионные земли. Данная группа включает черноземы обыкновенные и южные в эрозионных ландшафтах с коэффициентом горизонтального расчленения территории $0,3...1,0 \text{ км/км}^2$ и уклонами $1...3^\circ$. Земли группы подвержены совместному проявлению водной и ветровой эрозии. От земель предыдущей группы отличаются худшей влагообеспеченностью из-за перераспределения осадков с поверхностным и грунтовым стоком и пониженным плодородием, а также развитием эрозионных процессов.

Агроэкологические виды земель:

- Черноземы обыкновенные и южные глинистые и тяжелосуглинистые слабосмытые на склонах $1...3^\circ$. Дифференцируются в зависимости от экспозиции склонов. На южных склонах гидротермические условия ухудшаются, требуется подбор более засухоустойчивых культур и сортов.
- Черноземы обыкновенные и южные легкого механического состава на при-террасных склонах $1...3^\circ$.

3-я группа: среднеэрозионные земли. Черноземы обыкновенные и южные слабо- и среднесмытые на склонах $3...5^\circ$ на делювиальных отложениях. Проявления водной, ветровой эрозии и засухи в данных ландшафтах усиливаются, изменяясь в зависимости от экспозиции склонов. Наиболее неблагоприятны южные склоны.

4-я группа: сильноэрозионные земли. Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на элювиально-делювиальных отложениях на склонах $5...7^\circ$.

5-я группа: очень сильноэрозионные земли. Представлены сложными эрозионными ландшафтами с коэффициентом горизонтального расчленения $>2,0 \text{ км/км}^2$ и уклонами местности $>7^\circ$. Агроэкологические виды земель:

- Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на склонах более 7° .
- Черноземы обыкновенные и южные малосформированные различной степени смытости.
- Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на мелко-схолмленных ландшафтах со склонами разных экспозиций.

6-я группа: малосолонцовые земли. Группа включает комплексы черноземов обыкновенных, южных и лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости с солонцами степными и лугово-степными 10...25 %. В пашне находится значительная часть таких комплексов. Наличие пятен со-

лонцов снижает продуктивность пашни, исключает возможность использования современных технологий. Поэтому необходимо выборочное улучшение солонцовых пятен при помощи землевания или путем внесения гипса. Агроэкологические виды земель:

- Комплексы нормальных и слабосолонцеватых почв с остаточными солонцами (содержащими в горизонте В до 10 % обменного натрия от емкости поглощения). В основу их улучшения должен быть положен комплекс агротехнических мероприятий, в числе которых предусматривается безотвальное глубокое рыхление на глубину 30...35 см, а также внесение органических и минеральных удобрений.
- Комплекс нормальных и солонцеватых почв с солонцами малонатриевыми (до 20 % обменного натрия) высококарбонатными. В основе их улучшения должна быть ярусная вспашка и выборочное стартовое поверхностное внесение гипса на глубину 0...10 см.
- Комплексы нормальных и солонцеватых почв с солонцами средненатриевыми высококарбонатными. Солонцы, входящие в состав данного типа земель, по своим физическим свойствам значительно хуже, чем малонатриевые. Эффективное использование данных земель достигается на фоне мелиоративной обработки в сочетании с выборочным гипсованием пятен.
- Комплексы нормальных и солонцеватых почв с солонцами мало- и средненатриевыми высококарбонатными. В основе мелиорации этих комплексов лежит внесение (выборочное) мелиорирующих веществ (гипса) на фоне безотвального глубокого рыхления.

7-я группа: солонцовые земли. Комплексы черноземов обыкновенных, южных, лугово-черноземных и луговых почв нормальных и в различной степени солонцеватых с солонцами более 25 %. Эти земли требуют мелиоративных мероприятий с использованием химических средств или внутрипочвенных запасов кальциевых солей, вовлекаемых в пахотный слой мелиоративной обработкой. Кроме того необходим подбор культур в соответствии с их соле- и солонцеустойчивостью. Агроэкологические виды земель:

- Комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с остаточными солонцами. Улучшение данных солонцов достигается глубокой вспашкой на 30...40 см с вовлечением в пахотный слой карбонатов кальция и магния с последующим использованием в системе безотвальной обработки.
- Комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с солонцами малонатриевыми высококарбонатными. Продуктивность этих земель ниже по сравнению с предыдущими. Для их эффективного использования в пашне нужна мелиорация, которая достигается плантажной или трехъярусной вспашкой.
- Комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с солонцами средненатриевыми высококарбонатными.

Солонцы, входящие в состав данного типа земель, по своим физическим свойствам значительно хуже малонатриевых из-за высокой степени пеп-

тизированнойности под влиянием повышенных количеств обменного натрия (более 20 % от емкости обмена). Использование таких земель в пашне без мелиорации нецелесообразно. Эффективное использование данных земель возможно на фоне мелиорации солонцов, которая осуществляется трехъярусной вспашкой в сочетании с поверхностным внесением стартовой дозы гипса с заделкой его на 0...10 см. Система мероприятий по использованию земель данного экологического типа после мелиоративной обработки и гипсования такая же, как и земель предыдущего типа.

- Комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с солонцами мало- и средненатриевыми глубококарбонатными. В основе мелиорации данных комплексов лежит гипсование. Наиболее эффективно выборочное гипсование солонцовых пятен на фоне безотвального глубоко рыхления. При выборе культур предпочтение следует отдавать наиболее соле- и солонцеустойчивым видам.
- Луговые солонцово-солончаковые комплексы, включающие солонцы луговые, солонцы-солончаки, луговые солонцеватые и засоленные почвы не выше средней степени засоления. Главным лимитирующим фактором здесь является активная физико-химическая солонцеватость, которая поддерживается близким залеганием грунтовых вод или солевых скоплений. Краткосрочность действия приемов химической мелиорации и самомелиорации в этом случае предопределена наличием условий для восстановления и поддержания солонцеватости почв. Улучшение кормовых угодий на таких землях с помощью комплекса приспособительных мероприятий, основанного на использовании рыхлящих обработок, дает существенный эффект, благодаря повышенному увлажнению этих земель по сравнению с автоморфными. Главным приемом их освоения и использования является безотвальная обработка рыхлителями РС-1,5 или РСН-2,9 на глубину 30...35 см с последующей разделкой дернины дисковыми орудиями или фрезами. После обработки весной следующего года высеваются многолетние травы: пырей, волоснец ситниковый; при слабом засолении – костер и люцерна.
- Луговые солонцово-солончаковые комплексы сильно засоленные.

Данные земли могут быть использованы только как естественные кормовые угодья с очень ограниченной нагрузкой скотом. Интенсификация их использования возможна лишь при гидротехнических мелиорациях.

8-я группа: эрозионно-солонцовые земли. Комплексы черноземов различной степени смывости и солонцов на элювиально-делювиальных отложениях. Использование таких земель в пашне нецелесообразно.

9-я группа: пойменные земли. Агроэкологические виды земель:

- Аллювиальные дерново-слоистые почвы прирусловых пойм преимущественно легкого механического состава.
- Аллювиальные дерновые зернистые и тяжелосуглинистые почвы центральных пойм.
- Аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы притеррасных пойм.

Казахстанская провинция степной зоны

1-я группа: плакорные земли. Плоские и плосковолнистые слаборе-нированные равнины с черноземами обыкновенными и южными глинистыми и суглинистыми на четвертичных отложениях. Земледелие здесь сопряжено с опасностью развития ветровой эрозии почвы. Тем самым определяется необходимость использования почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Агроэкологические виды земель:

- Черноземы обыкновенные на четвертичных отложениях.
- Черноземы южные. Обладают пониженным плодородием по сравнению с предыдущим типом и более интенсивным развитием процессов дефляции.

2-я группа: умеренно-эрозионные земли. В группу входят эрозионные ландшафты с черноземами обыкновенными и южными слабосмытыми на делювиальных отложениях с коэффициентом горизонтального расчленения местности $0,3 \dots 1,0 \text{ км/км}^2$ и уклонами $1 \dots 3^\circ$. Данные земли подвержены, кроме ветровой эрозии, еще и воздействию водной эрозии.

3-я группа: среднеэрозионные земли. Сложные эрозионные ландшафты с уклонами $3 \dots 5^\circ$ с черноземами обыкновенными и южными глинистыми и суглинистыми различной степени смытости на элювиально-делювиальных отложениях. Отличаются от предыдущих более низкой влагообеспеченностью и большей интенсивностью эрозионных процессов.

4-я группа: сильноэрозионные земли. Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на элювиально-делювиальных отложениях на склонах $5 \dots 7^\circ$.

5-я группа: очень сильноэрозионные земли. Сложные эрозионные ландшафты с уклонами более 7° . Агроэкологические виды земель:

- Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на склонах более 7° .
- Черноземы обыкновенные и южные малосформированные различной степени смытости на водоразделах.
- Черноземы обыкновенные и южные на мелковсхолмленных ландшафтах.

6-я группа: малосолонцовые земли. Комплексы черноземов обыкновенных и южных с солонцами степными и лугово-степными $10 \dots 25 \%$.

Группа включает два агроэкологических вида земель:

- Черноземы обыкновенные и южные в комплексе с солонцами степными, а также лугово-черноземные почвы в комплексе лугово-степными солонцами до 25% .
- Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости и дефлированности в комплексе с солонцами степными до 25% .

7-я группа: солонцовые земли. Комплексы с участием солонцов более 25% . Агроэкологические виды земель:

- Комплексы черноземов обыкновенных и южных с солонцами степными;
- Комплексы лугово-черноземных почв с солонцами лугово-степными;
- Комплексы солонцов с солонцеватыми зональными и полугидроморфными почвами;
- Луговые солонцовые комплексы;
- Солонцово-солончаковые комплексы.

Заволжская провинция сухостепной зоны

Система земледелия для плакорных земель

1-я группа: плакорные земли. Она представлена темно-каштановыми обычными и карбонатными почвами на плоских и плосковолнистых дренированных равнинах, сложенных четвертичными отложениями различного механического состава. Агроэкологические виды земель:

- Темно-каштановые глинистые и суглинистые почвы.
- Темно-каштановые почвы легкого механического состава.

2-я группа: умеренно-эрозионные земли. Группа включает темно-каштановые почвы различного механического состава на эрозионных ландшафтах с уклонами $1...3^{\circ}$. Агроэкологические виды земель:

- Темно-каштановые глинистые и суглинистые слабосмытые на склонах $1...3^{\circ}$.
- Темно-каштановые в различной степени смытые и дефлированные почвы легкого механического состава на склонах $1...3^{\circ}$.

3-я группа: среднеэрозионные земли. В группу входят земли сильно-эрозионных ландшафтов с уклонами $3...5^{\circ}$.

4-я группа: сильноэрозионные земли. Эрозионные ландшафты с уклонами более 5° .

5-я группа: малосолонцовые земли. В группу входят комплексы темно-каштановых почв с солонцами степными и лугово-каштановых почв с солонцами лугово-степными 10...25 %.

6-я группа: солонцовые земли. Группа включает комплексы зональных и полугидроморфных почв с солонцами более 25 %. Данные земли нуждаются в специальных мелиорациях с использованием химических средств или внутрипочвенных запасов кальциевых солей, вовлекаемых в пахотный слой мелиоративной обработкой.

Казахстанская провинция сухостепной зоны.

1-я группа: плакорные земли. Плоские и плосковолнистые равнины с темно-каштановыми глинистыми и суглинистыми почвами. Эти земли характеризуются наиболее низкой по сравнению с плакорами других провинций влагообеспеченностью и пониженным плодородием. Из-за суровых и малоснежных зим возделывание озимых культур здесь нецелесообразно. Важнейшее условие земледелия – необходимость предотвращения дефляции пу-

тем освоения почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Основное направление – производство зерна сильных пшениц в зернопаровых севооборотах с повышенной долей пара.

2-я группа: умеренно-эрозионные земли. Эрозионные ландшафты с темно-каштановыми почвами на делювиальных отложениях с уклонами $1...3^{\circ}$. На данных землях возрастает дефицит влаги, развивается водная эрозия и усиливается дефляция.

3-я группа: среднеэрозионные земли. Эрозионные ландшафты с уклонами $3...5^{\circ}$ с темно-каштановыми почвами различной степени смытости и дефлированности на элювиально-делювиальных отложениях. Отличаются от предыдущих еще более низкой влагообеспеченностью и большей интенсивностью эрозионно-дефляционных процессов.

4-я группа: сильноэрозионные земли. Эрозионные ландшафты с уклонами более 5° . Целесообразно их умеренное пастбищное использование.

5-я группа: малосолонцовые земли. Комплексы темно-каштановых солонцеватых почв с солонцами $10...25\%$.

3.5. Группировка агроэкологических видов земель.

Совокупность агроэкологических факторов, раскрытая рассмотренной классификацией в системе ландшафта, далее должна быть ранжирована с точки зрения лимитирующего влияния на возделывание сельскохозяйственных культур и возможностей их преодоления. С этих позиций они разделяются на четыре группы: управляемые, регулируемые, ограниченно регулируемые и нерегулируемые.

К числу управляемых относятся обеспеченность почв элементами минерального питания; регулируемых – реакция среды (pH), окислительно-восстановительное состояние, содержание обменного натрия, засоленность, мощность пахотного слоя; ограниченно регулируемых – неоднородность почвенного покрова, связанная с микрорельефом, сложение, структурное состояние почвы, водный режим, тепловой режим, содержание гумуса; нерегулируемых – гранулометрический и минералогический состав почв, глубина залегания коренных пород, рельеф, погодные условия.

По мере усложнения этих факторов уменьшаются возможности устранения или смягчения их влияния, все более сложными становятся средства преодоления соответствующих ограничений. Одновременно усиливается роль адаптационных мер (подбор сортов, приспособительная агротехника с учетом рельефа, климата, литологии), организация территории и т. д. до тех пор, пока ограничения со стороны нерегулируемых природных факторов становятся непреодолимыми.

В соответствии с характером природных ограничений пригодности земель для возделывания конкретных культур или групп культур и характером

мероприятий по их преодолению или адаптации агроэкологические виды земель ранжируются по шести категориям.

I категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов, которые оптимизируются с помощью удобрений и обычных агротехнических мероприятий. Это достаточно однородные контуры черноземных, лугово-черноземных, дерновых, окультуренных дерново-подзолистых и других благополучных почв.

II категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными мероприятиями. Они подразделяются по категориям «а» и «б»

II-а) С ограничениями, преодолеваемыми с помощью простых агротехнических и культуртехнических мероприятий. Это равнинные ландшафты, не подверженные процессам эрозии и дефляции. В числе ограничивающих факторов преобладают регулируемые (повышенная кислотность, повышенное содержание обменного натрия, умеренная засоленность, недостаточная мощность горизонта Апах., закустаренность). В числе ограниченно регулируемых факторов могут иметь место умеренная комплексность почвенного покрова, обусловленная микрорельефом, кратковременное переувлажнение, пониженное содержание гумуса. Из нерегулируемых факторов возможно присутствие неконтрастных комбинаций, обусловленных различной литологией почвообразующих пород.

II-б) С ограничениями, преодолеваемыми с помощью агротехнических мелиораций и противоэрозионных (противодефляционных) агротехнических мероприятий. В данную подкатегорию входят земли, которые помимо ограничений, характерных для предыдущих земель, отличаются еще и склонностью к проявлению эрозионных процессов. Они располагаются в эрозионном рельефе умеренной сложности. Преодоление эрозионных процессов здесь может достигаться с помощью обработки почвы поперек склона; щелевания; бороздования; безотвальной системы обработки почвы с сохранением на поверхности пожнивных остатков, оставлением соломы; полосного размещения культур, паров и многолетних трав и других агротехнических мероприятий при соответствующей противоэрозионной организации территории.

III категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднетратными гидротехническими, химическими, лесными, комплексными мелиорациями. Они делятся на три подкатегории.

III-а) Переувлажненные земли, которые могут быть улучшены путем осушения с помощью относительно простых дренажных устройств.

III-б) Земли, требующие затратных агротехнических, химических, комбинированных мелиораций. Это солонцовые и другие почвы с плотными горизонтами в различных комплексах. Могут быть улучшены мелиоративными

обработками (плантажными, ярусными и др.), сплошной химической или комбинированной мелиорацией (гипсование на фоне плантажа и пр.).

III-в) Земли, интенсивное использование которых возможно на фоне противоэрозионных гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий при контурной организации территории. Эти земли расположены в сложных эрозионных ландшафтах и используются в контурно-мелиоративных системах земледелия.

IV категория. Земли, малопригодные для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие неустранимых ограничений по условиям литологии почвообразующих пород, рельефа, мелиоративного состояния и весьма ограниченных возможностей адаптации. Это маломощные почвы с близким залеганием коренных пород, литогенные почвы на каолиновых корах выветривания, на третичных морских монтмориллонитовых глинах и т.д.

V категория. Земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиораций. Это болотные, сильно засоленные, аридные почвы, использование которых возможно лишь при создании сложных оросительных или осушительных систем.

VI категория. Земли, не пригодные для возделывания из-за неустранимых ограничений и незначительных возможностей адаптации.

4. МЕТОДИКА ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

4.1. Общие принципы

Рассматриваемый подход к агроэкологической оценке земель и проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия может быть реализован лишь на основе картографических материалов, отражающих ландшафтную дифференциацию условий, которые учитываются при формировании систем земледелия. Предлагаемая в данной методике система землеоценки значительно отличается от традиционной, практиковавшейся при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства. Соответственно требуют иного подхода принципы и методика составления картографических материалов. Основой их до настоящего времени служат агропроизводственные группировки почв, которые разрабатывались по материалам крупномасштабных почвенных карт. Существенные их недостатки: в большинстве случаев крайне слабое отражение структуры почвенного покрова, недостаточное отражение рельефа, литологических и гидрогеологических условий. Практически не учитывались почвенно-ландшафтные связи.

Показатели агроэкологической оценки земель предполагают учет соответствующих факторов (не только почвенных, но и геоморфологических, литологических, гидрогеологических, структуры почвенного покрова) при крупномасштабных обследованиях земель и показ их на картах. Кроме того, иерархический принцип выделения земельных категорий (вид, тип, группа земель) и соответствующая иерархия элементов проектирования систем земледелия делают необходимым отражение структуры ландшафта и внутриландшафтных связей. В отличие от агропроизводственных групп – не связанных между собой участков почв, – агроэкологические группы земель представляют собой общности видов земель, пространственно характеризующиеся как геосистемы, функционирующие в единой цепи миграции вещества и энергии.

Важнейшей составляющей ландшафтного анализа, а следовательно, и картографирования территории, является геохимическая характеристика элементарных ландшафтов. Соответственно необходима система показателей, характеризующих направленность, интенсивность и масштабы геохимических процессов в различных ландшафтах и их элементах (характер и скорость миграции веществ в почве и за ее пределы, особенно аккумуляция на геохимических барьерах). Такие динамические показатели могут быть получены только на основе идентификации геохимических потоков и функциональных связей в ландшафтах. К сожалению, эти исследования развиваются крайне медленно.

Особую роль в картографировании играют геоморфологические и литологические условия – не только как факторы дифференциации и индикации почвенного покрова, но и как самостоятельные факторы земледелия. Сло-

жился определенный опыт агрономической оценки этих условий. Однако необходима разработка более адекватных агрономическим требованиям классификаций рельефа и почвообразующих пород, оценки горизонтальной и вертикальной расчлененности территории. Нужна методика, которая позволяла бы идентифицировать условия рельефа и литологии с позиций агроэкологических требований сельскохозяйственных культур.

Требуется восполнения традиционный недостаток землеоценочной основы – слабое отражение гидрогеологических условий, в особенности вторичного гидроморфизма.

Значительно более емкая и основательная информационная база сложилась по характеристике агроклиматических условий, в том числе микроклимата, связанного с рельефом. Каждый элемент агроландшафта может быть охарактеризован по основным агроклиматическим параметрам в том или ином приближении.

Базовой составляющей картографирования является показ структуры почвенного покрова, т. е. пространственного размещения почв, связанного с литолого-геоморфологическими условиями. Теория СПП, развитая В.М. Фридландом и получившая широкий резонанс в теоретическом почвоведении, гораздо медленнее адаптируется к решению агрономических задач. Из-за недооценки этой проблемы структура почвенного покрова во многих случаях слабо отражена на крупномасштабных почвенных картах, особенно в таежно-лесной зоне. Это означает весьма неадекватное в агроэкологическом отношении отражение почвенных условий, особенно на слабодренированных равнинах с различным участием в структурах почвенного покрова глееватых и глеевых компонентов, а также в моренно-водно-ледниковых эрозионных ландшафтах с участием почвенных мозаик. Опыт почвенно-ландшафтного картографирования показывает, что подавляющее большинство почвенных контуров представлено различными комбинациями (комплексами, пятнистостями, мозаиками, ташетами), среди которых довольно велика доля контрастных (особенно комплексов). Требуется значительное усиление исследовательских работ в данном направлении, особенно в отношении диагностики и идентификации СПП, методов оценки их контрастности и сложности, разработки их классификации.

Особое значение в земледелии как элемент устойчивости ландшафта (особенно при повышении уровня интенсификации производства) имеют «микрозаповедники» или «микрозаказники» – места обитания полезной энтомофауны, птиц и других животных. Поэтому идентификация фауны ландшафтов должна стать одним из параметров картографирования земель. Разработаны методы такого рода обследований в отношении вредителей сельскохозяйственных культур, плодовых и лесных насаждений, но в основном они рассчитаны на применение в пределах участков прямого целевого использования (на посевах, в садах и т. д.). Требуется адаптация этих методик к картографированию ландшафтов и их структурных элементов, а также разра-

ботка методов учета популяций полезных птиц, энтомофагов и т. д. Важной составляющей этой работы является отображение фитосанитарной ситуации и в особенности природных предпосылок развития вредных организмов.

Таким образом, первичная картографическая основа для агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия должна содержать информацию о почвах и структуре почвенного покрова, геоморфологических, литологических, гидрогеологических, микроклиматических и геохимических условиях ландшафтов и их элементов, а также характеристику флоры и фауны.

Переход от картографирования почв к картографированию земель, качественное изменение содержания карт, увеличение их информационной насыщенности обуславливает и смену названия соответствующих карт с «почвенных» на «почвенно-ландшафтные».

Почвенно-ландшафтная карта должна иметь отчетливую агроэкологическую направленность, отражая все агроэкологически значимые характеристики.

В качестве первичной структурной землеоценочной единицы рассматривается элементарный ареал агроландшафта.

Почвенно-ландшафтные карты должны составляться в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 25 000 с показом элементарных ареалов агроландшафта и сопровождаться данными по агроэкологической оценке каждого ЭАА. Легенда составляется на базе агроэкологической классификации земель. При составлении почвенно-ландшафтной карты используются: топографическая карта масштаба 1 : 10 000 (1 : 25 000), аэрофотоснимки, материалы почвенных крупномасштабных обследований Росземпроекта, землеустроительные планы, фондовые материалы (почвенно-мелиоративные, геологические, гидрологические), материалы дополнительных полевых изысканий. На основании их анализа определяется конкретная программа дополнительных полевых исследований.

В большинстве случаев, особенно для хозяйств таежно-лесной зоны, необходимо проведение дополнительных работ по идентификации структур почвенного покрова. Корректировка и расшифровка контуров проводится по аэрофотоснимкам, а также в процессе дополнительных полевых изысканий.

Степень детализации почвенно-ландшафтных карт должна отвечать фактической дифференциации агроэкологических условий: качественная детализация должна отражать различия, которые могут быть учтены при проектировании систем земледелия самого высокого уровня; пространственная сообразуется с графическими ограничениями масштаба (минимальный выделяемый на карте контур – 0,20 см²). Для электронных карт (картографирование в ГИС) такие ограничения фактически отсутствуют.

На основе почвенно-ландшафтной карты разрабатывается карта агроэкологических типов земель, используемая вместе с банком данных для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Большой объем

информации обуславливает необходимость применения компьютерных методов учета и анализа материалов.

Таким образом, необходима переориентация крупномасштабных почвенных исследований на составление почвенно-ландшафтных карт (ПЛК) и – на их основе – карт агроэкологических групп и типов земель. Соответственно требуется обновление методики исследований, расширение содержания полевых и камеральных работ (при обязательном условии преемственности).

Реализация сформулированных требований является целью предлагаемой методики крупномасштабных почвенно-ландшафтных обследований и составления карт. Ее основа – методики и рекомендации, как уже проверенные многолетним опытом картографирования, так и не нашедшие пока широкого применения в производственной картографии (1, 2, 3, 4).

4.2. Требования к содержанию почвенно-ландшафтных карт

Принципиальное отличие предлагаемой методики от традиционной заключается в следующем. При почвенном картографировании сетка контуров (графическая часть карты) опирается на достоверные точки почвенных выработок, и образована почвенными границами. Сетка контуров почвенно-ландшафтной карты образована ландшафтными границами, представлена достоверно выявленными ЭАА, подтвержденными почвенными выработками и отображенными как геосистемы низшего уровня, из которых состоит геосистема более высокого уровня – агроландшафт.

1. Требования к содержанию, детальности, точности и оформлению ПЛК определяются их практическим назначением и графическими возможностями масштаба. Выбор масштаба (1 : 10 000, 1 : 25 000, реже 1 : 5 000) зависит от сложности почвенного покрова. При использовании ГИС графические ограничения практически ликвидируются, и на карте должны показываться все выявленные при полевом обследовании контуры.

2. Объектами картографирования являются низшие единицы агроландшафта – элементарные ареалы агроландшафта в их структурно-функциональной иерархии. Они характеризуются определенной структурой почвенного покрова (ЭПА или ЭПС), приуроченностью к элементу мезорельефа, типом микрорельефа, почвообразующими породами, элементарным геохимическим ландшафтом, геохимическими барьерами, микроклиматом, биоценозом. Размеры ЭАА обычно соизмеримы с размерами элементов мезорельефа или формами микрорельефа.

3. Для бумажных карт минимальный размер контура определяется графическими возможностями масштаба ($0,25 \text{ см}^2$). При необходимости показа контура меньшего размера используется внемасштабный знак, располагаемый на карте в соответствии с локализацией контура на местности.

4.1. Требования к содержанию крупномасштабных почвенно-ландшафтных карт (1 : 10 000) на примере южно-таежно-лесной зоны

Показатель		Требования к отражению
Объект		ЭАА
Минимальный контур		0,25 га (при меньших размерах – внесмасштабные знаки с локализацией в пределах контура) на бумажных картах
Элементы содержания карты	Почвенный покров	Обозначение почв на уровне разрядов Число компонентов ЭПС 2...3 (в исключительных случаях 4) Градации соотношения компонентов почвенного покрова: среднеконтрастных – до 10 %, 10...25(30) %, 25(30)...50 %; сильноконтрастных – до 5 %, 5...10 %, 10...25(30) %, 25(30)...50 %
	Литология	Характеристика до глубины не менее 2 м Генетический тип почвообразующих пород Гранулометрический состав пород Химические особенности пород (карбонатность, засоленность)
	Рельеф	Элемент рельефа Крутизна склона Форма водосбора (прямая, рассеивающая, собирающая, волнистая) Форма профиля (прямая, выпуклая, вогнутая, ступенчатая) Тип микрорельефа (по происхождению и морфологии)
	Гидрогеология	Тип водного питания Уровень грунтовых вод
	Растительность	Вид угодья
Элементы базы данных, не показываемые на карте	Геохимия	Вид элементарного геохимического ландшафта Геохимические барьеры Направление миграции
	Микроклимат	Относительная теплообеспеченность Относительное увлажнение Заморозкоопасность Скорость снеготаяния Средняя высота снежного покрова Ветроударность
	Флора и фауна	Биоценоз Растительная ассоциация Проективное покрытие Бонитет (для лесных насаждений) Возраст Виды и численность вредных организмов Засоренность Виды и численность полезных организмов
	Почвы	Агрохимические показатели Физические свойства
	Литология	Водопроницаемость
	Гидрогеология	Локализация верховодки Динамика верховодки Глубина капиллярной каймы

4. Каждый неоднородный в почвенном отношении контур должен быть охарактеризован составом и долевым участием компонентов. Название ЭПС в

легенде почвенно-ландшафтной карты отражает причины неоднородности. На карте неоднородный контур обозначается буквенным индексом, составленным из принятых индексов компонентов почвенного покрова.

5. Рекомендуемое число показываемых компонентов в неоднородном контуре для бумажных карт не более трех. Причины этого в следующем. Во-первых, при большом количестве компонентов часть из них являются переходными между другими, более контрастными. Целесообразен показ более контрастных компонентов ЭПС с малым долевым участием (даже в ущерб менее контрастным, но с большим долевым участием), поскольку именно они задают амплитуду дифференциации почвенных условий в пределах контура, лимитируют продуктивность ЭАА и обуславливают применение тех или иных мелиораций. Во-вторых, большое число компонентов ЭПС сильно затрудняет типизацию земель.

6. Относительное участие каждого компонента выражают в процентах площади распространения, придерживаясь следующих градаций: для мало- и среднеконтрастных комбинаций – до 10 %, 10...25 (30) %, 25(30)...50 %; для сильноконтрастных комбинаций (например, солонцовых комплексов) – до 5 %, 5..10 %, 10...25(30) %, 25(30)...50 %. Долевое участие компонентов устанавливается на ключевых участках с использованием аэрофотоснимков. При недостатке материалов для количественной характеристики долевого участия компонентов слабоконтрастных ПК допускается показ их последовательности (без %), начиная с преобладающего компонента. Ориентировочное соотношение компонентов для них может быть указано в легенде.

7. Подробность отображения компонентов почвенного покрова зависит от степени их контрастности по отношению к фоновым почвам. Глееватые, глеевые, сильно- и среднеэродированные, засоленные, солонцеватые и другие почвы, с которыми связаны лимитирующие факторы, должны быть отражены на карте с наибольшей детальностью, вплоть до показа отдельных ЭПА, площадь которых на карте менее 0,25 см² (внемасштабными знаками с точной локализацией их положения).

8. Показ геоморфологических условий зависит от вида картографической основы. При использовании в качестве таковой топографических карт с горизонталями рельеф на ПЛК изображается рисунком самих горизонталей. В контур с горизонталями могут быть введены условные знаки, отражающие принадлежность к определенной форме или элементу рельефа (ложбине, верхней, средней или нижней части склона, делювиальному шлейфу, речной террасе и т. д.), а также экспозицию (теплую, холодную), если это не перегружает карту. Условным значком обозначается тип и выраженность микро-рельефа. Система условных обозначений рельефа устанавливается исходя из рабочих группировок мезо- и микро-рельефа. В легенде обязательно отражаются элементы рельефа, уклон, форма и экспозиция поверхности.

9. Характеристика почвообразующих и подстилающих пород дается до глубины не менее 2 м. Частично информация входит в почвенно-

литологический индекс контура (тип и гранулометрический состав пород, каменистость, многочленность с указанием глубины смены литологических слоев). Остальные характеристики (химические особенности, водопроницаемость) отражаются только в легенде.

10. Гидрогеологические условия частично отображаются в почвенных индексах, как и на традиционных почвенных картах, подробности – в легенде и сопровождающих материалах.

11. Растительность на ПЛК контурно и в легенде отображается условными знаками угодий; подробности разъясняются в легенде и сопровождающих материалах.

12. Фаунистические комплексы отображаются на карте условными знаками. В легенде выделение самостоятельных категорий, соответствующих этим комплексам, нецелесообразно, поскольку они соответствуют определенной растительности и могут быть показаны совместно с ней.

13. Тип элементарного геохимического ландшафта определяется исходя из положения ЭАА в структуре ландшафта, особенностей почвенного покрова, рельефа, литологии и растительности, т. е. по сути представляет собой интерпретацию данных о других компонентах ландшафта. Более подробная характеристика геохимических условий (геохимические барьеры, интенсивность миграции и аккумуляции) дается на основе геохимических карт, которые составляются в случае необходимости (мелиоративные работы, высокий уровень интенсификации земледелия).

14. Микроклимат на карте и в легенде непосредственно не отображается. Информация по нему должна содержаться в сопровождающих материалах.

Составление почвенно-ландшафтной карты включает три общепринятых для почвенных исследований этапа: 1) предварительный (сбор и анализ материалов, составление программы исследований), 2) полевой, 3) заключительный камеральный (составление авторского оригинала карты).

4.3. Предварительный камеральный период

Содержание работ: сбор имеющихся материалов и их анализ; географическая привязка объекта съемки; составление предварительной картографической основы и макета почвенно-ландшафтной карты; планирование полевых работ.

4.3.1. Сбор и анализ материалов. При составлении крупномасштабных почвенно-ландшафтных карт используются: топографическая карта, аэрофотоснимки и высокого разрешения космоснимки, землеустроительные и лесоустроительные планы, почвенные картографические материалы и отчеты прошлых исследований, почвенно-мелиоративные, геологические и гидрогеологические фондовые материалы, почвенно-географическая региональная литература, другие источники.

Необходимые материалы – топографические карты и аэрофотоматериалы (контактные отпечатки, фотопланы, фотосхемы). Они не взаимозаменяемы и должны использоваться совместно.

Топографическая карта содержит наиболее объективную информацию о рельефе и гидрографии. Она является доступным источником сведений о количественных характеристиках – прямых (абсолютные отметки) и производных морфометрических (углах наклона, глубине и густоте расчленения). Топографическая карта – оптимальная основа для систематизации элементов и форм рельефа, незаменимая при полевом морфологическом анализе территории.

Следует иметь топокарты двух масштабов: обязательна карта масштаба съемки или крупнее; желательна карта более мелкого масштаба (1 : 50 000 или 1 : 100 000), облегчающая географическую привязку обследуемой территории и определение ее положения в системе природных районирований (почвенно-географическом, природно-сельскохозяйственном и т. д.).

Использование топографической основы, полученной путем механического увеличения с карт и планов более мелкого масштаба, не допускается.

Аэрофотоматериалы обладают исключительным достоинством – на них отражена неоднородность почвенного покрова, которая не выражена на топографических картах. К настоящему времени установлены основные дешифровочные признаки почвенного покрова для разных зон, видов аэрофотоматериалов и условий съемки.

Аэрофотоматериалы и космические снимки заказываются заблаговременно (срок их изготовления может составлять 1...3 месяца). Заказываются снимки самого последнего залета. Для территорий, подвергающихся интенсивным воздействиям (мелиорации, трансформации угодий, планировке) желательно иметь снимки не более чем 2-летней давности. Снимки предыдущих залетов позволяют выявить изменения в почвенном покрове территории.

Аэрофотоснимки должны отвечать определенным требованиям к масштабу, виду съемки, сезону залета.

При крупномасштабной съемке используют: фотопланы в масштабе съемки или крупнее; контактные отпечатки крупных масштабов, близких к масштабу съемки: 1 : 12 000, 1 : 15 000, 1 : 17 000, 1 : 25 000, 1 : 30 000. В конкретных случаях используются отпечатки, масштаб которых равен или мельче (до 2-х раз) масштаба съемки. Желательно использовать не увеличенные отпечатки, т. к. на увеличенных теряется стереоэффект. В любом случае рекомендуется не более чем 2...3-кратное увеличение, но допускается и 5...10-кратное.

В почвенных и крупномасштабных почвенно-ландшафтных исследованиях массовое применение находят материалы сплошной оптической аэро-съемки, регистрирующей видимое излучение, отраженное земной поверхностью и растительностью.

Для залесенных территорий хорошее изображение дают аэроснимки любого времени залета. Панхроматические снимки лучше передают различия в породном составе при весенних залетах из-за более контрастной окраски листвы. Значительное преимущество имеют летние цветные снимки, напечатанные со спектрозональной пленки СН-2. В осенних залетах лучшие результаты дают цветные снимки с натуральной цветопередачей.

Дешифрирование распаханых почв всех зон по летним аэрофотоснимкам крайне затруднено, т. к. поверхность почвы в это время покрыта высокой растительностью. На них обнаруживаются лишь самые резкие различия почвенного покрова, отражающиеся на культурной растительности.

Оптимальные условия дешифрирования создаются при аэрофотосъемке открытой поверхности пашни.

Дешевы, доступны и поэтому наиболее используемы черно-белые аэрофотоснимки, отпечатанные с панхроматической пленки.

Для дешифрирования почв южно-таежной зоны по панхроматическим аэрофотоснимкам лучше всего использовать весенние и раннелетние снимки.

Для качественного дешифрирования почв лесостепной зоны используются снимки весеннего залета или осеннего – если он проведен после уборки урожая и распашки. На ранневесенних снимках (выполненных после снеготаяния) и осенних (после обильных дождей) рисунок и границы контуров выражены менее ярко из-за общего более темного тона изображения.

Поздневесенние аэрофотоснимки – лучшие для дешифрирования распаханых почв черноземной зоны. На летних АФС эродированные участки, ложбины и блюдца с лугово-черноземными почвами достаточно четко дешифрируются по изображению культурной растительности.

Для степной зоны Западной Сибири наибольшей контрастностью обладают поздневесенние и раннелетние снимки.

Желательно использовать не только панхроматические, но и спектрозональные снимки (цветные или черно-белые). При прочих равных условиях они более контрастны и четки, на них отображаются различия, неуловимые на панхроматической пленке.

Напечатанные с цветной спектрозональной пленки черно-белые снимки уступают несколько цветным, но по сравнению с панхроматическими имеют более контрастное и четкое изображение, легче дешифрируются.

При дешифрировании переувлажненных почв (особенно пойменных) наиболее наглядны весенние цветные спектрозональные снимки. Однако изображение некоторых переувлажненных участков на них сильно затемняется.

Значительное преимущество цветных спектрозональных снимков обнаруживается при дешифрировании гидроморфных почв (особенно под лесом), днищ оврагов и балок.

Цветные спектрозональные снимки дают наилучшие результаты для водоразделов, особенно лесопокрытых, на которых позволяют дешифрировать степень оподзоленности, заболоченность.

Дешифрирование эродированных почв по черно-белым снимкам обоих типов (панхроматических и спектрозональных) труднее, чем по цветным спектрозональным, на которых легче прослеживается изменение цвета.

АФС обязательно привлекаются к анализу рельефа по топографическим картам. По ним уточняются конфигурация и положение форм микрорельефа (западин, ложбин и т. д.), границы структурных элементов речных долин и прочие геоморфологические элементы. В стереоскопическом изображении хорошо различаются плоские и слабовыпуклые вершины водоразделов, которые не всегда можно разделить по топографической карте. Для слаборасчлененных равнин с малыми уклонами аэроснимок является главным источником информации, так как топографическая карта в этих условиях позволяет провести лишь схематичное деление территории, недостаточное для съемки крупного масштаба.

Аэрофотоснимок содержит информацию о микрорельефе, не фиксируемом на топографической карте. Микрорельеф обычно дешифрируется по косвенным признакам – через мелкую пестроту рисунка, вызванную неоднородностью растительного покрова или увлажнения.

АФС используются при корректировке границ ареалов – прежде всего эродированных, переувлажненных, пойменных почв, а также неоднородных контуров. Корректировка особенно эффективна, если при составлении исходной почвенной карты аэроснимки не использовались.

Для нанесения изображений в процессе съемки целесообразно изготовить ксерокопии АФС, на которых можно работать карандашом и легко делать исправления, а оригиналами снимков пользоваться только как источниками фотоинформации.

Планы внутривладельческого землеустройства (контурные планы землепользования) служат для получения точных сведений о земельных участках хозяйства и производственных границах (отделений, бригад, полей севооборота).

Полевое почвенно-ландшафтное картографирование и составление рабочего варианта почвенно-ландшафтной карты на контурном плане землепользования не допускается.

Материалы геологических фондов содержат фактические данные по распространению, геоморфологической приуроченности и литологическому строению четвертичных отложений, гидрологическим особенностям территории.

Материалы ранее проведенных почвенных исследований используются как при составлении почвенно-ландшафтной карты, так и для анализа изменений, происшедших со времени предыдущего обследования.

Изучение ранее составленных почвенных карт дает представление о компонентном составе почвенного покрова, главных закономерностях размещения почв. Наибольший интерес представляют фактические данные: описания разрезов, их положение, сведения о почвообразующих породах, аналитические данные, а также содержащиеся во многих работах карты ключевых участков и почвенно-геоморфологические профили.

Использовать контурную часть ранее составленных карт можно лишь при условии дополнительной проверки по другим источникам (аэрофотоматериалам, топографической карте, фондовым материалам).

Важным источником информации является *региональная почвенно-географическая литература*. Фактический материал по изучаемому району должен максимально использоваться для анализа закономерностей распространения почвенного покрова. По литературным данным составляется список встречаемых на территории почв, перечень описанных микроструктур почвенного покрова, выводы о связях почвенного покрова с факторами почвообразования, которые можно использовать в ландшафтной индикации.

Перечисленные материалы дают представление об основных природных факторах, определяющих особенности и разнообразие агроэкологических условий района исследований. Анализ информации выявляет основные региональные показатели, лимитирующие возделывание сельскохозяйственных культур. Они должны учитываться при картографировании и получить полное отражение на почвенно-ландшафтной карте (таблица 4.2).

4.2. Основные источники информации о неблагоприятных агроэкологических условиях

Условия	Источники информации			
	Почвенные карты	Топографические карты	АФС	Полевое обследование
Эродированность почв	+	+	+	+
Оглеение почв	+		+	+
Гранулометрический состав:				тяжелый
				легкий
Низкая гумусированность Ап			+	+
Горизонтальная литологическая неоднородность	+		+	+
Вертикальная литологическая неоднородность	+			+
Каменистость и щебнистость	+	+	+	+
Близкое залегание почвенно-грунтовых вод	+	+		+
Склоны крутизной более 3°		+	+	±
Склоны крутизной менее 0,5°		+	+	±
Микрорельеф: эрозионный	±	+	+	+
западинный, ложбинный, бугорковый, полигональный			+	+
Антропогенный микро- и нанорельеф			+	+
Глыбистость поверхности пашни				+
Корка на поверхности пашни				+
Неоднородность состояния посевов			+	+

Завершает анализ материалов *сводка данных*. Она включает характеристику почвообразующих пород, их приуроченности к геоморфологическим элементам; информацию о почвенно-грунтовых водах; данные анализов гранулометрического состава и химических свойств почв и пород; сведения об агрономической неоднородности почвенного покрова. Сводка завершается списком использованной литературы.

4.3.2. Географическая привязка объекта исследования. Определяется принадлежность обследуемой территории к тому или иному природно-сельскохозяйственному району, наличие в ее пределах природных рубежей (5, 6, 7, 8, 9, 10).

Для удобства географической привязки объект оконтуривается на топографической карте М 1 : 100 000. На эту же карту в пределах исследуемой территории наносятся природные рубежи – границы природных районов или крупных типологических единиц (например, комплексов форм рельефа), выделяются границы крупных элементов ландшафта: речных долин и террас, плоских и расчлененных поверхностей, низких и возвышенных равнин и т. д. Эти границы используются при выделении ландшафтно-индикационных районов на предварительной основе (М 1 : 10 000, 1 : 25 000).

4.3.3. Составление предварительной картографической основы.

Топографическая основа с показом рельефа горизонталями изготавливается путем ксерокопирования листов топографической карты необходимого масштаба или светокопирования фотопланов с горизонталями. С контурного плана внутрихозяйственного землеустройства на нее наносятся границы исследуемого землепользования (землепользований) и смежества.

Для изготовления рабочей основы желательно иметь вариант (А), на котором изображение простирается несколько далее границ исследуемого землепользования. Он размножается соответственно числу участников съемки (техников-почвоведов и начальников подразделений) плюс 4...5 экземпляров для изготовления факторных основ.

Для окончательного авторского оригинала и сопровождающих карт используется вариант (Б), на котором границы исследуемого землепользования и границы изображения совпадают. На нем вычерчивается рамка, надписывается наименование, масштаб, год составления, ставится штамп организации. Размножается в количестве потребных экземпляров почвенно-ландшафтной карты, карты агроэкологических типов земель.

Рабочую основу желательно изготавливать на топографической основе варианта А.

До сих пор для производственного крупномасштабного картографирования в качестве рабочей основы принимались топографические карты или аэрофотоснимки, не несущие никакой дополнительной информации из других источников, кроме точек разрезов и наименований почв, выявленных в этих точках при ранее проведенных обследованиях. Современный уровень

изученности ландшафтов, в особенности почвенного покрова, позволяет перейти к более информативной факторной рабочей основе, т. е. основе, на которой как компоненты ландшафта показаны факторы почвообразования и дифференциации почвенного покрова, а также типы фотоизображения.

Такая карта позволяет объективно выделить контуры с аналогичными агроэкологическими условиями, что необходимо для обоснованной картографической экстраполяции и рационального проведения полевых работ. Цели составления факторной основы: 1) систематизация и анализ имеющейся картографической информации; 2) создание опорной контурной сети почвенно-ландшафтных выделов (предполагаемых ЭАА).

Рабочая основа составляется в два этапа: составление предварительной факторной карты и затем на ее основе – макета почвенно-ландшафтной карты, подлежащего полевой проверке.

Составление осуществляется в масштабе почвенно-ландшафтной съемки (1 : 10 000 или 1 : 25 000) на топографической карте или фотоплане с привлечением других имеющихся картографических, фондовых, литературных источников. Предпочтение отдается основе, содержащей максимум информации.

Содержание *предварительной факторной карты* составляют ареалы, однотипные по условиям рельефа, почвенно-литологическим условиям, типу фотоизображения – вероятные ЭАА. Способы изображения отдельных факторов зависят от надежности выявления их пространственной дифференциации по имеющимся источникам.

Последовательность работ:

- 1) составление списков выделов по компонентам ландшафта (в том числе систематического списка почв) и типам фотоизображения;
- 2) выделение элементов рельефа на топографической карте (составление исходной сетки вероятных ЭАА);
- 3) характеристика почвенно-литологического содержания контуров;
- 4) анализ взаимосвязей компонентов ландшафта и типов фотоизображения;
- 5) составление легенды.

Составление списков выделов позволяет зафиксировать диапазон разнообразия каждого компонента ландшафта в пределах территории. Наиболее ответственно на начальной стадии работ – выделение элементов рельефа и выбор параметров для их характеристики, поскольку элементы рельефа образуют исходную сетку контуров, заполняемую на последующих этапах информацией о других компонентах ландшафта. Основные параметры рельефа – форма поверхности, крутизна, экспозиция, характер и размер расчленяющих элементов, положение элемента в ландшафте. При определении градаций по каждому показателю исходят из их ожидаемой сельскохозяйственной значимости и индикационной роли для выделения почвенных контуров. В сомнительных случаях рекомендуется принимать более узкие градации, учитывая возможность последующего объединения.

При выборе градаций учитываются некоторые общепринятые рубежи, имеющие значение во всех зонах (например, углы наклона 3° и 5°) и региональное значение (1° и 2°). Интервал до 1° характеризует повышенную вероятность переувлажнения, наличие микрорельефа и оглеенных компонентов в структуре почвенного покрова гумидных регионов. Интервал $1^\circ \dots 3^\circ$ характеризует наиболее благоприятные условия дренированности, но если до 2° почвенный покров наиболее однороден, а микрорельеф практически не выражен, то при углах наклона более 2° влияние начальных форм эрозии приводит к смене ЭПС.

Разделение склонов по форме в плане на прямые, выпуклые (рассеивающие) и вогнутые (собирающие) вызвано их различной способностью аккумулировать влагу атмосферных осадков и формировать сток. При прочих равных условиях (угол наклона, литология и др.) вогнутые склоны более увлажнены, чем прямые и тем более рассеивающие. Им свойственна и большая внутренняя неоднородность.

Далее составляется перечень выделенных форм и элементов рельефа. Если предусматривается составление почвенно-ландшафтной карты на основе без горизонталей, каждой категории рельефа присваивается значок, характеризующий данную категорию рельефа на предварительной картографической основе.

4.3. Список элементарных единиц рельефа для южной части Среднерусской провинции таежно-лесной зоны

№	Знак	Форма поверхности	Угол наклона	Экспозиция	Геохимическое положение**
1		Слабовыпуклые дренированные водоразделы и пологие склоны	$1 \dots 2^\circ$	—	Э**
2		Плоские водоразделы	$< 1^\circ$	—	Э
3		Прямые и волнистые водораздельные склоны	$2 \dots 3^\circ$	С, З, В	ТЭ
4		Нижние выположенные части склонов	$< 1^\circ$	Ю, ЮЗ, ЮВ	ТЭА
5			$1 \dots 2^\circ$	С, З, В	
6			$2 \dots 3^\circ$	Ю, ЮЗ, ЮВ	
7		Вогнутые склоны и привершинные водосборные расширения, седловины	$< 1,5^\circ$	—	ТЭА, ЭА
8		Вогнутые склоны и водосборы в верховьях балок	$1,5 \dots 3^\circ$	С, З, В	ТЭА
9			$> 3^\circ$	Ю, ЮЗ, ЮВ	
10		Прибалочные и придолинные склоны	$3 \dots 5^\circ$	С, З, В	ТЭ
11		прямые и волнистые	$5 \dots 8^\circ$	Ю, ЮЗ, ЮВ	
12			$> 8^\circ$		
13*		Ложбины узкие (до 50 м)	$> 0,5^\circ$	—	ТЭА
14*		Ложбины широкие и днища временных водотоков (более 50 м)	$< 1,5^\circ$	—	ТЭА
15*		Надпойменные террасы малых рек	—	—	ТС, ТЭА
16		Поймы малых рек и их притоков	—	—	ТС

17	О	Крупные западины и другие локальные замкнутые депрессии	–	–	ЭА
----	---	---	---	---	----

*группировка нуждается в уточнении

** элементарные геохимические ландшафты: Э – элювиальные, ЭА – элювиально-аккумулятивные, ТЭ – трансэлювиальные, ТЭА – трансэлювиально-аккумулятивные, ТС – трансупераквальные

В таблице 4.3 приводится список элементарных единиц рельефа для одного из объектов южно-таежно-лесной зоны (1). Автор отмечает необходимость уточнения списка по показателям, не отражаемым на топографической карте 1 : 10 000 с высотой сечения горизонталей 2...2,5 м: а) разделению водоразделов на плоские и слабовыпуклые, б) наличию и выраженности эрозионного и западинного микрорельефа, в) выделению границ пойм, г) критериям разделения пойм, надпойменных террас, прилегающих шлейфов нижних частей склонов. Дифференциация рельефа на этом уровне уточняется по аэрофотоматериалам и при полевой рекогносцировке.

4.4. Список литологических выделов для южной части Среднерусской провинции лесостепной зоны

№	Знак	Генетический тип отложений	Однородность	Грансостав	Химический состав	Условия залегания по рельефу
1	Л	Лессовидные	О	Т, Г	К	Вершины и пологие склоны увалов любых экспозиций, холодные склоны увалов любой крутизны
2	Л Т	Лессовидные, подстилаемые третичными морскими	Д	Т	ЗК, В	Отметки 155...165 м Пологие верхние части склонов (преимущественно теплых) увалов
3	Т	Третичные морские	О	Т, Г	ЗК	Отметки 150...160 м Пологие и покатые верхние части склонов (преимущественно теплых) увалов
4	Л Эм	Лессовидные, подстилаемые рыхлым (мергелистым) элювием известняков	Д	Т, Г	К	Отметки не выше 150 м Покатые теплые склоны эрозионной сети
5	Эм	Рыхлый (мергелистый) элювий известняков	О	С	К ₃	Отметки не выше 140 м Крутые теплые склоны эрозионной сети
6	Эщ	Щебнистый элювий известняков	Н	Х	К ₃	Отметки не выше 135 м Крутые теплые склоны эрозионной сети
7	Дк	Делювиальные отложения	О	Т	К	Террасовидные уступы в балках Нижние выположенные части склонов увалов
8	Дк ₃		О	Т	К ₃	Нижние балочные террасы, перекрытые делювиальным шлейфом
9	Д		О	Т	К ₁ , В	Днища балок

Примечание.

Однородность отложений: О – однородные, Д – двучленные, Н – неоднородные с постепенной сменой.

Гранулометрический состав: Т – тяжелосуглинистый, Г – глинистый, С – суглинистый, Х – хрящеватый, П/Т, П/Г – песчаный на тяжелосуглинистом и глинистом.

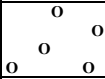
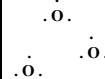
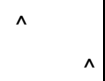
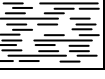
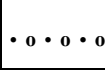
Особенности химического состава: В – выщелоченные, К – карбонатные (К₁ – слабо-, К₃ – сильнокарбонатные), З – засоленные, З – глубокозасоленные, Бк – бескарбонатные.

В таблице представлены данные сбора информации перед полевыми исследованиями, выполненными кафедрой почвоведения МСХА имени К.А. Тимирязева в 2001...2004 гг.

Аналогично составляются *списки литологических выделов*. Литологические разности ранжируются в списке в порядке, соответствующем положению предполагаемых контуров в ландшафтной иерархии и их распространенности. Отмечаются их однородность (неоднородность), гранулометрический состав, химические особенности, условия залегания по рельефу (таблица 4.4).

Списки типов растительности составляются на основе материалов предыдущих почвенных и геоботанических обследований, топографических карт, литературных источников. Знаковые обозначения выделов даются в соответствии с условными обозначениями, принятыми для топографических карт (включая тип растительности). Пример упрощенного списка – таблица 4.5.

4.5. Список типов растительности

№	Знак	Угодье	№	Знак	Угодье
1		Пашня	6		Лес*
2	" "	Сенокосы Культурные пастбища	7		Кустарник*
3		Выгоны	8		Сад*
4		Заболоченный луг	9		Лесополоса*
5		Болото*	10		Кустарниковая полоса*

*в знак вводится условное обозначение типа растительности, состава древесных пород

Составление *систематического списка почв* проводится согласно принятой методике.

Выделенные при предшествующих обследованиях почвенные разности располагаются в зональной последовательности. По каждому типу почв характеризуются природные условия, процессы почвообразования, морфологическое строение профиля, свойства, диагностические признаки генетических горизонтов, принятые индексы для их обозначения и более мелкое классификационное подразделение на подтипы, роды, виды (согласно действующей классификации почв) с соответствующими морфологическими признаками, разновидности и разряды.

В списке приводятся дополнительные общепринятые индексы, отражающие генезис и гранулометрический состав почвообразующей породы, глубину смены пород (если она происходит в пределах первых двух метров), степень окультуренности, степень и характер оглеения, каменистость, смытость, намытость, солонцеватость, солончаковатость и т. д.

После каждого почвенного типа в списке оставляют резервные места для дополнения списка в полевой период почвами, не выявленными ранее.

Выделение *типов фотоизображения* проводится на основании различий тона и рисунка (интенсивности и контрастности тона, размера и формы пятен или линейных элементов, образующих рисунок, характера их взаимного расположения).

Выделяются наиболее выразительные, уверенно диагностируемые типы рисунков. Количество категорий, объективно выделяемых по фотоизображению, зависит от особенностей территории, качества снимков, вида и состояния угодий. Типам рисунка присваиваются рабочие названия (однородный темный, однородный светлый, мелко- или крупнопятнистый, точечный, линейный, волнистый, линзовидный, разреженно- или густодревовидный, пятнистый наложенно-древовидный и т. д.), затем составляется их рабочий список.

Выделение элементов рельефа на топографической карте проводится в следующем порядке:

- 1) Выделяются элементы линейного расчленения (долинно-балочной сети): поймы и низкие террасы малых рек; днища и склоны балок и лощин; макроложбины с разделением на днища и склоны; микроложбины без деления на днища и склоны.
- 2) Оконтуриваются локальные замкнутые формы: положительные (мелкие холмы, бугры, четко выраженные вершины гряд и холмов); отрицательные (замкнутые депрессии, западины, ложбинообразные понижения).
- 3) Проводится деление на элементарные участки остальной территории, представляющей собой склоны разной крутизны, формы, экспозиции.

В итоге на предварительной основе выделяется сетка контуров предполагаемых ЭАА, различающихся по геоморфологическим условиям. Внутри ЭАА геоморфологические условия (уклон, экспозиция, форма в плане) должны быть одинаковы.

Характеристика почвенно-литологического содержания контуров. На этой стадии исходная сетка контуров насыщается информацией о почвенном покрове, почвообразующих породах, грунтовых водах. При этом возможно появление новых границ, разделяющие некоторые первоначально элементарные контуры.

Литологическая характеристика. Сведения о почвообразующих и подстилающих породах, содержащиеся в литературных источниках, обычно основаны на точечных полевых исследованиях, данные которых подверглись широкой пространственной экстраполяции. Они имеют обобщенный, схематичный характер. Наиболее целесообразно выявить варианты литологического строения пород (до глубины не менее 2 м), глубину их смены, гранулометрический состав верхних горизонтов, по возможности – конкретные условия залегания. Список литологических выделов используется в легенде предварительной карты.

На предварительную карту наносятся точки, обеспеченные литологической характеристикой, им присваивается соответствующий индекс. Пунктирной линией намечают литологические границы. Выявляются участки, не обеспеченные информацией и требующие полевой проверки.

При наличии информации о стратиграфии отложений на предварительную карту с учетом высотных отметок переносятся границы геологических слоев. Таким образом выявляются предположительные места поверхностного залегания или подстилания определенными породами.

Почвенная характеристика. Традиционная методика картографирования не позволяет использовать для предварительной основы контурную часть имеющихся почвенных карт. Используются фактические материалы ранее проведенных обследований (полевые дневники, журналы обследований, карты с указанием точного местоположения разрезов). На предварительную карту переносят все почвенные выработки (№, индексы). Выявляется обеспеченность ЭАА почвенными выработками и фактическими данными. Следует учитывать, что большинство крупномасштабных карт не отражают внутренней почвенной неоднородности контуров (т. к. показывают преобладающие почвы, а не ЭПС), поэтому ЭАА, обеспеченные единичными разрезами, не могут считаться полностью охарактеризованными в почвенном отношении.

Анализ взаимосвязей компонентов ландшафта с их изображением (на топографической карте и АФС) и друг с другом проводится для обоснования ландшафтной индикации. Она заключается в диагностике трудноопределяемых компонентов ландшафта по легкоопределяемым. Достоверно установленные связи между почвами, непосредственно определенными в поле, и индикаторами (элементами рельефа или типами фотоизображения) можно экстраполировать на аналогичные контуры индикаторов, не обеспеченные почвенными выработками.

Для выявления и количественной оценки связи почв с категориями рельефа и типами аэрофотоизображения составляются предварительные индикационные таблицы.

Простые (однофакторные) индикационные таблицы «Почва – рельеф», «Почва – фотоизображение» и т. д. имеют двухмерную систему координат (таблица 4.6). Почвы перечисляются согласно систематическому списку (строки «Почва 1» ... «Почва N»); элементы рельефа, типы фотоизображения или растительные группировки перечисляются согласно спискам выделов (столбцы «1» ... «N»). В ячейках на пересечении строк и столбцов указывается число обнаруженных соответствующих сочетаний. В строке «Всего» суммируется количество разрезов по выделу индикатора и принимается за единицу (правая половина таблицы). Затем для каждого сочетания этого выдела и определенной почвы рассчитывается его доля от 1 (общего числа разрезов для выдела).

Устойчивые сочетания позволяют считать исследуемый фактор (или его отдельные категории) индикатором. Как наиболее достоверные рассматрива-

ются связи, имеющие высокую вероятность (по вычисленной доле не менее 0,8) и подтвержденные большим количеством разрезов.

Для четко диагностируемых типов фотоизображения четкая связь с почвами дает основания для фотодешифрирования. Однако часто неоднородное фотоизображение не обеспечивается необходимым количеством почвенных выработок. В этом случае необходима полевая работа с расшифровкой структуры почвенного покрова на микроключках.

4.6. Форма простой индикационной таблицы «Почва – рельеф»

Элементы рельефа Почвы	1	2	...	N	1	2	...	N
	Число разрезов, шт.				Доля разрезов			
Почва 1								
Почва 2								
...								
Почва N								
Всего					1,00	1,00	1,00	1,00

Для менее четко диагностируемых типов фотоизображения проводится аналогичный анализ, но они могут использоваться только как дополнительные индикаторы в сочетании с рельефом и прямым опробованием.

Легенда факторной основы составляется по рабочим спискам всех учитываемых показателей: элементов рельефа, почвообразующих пород, типов фотоизображения, почв и (если имеются данные) ЭПС.

Принцип построения обобщенной легенды для факторной основы такой же, как и для индикационных таблиц. Строки и столбцы легенды характеризуют факторы, наиболее легко и точно дифференцируемые на предварительном камеральном этапе. Обычно такими факторами являются рельеф и тип фотоизображения. Упрощенный вариант легенды факторной основы представлен в таблице 4.7.

4.7. Форма легенды факторной основы почвенно-ландшафтной карты

Типы фотоизображения		Элементы мезорельефа						
		Водоразделы		Склоны теплые/холодные				
Тон	Рисунок	плоские	выпуклые	1-2°	2-3°	3-5°	5-7°	7-10°
Белый	Нет						Теплые	
Светло-серый	Нет				холодные			
	Мелкопятнистый темный (мелкозападинный микрорельеф)							
	Древовидный светлый (мелколожбинный микрорельеф)				теплые		холодные	
Серый	Нет				холодные			
	Мелкопятнистый темный (мелкозападинный микрорельеф)							

	Крупнопятнистый светлый								
	Древовидный светлый (мелколожбинный микрорельеф)								
...	...								

Перед заполнением легенды рекомендуется выделить (бледным тоном или тонкой штриховкой) ячейки, характеризующие реальным сочетанием индикационных признаков.

Имеющиеся данные о других индикаторах могут быть введены в ячейки в виде условных значков (если одному сочетанию основных индикаторов соответствует одна категория дополнительного индикатора) или в шапку таблицы на уровне подкатегорий основных индикаторов.

В большинстве случаев на данном этапе степень дифференциации агроэкологических условий можно установить лишь приблизительно. В легенде рекомендуется максимальная дробность разделения условий-индикаторов. Такой подход позволяет в дальнейшем точнее определить почвенно-литологическое содержание контуров.

В ячейки вписываются индексы почв, обнаруженных при предыдущих обследованиях в данных условиях.

Контуры карты нумеруются, в них проставляются значки и индексы, соответствующие обозначениям легенды.

К легенде прикладываются индикационные таблицы.

Таким образом, на предварительной основе систематизируется весь фактический почвенно-картографический материал и частично – почвенно-ландшафтные взаимосвязи. С оригинала карты снимаются копии, одна из которых используется для составления макета почвенно-ландшафтной карты.

Макет почвенно-ландшафтной карты составляется на факторной основе с целью предварительной типизации ЭАА, определения объема и конкретного содержания полевых работ.

Форма легенды макета соответствует форме легенды окончательной карты и имеет вид таблицы (таблица 4.9). Отличия (касающиеся, главным образом, содержания легенды) обусловлены лишь неполнотой информации.

Легенда отображает связь агроэкологически наиболее значимого компонента ландшафта (почвенного покрова) и наиболее сильного фактора его дифференциации (как правило, рельефа).

В первой графе (по вертикали) в порядке группировки перечисляются все ЭПС и ЭПА, выявленные на территории съемки по предварительной основе (включая литологические разности). Они систематизируются в соответствии с группировкой земель почвенно-географической провинции. Такие группировки частично разработаны для южно-таежно-лесной и лесостепной зон (Среднерусская провинция), степной и сухостепной зон (Заволжская и Казахстанская провинции) (раздел 3.6). Уточнение группировок и составление их для других провинций может проводиться на основе группировок структур почвенного покрова с привлечением геоморфологических, литоло-

гических, гидрогеологических характеристик. Дальнейшее упорядочивание ЭПС в легенде проводится согласно ландшафтно-экологической классификации земель провинции (в пределах групп и подгрупп земель – от класса до подвида земель II порядка и далее до агрономической характеристики компонентов ЭПС) (...). В конце списка выделов каждой агроэкологической группы или более мелких подразделений предусматриваются строки «Отсутствие информации».

В верхней строке (по горизонтали) обозначаются геоморфологические выделы.

На пересечении строк и столбцов указываются номера контуров, соответствующие ячейки заливаются выбранным цветом. Номера контуров, обеспеченных фактической информацией, подчеркиваются или выделяются другим шрифтом.

Выделы легенды, не обнаруженные при прежних исследованиях, но наличие которых на обследуемой территории вероятно, отмечаются знаком «?». Они нуждаются в подтверждении. Основанием для введения таких категорий в легенду могут быть сведения, полученные из региональной литературы, при знакомстве с почвенными картами соседних территорий и пр. Если для геоморфологически одинаковых контуров выделяется несколько резко различающихся ЭПС (например, на плоских водоразделах отмечается наличие автоморфных и полугидроморфно-зональных ЭПС), требуется полевая проверка контуров и, вероятнее всего: 1) установление дополнительных градаций для выделения категорий рельефа (например, добавление категорий, отражающих тип микрорельефа или крупную форму микрорельефа – западину, ложбинообразное понижение и т. д.); или 2) выявление другого фактора дифференциации почвенного покрова (например, почвообразующих пород).

Для удобства макет оформляется в относительно контрастных тонах. Контурные, по которым имеется почвенная информация, закрашиваются. Если по индикационным таблицам информация оценивается как достоверная, контуры не нуждаются в полевой проверке и закрашиваются сплошь выбранным для данного ЭАА цветом. Контурные, обеспеченные фактической и экстраполированной информацией, желательно зрительно разделить (разной интенсивностью тона, редкой штриховкой, видом границы). Требуемые проверки контуры закрашиваются полосами одного или двух цветов, соответствующим наиболее вероятным ЭПС. Не имеющие почвенной информации контуры не закрашиваются.

По макету почвенно-ландшафтной карты намечается конкретный план полевых работ.

4.3.5. Планирование полевых работ. Большинство агроэкологически значимых факторов, помимо почвенного покрова (мезо- и микрорельеф, литология, растительность, состояние поверхности почвы, гидрологический режим) требуют обязательной характеристики в соответствии с традиционной методикой крупномасштабного картографирования. С этой стороны поч-

венно-ландшафтная съемка аналогична почвенной. Главные отличия заключаются в картографировании почвенного покрова не по преобладающей почве, а в виде структур почвенного покрова.

Объем работ зависит от количества и качества предварительной информации. По легенде макета ПЛК устанавливаются выделы, не обеспеченные или недостаточно обеспеченные достоверной информацией, по самой карте – их площади. Общее примерное количество почвенных выработок рассчитывается так же, как и при крупномасштабном картографировании – исходя из площади обследования и категории сложности территории.

Полевой период почвенно-ландшафтного картографирования разделяется на два этапа – собственно исследовательский и поверочный. Объем работ второго этапа зависит от результатов первого, а именно от надежности установления индикационных связей и заданной точности карты. Изначально целесообразно равномерное распределение почвенных выработок между обоими этапами, но окончательно необходимое количество выработок устанавливается в процессе съемки.

4.4. Полевой период

Цель работ полевого периода – получение фактических материалов, необходимых для составления достоверной почвенно-ландшафтной карты и проведения агроэкологической оценки земель.

Содержание полевых работ: уточнение полевой морфологической диагностики некоторых почв (например, разделение несмытых и слабосмытых почв, объективное разделение почв разной степени оглеения и т. д.); установление и проверка ландшафтно-индикационных связей и дешифровочных признаков для различных видов ЭАА; уточнение ландшафтных характеристик конкретных ЭАА (почвенной, литологической, гидрогеологической, микроклиматической, биоценотической, геохимической); характеристика агрономической неоднородности конкретных ЭАА; отбор образцов почв.

4.4.1. Техника съемки при полевом почвенно-ландшафтном обследовании не отличается от почвенного обследования.

Для литолого-почвенной и гидрогеологической характеристики закладывают почвенные выработки всех видов: глубокие разрезы, полуразрезы, прикопки, буровые скважины. При наличии данных ранее проведенных почвенных обследований потребность в глубоких разрезах сокращается, иногда весьма значительно (в зависимости от качества и давности имеющихся фактических материалов). За счет этого для наиболее полной характеристики микрон неоднородности почвенного покрова увеличивается количество полуразрезов и прикопок.

Более или менее равномерное расположение почвенных выработок, характерное для карт с показом преобладающих почв, заменяется неравномерным с концентрацией точек на отдельных участках (ключях) и разреженной сеткой контрольных точек на остальной территории.

Почвенные ключи – это различные сгущения выработок для характеристики почвенно-литологической неоднородности. Основные виды ключей:

- 1) *Площадки* с детальной почвенной и топографической съемкой, размером обычно 0,5...2 га. Эти ключи дают наиболее полную и достоверную информацию о компонентном составе ЭПС и для обоснования их диагностики. Они наиболее трудоемки – в среднем не менее двух дней работы на одном ключе, – поэтому их закладка ограничена.
- 2) *Дешифровочные ключи* закладывают для установления и проверки дешифровочных признаков аэрофотоснимков. Используются АФС с типичным для части территории рисунком фотоизображения. Ключ должен охватить изучаемый рисунок не менее чем в 3-кратной повторности. Привязка разрезов к пятнам, образующим рисунок фотоизображения, позволяет достоверно установить компонентный состав и долевое участие компонентов почвенного покрова. Связи почва – рельеф – литология установить сложнее при отсутствии детальной топоосновы. Топографическая съемка участка увеличивает достоверность выявления связей, но повышает трудоемкость обследования.
- 3) Почвенно-ландшафтные *профили* длиной в среднем 100...1000 м обеспечивают большой территориальный охват, т. к. обычно пересекают несколько ЭАА, легче в исполнении, чем ключи-площадки. Точность информации в этом случае несколько ниже, особенно по долевого участию компонентов. В условиях слаборасчлененного рельефа профили желательно сопровождать нивелировкой. На профилях удобно проводить оценку агроэкологической неоднородности полей по состоянию посевов.
- 4) *Микропрофили* – серии почвенных выработок, пересекающие несколько характерных элементов микрорельефа в пределах одного элемента мезорельефа. Их длина 10...30 м. Позволяют установить состав компонентов ЭПС и их связь с микрорельефом, эффективны при выраженном микрорельефе.
- 5) «Гнезда», или «кусты» из 3...5 прикопок или полуям в пределах одного элемента мезорельефа служат для вскрытия компонентного состава ЭПС при отсутствии выраженного микрорельефа. Они наиболее эффективны при наличии аэрофотоснимков с неоднородным рисунком.

Методика полевого описания почвенных выработок традиционна и отличается лишь некоторыми дополнениями, облегчающими обработку данных полевого обследования.

На лицевой стороне бланка описания рядом с № разреза в скобках указывается № контура по макету ПЛК.

Ниже названия почвы ставится индекс ЭПС, в состав которой входит данная почва, с указанием долевого участия компонентов. Индекс компонента, характеризуемого разрезом, обводится или подчеркивается. В скобках указывается принадлежность ЭАА к агроэкологической группе земель.

В строке рекомендуемых мероприятий и вида использования обозначается категория земель, к которой относится данный ЭАА (см. главу 3), перечисляются его основные лимитирующие факторы и степень их проявления.

Данные сведения не являются окончательными и могут быть откорректированы по результатам камеральных работ.

Полевые исследования по содержанию работ подразделяются на два этапа, которые могут выполняться в течение одного полевого сезона.

4.4.2. Первый этап (исследовательский) направлен на установление и проверку пространственных закономерностей формирования ЭАА и создание системы ландшафтной индикации. Основное внимание уделяется выявлению разнообразия агроэкологических условий. По каждому компоненту агроландшафта устанавливается полный список выделов (почв, структур почвенного покрова, элементов рельефа, литологических разностей и т. д.). Устанавливаются связи между компонентами ландшафта и степень их выраженности. Особое внимание уделяется связям трудноопределяемых компонентов ландшафта с легкоопределяемыми. К ним относятся связи почв, структур почвенного покрова и литологических условий с мезорельефом, растительностью, фотоизображением; связи флористических и фаунистических комплексов с рельефом и фотоизображением; микрорельефа и гидрогеологических условий с фотоизображением.

Исследованиями первого этапа должны быть охвачены все категории рельефа, все типы фотоизображения (т. е. каждый выдел легенды предварительной картографической основы). При этом учитывают встречаемость того или иного выдела на картографируемой территории.

Этап включает рекогносцировочное (маршрутное) и основное (ключевое) обследование.

Рекогносцировочное обследование проводится с целью получения прямого представления о ландшафте и внутриландшафтной дифференциации обследуемой территории. В задачи рекогносцировки входит: выявление внутриландшафтной агроэкологической дифференциации территории; проверка на местности закономерностей формирования ЭАА, установленных в результате предварительного анализа материалов; уточнение предварительной группировки ЭАА; уточнение положения ключевых участков.

Рекогносцировочный маршрут должен охватить основные категории группировки ЭАА и типы аэрофотоизображения. Он включает элементы ключевого обследования (заложение микропрофилей, гнезд), что необходимо для определения компонентного состава ЭПС, выявления взаимосвязей агроэкологических факторов, установления дешифровочных признаков.

Объем рекогносцировочных работ определяется задачами съемки, сложностью территории, организационными условиями. Результаты рекогносцировки можно рассматривать как часть основного обследования.

Основное обследование проводят в целях уточнения систематического списка ЭАА, определения компонентного состава ЭПС; установления ланд-

шафтных связей и дешифровочных признаков; диагностики и обоснования границ ЭАА; обоснования экстраполяции данных на контуры, не охваченные прямым обследованием; уточнения типизации ЭАА. Главным методом, позволяющим достичь названных целей, являются ключевые исследования.

Они должны охватить основные категории группировки ЭАА и типы аэрофотоизображения. Выделение в легенде почвенно-ландшафтной карты каждого нового вида ЭАА достоверно лишь в том случае, если оно подкреплено данными ключевых исследований.

Количество ключей (общее и по видам) зависит от сложности ландшафта, качества используемых основ, изученности территории, качества типизации макета ПЛК. Основным критерий количества и видов ключей – обеспеченность каждого выдела легенды макета почвенно-ландшафтной карты информацией.

Выбор мест заложения ключевых участков проводится с учетом сельскохозяйственного использования территории. При прочих равных условиях лучше выбирать участок под основной культурой, что позволит дать агрономическую характеристику почвенной неоднородности. Технически проще проводить ключевые исследования по молодым посевам, всходам, стерне, сложнее всего – на полях пропашных культур с агрогенным микрорельефом, по зяблевой вспашке.

Предварительная обработка материалов полевых исследований. Проводится корректировка предварительных индикационных таблиц «Почва – рельеф», «Почва – тип фотоизображения» и т. д. (таблицы 4.6, 4.7) и уточняется достоверность выделения ЭАА. Теснота индикационных связей является обоснованием экстраполяции при составлении авторского оригинала почвенно-ландшафтной карты и основным критерием при планировании дополнительных полевых работ.

При устойчивых связях (вероятности более 0,8 или ином заданном уровне) нет необходимости в дополнительных почвенных обследованиях данной категории рельефа (или фотоизображения). Категории, для которых обнаружена неоднозначная связь с ЭПС (вероятность менее 0,8) нуждаются в дополнительном опробовании.

В табличной сводке легко обнаруживаются категории рельефа и типы фотоизображения, не обеспеченные полевыми исследованиями. При их широком распространении на каждой планируется заложение ключа.

Полевая почвенно-ландшафтная карта составляется на нераскрашенном варианте макета ПЛК.

На полевую карту наносятся точки и № почвенных выработок, индексы выявленных почв. ЭАА, охарактеризованные ключевыми участками, переходят в категорию достоверно выявленных и обеспеченных фактической информацией. На полевой карте они индексируются и заштриховываются (или выделяются иначе, например, цветной границей).

Не допускается объединение в один контур соседних элементов макета ПЛК, если они не различаются по ЭПС, но различаются по другим ландшафтным условиям (мезо- или микрорельефу, растительности и др.).

На данном этапе полевых работ начинается составление *авторского оригинала почвенно-ландшафтной карты*. Картографической основой для него является топографическая карта с изображением в границах исследуемого землепользования. Основой содержания является макет ПЛК и полевая карта. На топографическую карту наносятся откорректированные по данным полевых обследований границы контуров ЭАА, их №, почвенные индексы, условные значки типов микрорельефа.

В первую очередь переносятся контуры, охарактеризованные почвенными выработками и ключами (заштрихованные на полевой карте).

Остальные контуры заполняются по данным уточненных индикационных таблиц. Главное условие при этом – наличие вероятности установленных связей «почва – рельеф», «почва – тип фотоизображения» не менее заданной.

Возможности экстраполяции долевого участия компонентов ЭПС гораздо более ограничены, чем экстраполяция данных об их компонентном составе. Она может проводиться либо по рисунку фотоизображения (соотношению пятен различного тона), что возможно не повсеместно, либо по анализу соотношения площадей форм микрорельефа, к которым, по данным ключевых исследований, приурочены компоненты ЭПС.

Если после экстраполирования данных на карте остаются «белые пятна» или контуры, обеспеченные недостаточно достоверной информацией, необходимо заложение дополнительных ключей.

Окончательно авторский оригинал карты заполняется по итогам второго этапа полевых работ.

4.4.3. Второй этап (поверочный) проводится для повышения достоверности почвенно-ландшафтной карты.

При этом в основном закладываются единичные контрольные выработки, гнезда разрезов, реже – почвенно-геоморфологические профили. Их размещение планируется с учетом данных полевой карты и макета, индикационных таблиц, заполненности авторского оригинала.

4.4.4. Полевые агрономические исследования являются составной частью почвенно-ландшафтной съемки. Они позволяют оценить агроэкологическую значимость наблюдаемых характеристик ландшафта.

Полевое агрономическое обследование в первую очередь направлено на фиксацию и оценку неблагоприятных явлений и признаков, лимитирующих земледелие, их пространственной неоднородности в пределах ЭАА и между различными ЭАА. Оно включает оценку состояния поверхности почв, микрорельефа, состояния растений, засоренности, пораженности посевов вредителями и болезнями и дополняется в случае необходимости выборочными почвенными разрезами и прямым учетом урожая. Результаты подобных однократных обследований в значительной степени зависят от погодных

условий, времени года. Тем не менее они могут дать весьма ценный материал для выявления, оценки и анализа причин неоднородности агроэкологических условий.

Прямые учеты урожая (или биологической продуктивности культурных растений) не входят в состав обязательных работ при почвенно-ландшафтной съемке. Но их проведение желательно, поскольку они фиксируют реакцию растений на пространственную неоднородность агроэкологических условий, что можно рассматривать как прямой критерий агрономической значимости выделов легенды.

Оценка агроэкологической неоднородности в пределах ЭАА должна выполняться на опытных стационарах зональных НИИ. Для этих целей предлагается полевая экспресс-методика, основанная на сопряженном агроэкологических условий и состояния культурных растений. Последовательность работ и их содержание следующие (1).

- 1) По почвенно-ландшафтной карте выбираются типичные ЭАА, занятые учетными культурами.
- 2) На выбранных полях намечаются профили, пересекающие основные ЭАА.
- 3) Проводится визуальная качественно-количественная оценка посевов. Легко определяемые показатели (высота растений, длина колоса) фиксируются наиболее часто – не реже чем через 10 м. Более трудоемкие показатели (количество растений на единицу площади, продуктивная кустистость, количество зерен в колосе, соотношение зерна и соломы) определяются с повторностью, на порядок меньшей (примерно через 100 м). Если устанавливается повсеместно высокая корреляция между высотой растений и массой зерна, массовый материал по легко определяемым морфометрическим показателям можно использовать для достаточно объективной и точной оценки продуктивности. За счет массовости данных (сотни на типологический выдел) ошибка среднего не превышает 5 %, что вполне достаточно для определения экологически значимого пестрополя (1).
- 4) Для анализа состояния посевов вычерчиваются графики показателей. Характер варьирования состояния посевов позволяет судить о неоднородности агроэкологических условий, связанных с почвенными факторами, поскольку хозяйственные условия в пределах поля единой агротехники можно рассматривать в первом приближении как постоянные. Специфическое влияние локальных факторов агротехнической пестроты (огрехи при обработке, неравномерность внесения удобрений и т. д.) обычно легко распознаются в натуре и исключаются из учета.
- 5) Проводится выборочное почвенное обследование учетных профилей для проверки и уточнения почвенно-литологической характеристики. Желательно нивелирование для более объективной характеристики микрорельефа, однако в ряде случаев достаточно топографической карты, аэрофотоснимка и визуальной характеристики. Полученные материалы используются для анализа корреляции между урожайностью и ее предполагаемыми

факторами, позволяют оценить агрономическую значимость границ выделяемых ЭАА и уточнить их.

Данные агрономического обследования используются при составлении карты типов земель для определения контрастности видов и типов земель. Для этого определяется контрастность не только внутри ЭАА, но и между соседними ЭАА. Предлагается выделять четыре степени контрастности по отношению к фоновому компоненту: контрастность отсутствует – различия урожайности в пределах контура до 10%, слабая – 10...25 %, средняя – 25...50 %, сильная – 50...75%, очень сильная – 75...100 % (для зерновых культур).

4.5. Завершающий камеральный период

В этот период проводятся лабораторные исследования образцов, доработка и оформление почвенно-ландшафтной карты, составление очерка, подсчет площадей, составление агроэкологической группировки земель.

Общий вид программы лабораторных исследований аналогичен крупномасштабному картографированию.

4.5.1. Корректировка и оформление почвенно-ландшафтной карты.

Камеральная работа над оригиналом ПЛК продолжается параллельно разработке окончательного варианта легенды.

Определяется степень отражения качественной дифференциации агроэкологических условий и уровень ее достоверности для всех ЭАА.

В завершеном виде контурная часть представляет собой сетку контуров ЭАА. На штриховом оригинале в каждом контуре даются индексы ЭПС, составленные из индексов компонентов. Последовательность индексов отражает долевое участие компонентов в ЭПС. Процентное соотношение в установленных градациях можно показывать геометрическими значками, точками, помещенными под индексами каждого компонента (кроме первого), или цифрами, помещенными справа внизу от каждого индекса кроме первого (таблица 4.8).

Цветом обозначаются группы ЭПС. Наибольшая насыщенность тона рекомендуется для зональных ЭПС. Для них используются теплые тона – коричневатый, розовый. Эрозионные ЭПС даются более слабым тоном тех же цветов, эрозионно-аккумулятивные затемняются серым тоном. Для полугидроморфных ЭПС применяется окраска холодных тонов. Приблизительно цветовые обозначения групп ЭПС соответствуют цветам, принятым для физиономических их компонентов на Государственной почвенной карте М 1 : 1 000 000.

Способы показа гранулометрического состава и почвообразующих пород зависят от степени их пространственной неоднородности. Если пространственная литологическая неоднородность выражена слабо, можно использовать различные штриховки, причем преобладающие разновидности по гранулометрическому составу и разряды по почвообразующим породам не

штрихуются. При большом литологическом разнообразии, когда штриховки сильно перегружают карту, гранулометрический состав и порода даются в индексе. Категории, общие для всех компонентов, выносятся в конец индекса ЭПС или под черту дроби. В противном случае они обозначаются в индексе отдельного компонента (рисунок 4.1).

4.8. Способы отображения долевого участия компонентов микроструктур почвенного покрова на почвенно-ландшафтных картах

Способы отображения	Долевое участие компонента			Примеры
	50...25(30) %	25(30) ...10 %	До 10 %	
Геометрические значки	■	▲	●	$\text{П}_1^{\text{д}} \text{П}_2^{\text{д}} \text{П}_3^{\text{д ор}} \text{тМ}$ ■ ●
Точки	⋮	⋯	⋅	$\text{П}_1^{\text{д}} \text{П}_2^{\text{д}} \text{П}_3^{\text{д ор}} \text{тМ}$ ⋮ ⋅
Цифры	50	25 (или 30)	10	$\text{П}_1^{\text{д}} \text{П}_{2_{50}}^{\text{д}} \text{П}_{3_{10}}^{\text{д ор}} \text{тМ}$

а) одинаковый гранулометрический состав и почвообразующая порода всех компонентов ЭПС.

$$\frac{\text{П}_1^{\text{д}} \text{П}_{2_{50}}^{\text{д}} \text{П}_{3_{10}}^{\text{д ор}}}{\text{тМ}}$$

$$\text{П}_1^{\text{д}} \text{П}_{2_{50}}^{\text{д}} \text{П}_{3_{10}}^{\text{д ор}} \text{тМ}$$

Пятнистость дерново-слабоподзолистых, среднеподзолистых и сильноподзолистых слабоглееватых тяжелосуглинистых почв на моренных отложениях

б) разные почвообразующие породы для компонентов ЭПС.

$$\frac{\text{П}_1^{\text{д}} \text{п}}{\text{Мп}} \frac{\text{П}_3^{\text{д кг}} \text{п}}{\text{МТ}_{60}}_{50}$$

$$\text{П}_1^{\text{д}} \text{пМп} \text{П}_3^{\text{д кг}} \text{пМТ}_{60_{50}}$$

Комплекс-мозаика

дерново-

слабоподзолистых песчаных почв на песчаных моренных отложениях и дерново-сильноподзолистых контактно-глееватых песчаных почв на моренных отложениях пес-

Рисунок 4.1. Примеры отображения общих для ЭПС и различающихся для компонентов категорий на почвенно-ландшафтных картах.

Если ПЛК составляется на основе без горизонталей, в контуре ставится значок элемента мезорельефа. Западины изображаются округлым значком неправильной формы в месте локализации.

Внемасштабным знаком с локализацией положения в пределах контура крупного ЭАА могут быть показаны отдельные расчленяющие ЭАА, площадь которых на карте менее 0,25 см².

Легенда карты включает список элементарных ареалов агроландшафта, выстроенных в порядке их агроэкологической группировки. Легенда строится в форме таблицы, где строки соответствуют ЭПС, а столбцы – элементам мезорельефа (таблица 4.9). В таблице закрашивают лишь те ячейки, которые соответствуют имеющимся ЭАА (то есть с данным сочетанием почвенных и геоморфологических условий). Ячейки, соответствующие ЭАА склоновых участков определенных экспозиций – только теплых или только холодных, – закрашиваются наполовину (ячейки разделяются пополам диагональю). Если ЭАА приурочены только к определенным формам микрорельефа (ложбинам, западинам), то закрашиваются ячейки, соответствующие элементам мезорельефа, и в них условным значком обозначается форма микрорельефа.

4.9. Фрагмент легенды почвенно-ландшафтной карты (на примере одного из хозяйств Среднерусской провинции лесостепной зоны)

Элементарные ареалы агроландшафта										
	Название ЭПАиЭПС	Индекс ЭПАиЭПС	Условия залегания по рельефу							и др.
			В одоразделы		Склоны холодные/теплые					
					-2°	-3°	-5°	-7°	-10°	
			лос- кие	ыпук лые						
	АВТОМОРФНЫЕ									
	Пятнистости черноземов типичных среднегумусных мощных и среднемощных тяжелосушливых на лессовидном суглинке	Ч ^т _{3ТЗЛ}								
	Черноземы типичные малогумусные среднемощные среднесушливые на морене	Ч ^т _{2Мр}								
	...									
	ЭРОЗИОННЫЕ									
2	Пятнистости черноземов типичных средне- и малогумусных среднемощных тяжелосушливых несмытых и слабосмытых (25-50%) на лессовидном суглинке	Ч ^т _{3ТЗЛ}								
	...									
6	Комплексы черноземов типичных мало- и среднегумусных среднемощных слабосмытых и среднемощных укороченных среднесмытых (10-25%) тяжелосушливых на лессовидном суглинке	Ч ^т _{2ТЗЛ}								
7	Комплексы черноземов типичных малогумусных среднемощных и среднемощных укороченных тяжелосушливых слабосмытых и среднесмытых (до 50%) на покровном суглинке подстилаемом мореной	Ч ^т _{2ТЗЛ}								
	и т. д.									

Подсчет площадей ведется по отношению к ЭАА (не ЭПС и тем более отдельным почвам!). Методика подсчета площадей для карт ручного составления (без использования ГИС) традиционна: площадь каждого контура определяется планиметрически, результаты фиксируются в ведомости конту-

ров, суммирование площадей осуществляется в зависимости от состава видов и, далее – типов земель.

4.5.4. Составление сопровождающих документов.

Картограммы отдельных признаков, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур: кислотности, засоленности, каменистости и др. составляются по общепринятым методикам.

Карта агроэкологических типов земель является основным прикладным материалом, составляемым на базе почвенно-ландшафтной карты и данных агроэкологической оценки земель. Она составляется на топографической основе с горизонталями. Показ рельефа горизонталями обязателен, т. к. эта карта является основой для земельного проектирования, составления чертежей проектов внутрихозяйственной организации территории, размещения гидротехнических сооружений, лесополос и т. д.

Составляется перечень лимитирующих факторов (с учетом их интенсивности и сопутствующих факторов). Факторы кодируются в порядке, предусмотренном агроэкологической группировкой земель. Например, для южной части Среднерусской провинции лесостепной зоны лимитирующие факторы сгруппированы и обозначены следующим образом:

1.0. Нет ограничений, кроме управляемых лимитирующих факторов;	
2. Преобладает эрозия:	2.1. слабая эрозия
	2.2. умеренная эрозия
	2.3. сильная эрозия
	2.4. эрозия и переувлажнение
3. Преобладает переувлажнение:	3.1. слабое переувлажнение
	3.2. сильное переувлажнение
	3.3. сильное переувлажнение и поемность
	3.4. сильное переувлажнение и осолодение
4.0. Неблагоприятный литогенез	
5. Преобладает солонцеватость:	5.1. умеренная солонцеватость
	5.2. сильная солонцеватость
	5.3. солонцеватость и переувлажнение
	5.4. солонцеватость, переувлажнение и эрозия

Минимальный размер выделяемых контуров зависит от контрастности типов земель (изначально – от адаптивного потенциала культур и производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя, способного изменить агроэкологические условия).

Подсчитываются площади по видам, типам и агроэкологическим группам земель. Для видов земель рассчитываются средние площади контуров $S_{ср}$ (га): $S_{ср} = S_{общ} : n$, где $S_{общ}$ – общая площадь вида, га; n – число отдельных контуров, представляющих данный вид земель.

Каждый вид земель получает характеристику, основанную на результатах агроэкологической оценке входящих в него ЭАА, в которой показаны:

- место в структуре ландшафта (принадлежность к агроэкологическим группе и подгруппе земель);

- *основные результаты агроэкологической оценки*: лимитирующие факторы и степени их проявления на данном типе земель (могут отличаться от ведущих лимитирующих факторов группы, обозначаются кодами и отражаются в названии типа, например, «слабоэрозионный», «среднеэрозионный», «автоморфно-солонцовый» и т.д.); категория земель по характеру ограничений и возможности их преодоления;
- *геометрические характеристики* (общая площадь типа земель, средняя площадь отдельного контура);
- *агроэкологические характеристики*: структура почвенного покрова, гранулометрический состав почв, почвообразующая порода, гидрогеологические условия, геоморфологические условия (крутизна, экспозиция, форма склона, микрорельеф);
- *характеристика лимитирующих факторов*;
- *особенности использования и улучшения*.

Агроэкологические группы земель показываются цветом, типы земель – интенсивностью цвета, на нефоновые типы земель накладывается тонкая штриховка. Внутри каждого контура ставится индекс вида земель и площадь контура. В индекс вида земель входят:

5.1.
13(III-2)

Код ведущего ограничивающего фактора для контуров, образующих данный вид земель

Порядковый номер вида земель (Категория земель)

Легенда составляется в форме таблицы, в которой отражаются вышеназванные характеристики типов земель (таблица 4.10). Агроэкологические группы земель располагаются в порядке, предусмотренном ландшафтно-экологической классификацией земель; типы внутри группы ранжируются по степени пригодности для возделывания культур и контрастности, виды земель – по характеру и степени проявления лимитирующих факторов, отличающих их от фоновых земель данной группы.

Пояснительная записка к почвенно-ландшафтной карте «Почвенно-ландшафтные условия ...» включает следующие разделы.

Титульный лист. Наименование вида обследования, обследованного землепользования, его административное положение, год составления.

Содержание. Оглавление с указанием номеров страниц разделов.

Введение. Объект и методы исследований: площадь обследования, масштаб почвенной съемки, категория сложности местности, количество заложённых разрезов по видам; объем проведенных работ по видам, их исполнители. И использованные и итоговые материалы, характер картографической основы; организация, проводившая обследование, исполнители и руководители работ.

I. Структура и основные показатели хозяйственной деятельности. Административное и географическое и положение, положение в системе ПСХР; инфраструктура (центральная усадьба, отделения, центры отделений, транспортная сеть). Анализ хозяйственной деятельности: основное направление; общая площадь землепользования, структура угодий, структура пашни и посевных площадей; состав севооборотов; анализ урожайности основных

культур (за последние 5...10 лет); поголовье скота, структура стада; агротехника, система удобрений, мелиорации; экономические показатели.

II. Характеристика почвенно-ландшафтных условий.

1. *Климат.* Положение в системе климатического районирования, агроклиматические показатели, характеристика условий перезимовки, обеспеченность агроклиматическими ресурсами. Лимитирующие агроклиматические факторы. Соответствие климата требованиям ведущих культур района исследования.
2. *Рельеф.* Положение в системе геоморфологического районирования. Общая характеристика рельефа: тип макро- и мезорельефа; горизонтальная и вертикальная расчлененность гидрографической сети; местные базисы эрозии; основные формы и элементы мезорельефа; преобладающие уклоны поверхностей, типы микрорельефа. Влияние рельефа на почвенный покров территории исследований. Влияние рельефа на сельскохозяйственное использование земель участка, лимитирующие условия.
3. *Геологическое строение и почвообразующие породы.* Геологическое строение. Генетические типы пород, их состав (механический, минералогический, химический), морфологические и агрономические свойства (в том числе лимитирующие), распространение на территории хозяйства, ландшафтная приуроченность, влияние на почвенный покров.
4. *Гидрография и гидрогеология.* Речная гидрографическая сеть: названия рек, их положение, разработанность, состав геоморфологических элементов и стадия развития речных долин. Суходольная гидрографическая сеть: состав, размеры и возраст элементов (современные или древние). Прогноз развития эрозионных процессов. Водоемы: местоположение, происхождение, размеры, назначение. Глубокие грунтовые воды: водоносные горизонты, глубина залегания, режим, минерализация, особенности химического состава. Почвенно-грунтовые воды: минерализация, химический состав и глубина залегания грунтовых вод на основных элементах рельефа; наличие, условия формирования и динамика временной верховодки. Влияние почвенно-грунтовых вод на почвенный покров и сельскохозяйственное использование земель, лимитирующие гидрогеологические факторы. Прогноз развития процессов почвообразования, связанных с переувлажнением.
5. *Растительность.* Положение в системе ботанико-географического и природного районирования. Естественная лесная растительность: состав и преобладающие породы, подлесок, напочвенный покров. Естественная травянистая растительность: характерные ассоциации, их видовой состав, ландшафтная приуроченность. Сорная растительность. Продуктивность кормовых угодий. Связь растительных группировок с почвами.

4.10. Фрагмент легенды карты типов земель (на примере одного из хозяйств Среднерусской провинции лесостепной зоны).

Цвет и индекс Общая площадь вида земель Средняя площадь контура	Структура почвенного покрова	Гранулометрический состав почв и почво- образующая порода	Рельеф и микрорельеф	Ограничивающие факторы	Особенности исполь- зования
Агроэкологическая группа: ПЛАКОРНЫЕ ЗЕМЛИ					
Тип земель: ФОНОВЫЕ ЗОНАЛЬНЫЕ (водоразделы с черноземами и лугово-черноземными почвами)					
<u>1.0</u> 1(I)	Ч^{В-Т(К)...}4.3ГЛ ЭПА и пятнистости черноземов выщелоченных и типичных обычных и слабокарбонатных мощных и среднемощных много- и среднегумусных	Глин. на лессовид- ных тяжелых суг- глинках и глинах	Плоские водоразделы и верхние части поло- гих склонов с ровным микрорельефом	Нет	Базовый агроком- плекс
1500 <i>150</i>					
<u>1.0</u> 2(II-1)	Чл1-2^{...}(К, СЛ)4.3ГЛ; Ч^{В-Т...}3ГЛ₉₀ ЭПА и пятнистости черноземов выщелоченных и типичных и луговато-черноземных почв (более 10 %) мощных и средне- мощных среднегумусных, лугово-черноземных обычных, слабо- карбонатных и осолоделых мощных и среднемощных много- и среднегумусных	«	Ложбинообразные понижения, на плос- ких водоразделах, ложбины на холодных склонах 1-2°	Незначительная неоднородность почвен- ного покрова, неравномерность увлаж- нения Запаздывание сроков поспевания лугова- то- и лугово-черноземных почв на 3-7 и 7-14 дней соответственно	Базовый агроком- плекс
48 3					
...
Агроэкологическая группа: СЛАБОЭРОЗИОННЫЕ ЗЕМЛИ					
Тип земель: УМЕРЕННО КОНТРАСТНЫЕ СЛАБОЭРОЗИОННЫЕ (черноземы слабосмытые на склонах теплых 1-3°, холодных 3-5°)					
<u>2.1.</u> 6(II-2)	Ч^{В-Т(К)...}3ГЛ; Ч^{В-Т(К)...}3ГЛ₁₀₋₂₅; Чл1₁₀ Пятнистости черноземов выщелоченных и типичных обычных и слабокарбонатных среднемощных среднегумусных несмытых и слабосмытых (10-25 %) (луговато-черноземных почв до 10 %)	«	Средние и верхние части длинных скло- нов 1-2° с ложбинным микрорельефом	Слабая водная эрозия, небольшая нерав- номерность увлажнения, запаздывание сроков поспевания луговато- черноземных почв на 3-7 дней	Базовый агроком- плекс. Ограниче- ние на высокие агротехнологии.
459 17					
...
Агроэкологическая группа: СОЛОНЦОВЫЕ ЗЕМЛИ					
Тип земель: СИЛЬНОКОНТРАСТНЫЕ СОЛОНЦЕВАТО- и СОЛОНЦОВО-АВТОМОРФНЫЕ и ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ					
<u>5.1.</u> 13(III-2)	Чл1-2^{осн (сн, сн)...}4.3ГЛ; Чл1-2^{...}4.3ГЛ₁₀₋₉₀; Ч^{Т...}4.3ГЛ₂₅ Комплексы луговато- и лугово-черноземных остаточногоглубоко- солонцеватых, глубокосолонцеватых и солонцеватых мощных и среднемощных много- и среднегумусных почв с несолонцева- тыми (10-90 %) (черноземов несолонцеватых до 25 %). ЭПА луговато- и лугово-черноземных остаточногоглубоко-солонцева- тых, глубокосолонцеватых и солонцеватых мощных и средне- мощных много- и среднегумусных почв.	Глинистые на лес- совидных тяжелых суглинках и глинах	Ложбинообразные понижения и амфите- атры на плоских водо- разделах	Периодическое переувлажнение Плохая оструктуренность, повышенная плотность солонцеватых почв, запазды- вание сроков их поспевания на 5-10 дней, склонность к образованию плуж- ной подошвы	Выборочная хими- ческая мелиора- ция, сильно- и среднесолонцева- тых черноземов
34 2					

6. Почвенный покров.

6.1. Общая характеристика почвенного покрова. Положение в системе почвенно-географического районирования, основные особенности.

6.2. Характеристика почв. Систематический список почв. Для каждого типа – наименование, распространенность, условия залегания, строение типичного профиля, общая генетическая и агрономическая характеристика; в пределах типов – встречающиеся роды, виды, категории по смытости (намытости и т. д.), их распространенность, условия залегания, диагностические признаки, строение профиля, генетические и агрономические особенности (в том числе лимитирующие факторы), возможности использования и мероприятия по устранению лимитирующих факторов.

6.3. Структура почвенного покрова. Класс микроПК (ЭПА), компонентный состав, долевое участие компонентов, распространенность, ландшафтная приуроченность, факторы дифференциации компонентов, лимитирующие факторы (степень контрастности и сложности), возможности использования и преодоления лимитирующих факторов.

6.4. Агроэкологическая группировка ЭПС.

7. Агроэкологическая группировка ЭАА. Легенда ПЛК.

III. Оценка почвенно-ландшафтных условий. Легенда карты типов земель.

Приложения.

Приложение 1. Ведомость результатов механического анализа почв.

Приложение 2. Ведомость результатов химического анализа почв.

Приложение 3. Ведомость морфологических признаков почв.

Приложение 4. Детальные карты ключевых площадок.

Приложение 5. Ведомость контуров ПЛК.

Список литературы.

4.6. Использование ГИС-технологий при почвенно-ландшафтном картографировании земель и обобщении материалов их агроэкологической оценки

Применительно к задачам почвенно-ландшафтного картографирования геоинформационная система (ГИС) представляет собой программно-аппаратный комплекс, основой которого являются цифровые карты с привязанными к ним базами данных.

ГИС состоит из 2 больших блоков: электронные карты с базами данных и средства обеспечения функционирования ГИС. Последние разделяются на аппаратные (компьютеры, локальные сети, мониторы, принтеры, плоттеры, сканеры, GPS-системы и т.п.), программные (программы для построения

ГИС – MapInfo, ArcView, ArcInfo, Ergas Imaging и др.) и человеческие (операторы, создающие и поддерживающие ГИС).

Применение ГИС для агроэкологической оценки земель позволяет перевести на новую качественную основу решение этой сложной проблемы, особенно при проектировании интенсивных систем земледелия и агротехнологий, не говоря уже о высоких агротехнологиях и адаптивно-ландшафтных системах земледелия высокой точности. Создание землеоценочной основы для точных систем земледелия практически невозможно без ГИС-технологий.

Важнейшие достоинства ГИС:

- легкость обработки больших объемов информации. (ГИС представляет широкие возможности по комбинации, сортировке, выборке данных; легко рассчитываются площади и параметры контуров);
- большая наглядность представления информации, достигаемая созданием большого числа тематических карт;
- возможность автоматизации процесса создания карт;
- легкость внесения изменений, возможность создания систем автоматического внесения изменений в базу данных;
- возможность широкого использования информации, поступающей от средств дистанционного зондирования Земли (авиационных и космических);
- большая точность карт, особенно при использовании систем глобального позиционирования (GPS);
- возможность создания диалоговых справочно-консультативных систем;
- удобство хранения, копирования, воспроизводства информации на любых носителях, более высокая надежность хранения информации.

Использование ГИС-технологий при почвенно-ландшафтном картографировании связано прежде всего с оцифровкой картографического материала. Используется несколько методик оцифровки, в зависимости от имеющегося оборудования, программного обеспечения и квалификации персонала. Общей позицией является сканирование топографической основы и присвоение координат получившемуся растровому изображению. Выбор координатной системы зависит от топографической основы. Если на основе имеется координатная сетка, проектирование ведут в координатной системе топографической основы, при использовании GPS-систем применяют значения, полученные с помощью GPS-приемников.

Одновременно сканируется и регистрируется план внутрихозяйственного землеустройства.

Далее создается электронная геоморфологическая карта. Существует несколько вариантов ее создания: оцифровка топографической основы с получением трехмерной цифровой карты рельефа либо оцифровка предварительно изготовленной вручную на бумажной топографической основе карты

форм и элементов рельефа. Первый вариант более точен и нагляден, в перспективе он открывает широкие возможности по автоматическому проектированию, однако он, как правило, значительно более трудоемок и предъявляет высокие требования к программно-аппаратному обеспечению и квалификации персонала. Второй вариант менее точен, но значительно проще в исполнении. Оцифровка бумажного оригинала может осуществляться также двумя способами - либо ручной отрисовкой контуров на зарегистрированной топографической основе или зарегистрированной отсканированной карте, либо автоматически с применением векторизаторов, оцифровывающих отсканированную с кальки сетку контуров. Одновременно с картой форм и элементов рельефа оцифровывается полученная в результате проведенного картирования почвенная карта, а также на базе плана внутрихозяйственного землеустройства создаются электронные карты существующих полей севооборота, границ хозяйства, посторонних землепользователей, дорог, лесополос, гидрографической сети и водоемов, сенокосов и пастбищ, производственных площадей.

Результаты этой работы представляются в виде комплекса электронных карт:

- мезорельефа (с показом мезоформ рельефа, форм склонов);
- крутизны склонов;
- экспозиции склонов (теплые, холодные, нейтральные);
- микрорельефа (с показом контуров с преобладанием тех или иных форм микрорельефа, имеющих агрономическое значение);
- микроклимата;
- уровня грунтовых вод, их минерализации и состава;
- почвообразующих и подстилающих пород;
- микроструктур почвенного покрова;
- содержания гумуса в почве;
- обеспеченности подвижными формами элементов минерального питания растений и микроэлементами;
- значения pH почв;
- физических свойств почв;
- загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами;
- эродированности почв, подверженности эрозии и другим видам физической деградации (оползней, селей и др);
- переувлажнения и заболоченности почв, в том числе вторичного гидроморфизма, подтопления, мочарообразования и др.
- засоленности почв (типов и степени засоления);
- солонцеватости почв;
- растительного покрова с оценкой состояния естественных кормовых угодий;

- лесной растительности с оценкой состояния природных лесов и лесных насаждений;
- распределения полезных видов животных, птиц, полезных энтомофагов, оценкой их территориального влияния;
- фитосанитарного состояния посевов; и других.

Количество электронных тематических карт-слоев зависит от сложности ландшафтно-экологических условий и уровня интенсификации производства.

Каждая электронная карта имеет базу данных, содержащую соответствующую тематике карты информацию по каждому контуру. Например, база данных электронной карты микроструктур почвенного покрова может содержать следующую информацию: номер контура; индекс почвенной комбинации; полное название почвенной комбинации; соотношение почв в СПП, степень сложности и контрастности, положение в геохимическом ландшафте, геохимические барьеры, агроэкологические параметры почв.

Все электронные карты имеют единую систему координат, привязанную к отсканированной топографической основе масштаба 1:10000.

Путем взаимного наложения тематических электронных карт-слоев формируется комплексная карта агроэкологических групп и видов земель, то есть элементарных ареалов агроландшафта.

Сначала выделяют группы земель по условиям рельефа, накладывая на почвенную карту карту распределения склонов по уклонам; затем накладывают карты переувлажненных и солонцовых земель, выделяя группы по степени переувлажнения и степени развития солонцового процесса. Аналогично могут выделяться группы засоленных, литогенных и других земель. Далее, используя карты эродированных, переувлажненных, солонцеватых земель, карты распределения склонов по формам и экспозициям, карту развития форм микрорельефа, внутри агроэкологической группы выделяют виды земель. К отрисованной карте агроэкологических групп и видов земель привязывается база данных.

Эта карта сопровождается пояснительной запиской, в которой помимо разъяснительных комментариев, дается анализ современного использования земель и экологических последствий. При этом особое внимание уделяется идентификации очагов деградации: оврагообразования, депрессии пастбищ, различных проявлений вторичного гидроморфизма и засоления почв, оползней, карстов, селей, загрязнения токсичными веществами, отходами производства и быта, промышленного нарушения почвенного покрова и т.д. Дается оценка состояния гидрографической сети, хозяйственных водоемов, заиления рек и озер, загрязнения поверхностных и грунтовых вод, характеристика поверхностного и грунтового стока. Эта оценка сопровождается анализом причин деградации и загрязнения ландшафтов, влияния хозяйственного использования земель на состояние водных источников. Указываются источники загрязнения земель и вод. Анализируют влияние осушительных и ороситель-

ных мелиораций на состояние мелиорируемых земель и смежных ландшафтов. Дается характеристика лесистости, состояния лесных насаждений, их влияния на посевы с точки зрения микроклимата, фитосанитарных условий, урожайности в связи с различным их состоянием. Дается анализ состояния естественных кормовых угодий в связи с их использованием. Характеризуются переложные, залежные участки земель, выявляется состояние водохранных зон, прибрежных полос.

Карта агроэкологических групп и видов земель с базой данных и пояснительной запиской является основным заключительным документом изыскательских работ. В ней содержится вся необходимая информация для принятия проектных решений по размещению сельскохозяйственных культур, дифференциации технологий их возделывания при различных уровнях интенсификации производства, оптимальной организации территории с учетом ландшафтных связей, то есть формирования систем земледелия. Эта информация необходима и достаточна также для проектирования животноводства, решения социально-экологических задач, то есть для разработки проекта внутрихозяйственного землеустройства (проекта сельскохозяйственного производства).

Применение ГИС-технологий для агроэкологической оценки земель и почвенно-ландшафтного картографирования требует соответствующего базового и аппаратного обеспечения. Из существующего разнообразия программного обеспечения ГИС выделяются 2 пакета, имеющие наиболее широкое распространение как в России, так и в мире. Это пакеты ArcInfo (и его сильно облегченная версия Arc View) и MapInfo. В настоящее время представляется более предпочтительным использование программы MapInfo, отличающейся большими возможностями по созданию различных ГИС, относительно невысокой стоимостью, удачной русификацией, совместимостью с другими распространенными программами ГИС и всеми распространенными версиями операционной системы Windows, широкой поддержкой и частым выходом новых версий. Необходимо отметить, что в России MapInfo во многом стала стандартом "де-факто" в области создания ГИС.

Кроме программы ГИС, необходима соответствующая операционная система (MS Windows 2000/XP Pro или другими), офисный пакет (как правило, MS Office), графический редактор (как правило, Adobe Photoshop), программа для записи дисков и антивирус. Значительно облегчают работу по оцифровке карт программы-векторизаторы (например, Easy Trace).

5. БОНИТИРОВКА ПОЧВ И ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ

Бонитировка почв представляет собой сравнительную количественную оценку их производительности при определенном уровне интенсивности земледелия. Величины баллов бонитетов почв должны быть пропорциональны урожайности определенных сельскохозяйственных культур (или групп культур, близких по экологическим требованиям), в отношении которых проводится бонитировка почв.

Балл бонитета почвы показывает отношение ее плодородия для данной сельскохозяйственной культуры к плодородию лучшей из распространенных почв пашни, на которых возделывается эта культура, при сопоставимом уровне интенсивности земледелия.

Основой для расчета баллов бонитета почв для отдельных сельскохозяйственных культур является почвенно-экологический индекс (ПЭИ), характеризующий в относительных величинах (индексы, баллы, коэффициенты и т. п.) комплекс агроэкологических условий для возделывания культур (66).

В соответствии с этим вычислены баллы бонитетов для ведущих сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории России, а именно, зерновых, сахарной свеклы, подсолнечника и многолетних трав.

Шкала баллов бонитета имеет стобалльную основу. Это означает, что балл бонитета почв, на которых данная культура широко возделывается и занимает значительные площади, не должен превышать 100. Однако отдельные малораспространенные почвы в ареале широкого возделывания данной культуры могут иметь более высокий балл.

Для сопоставления балльной оценки почв и величины урожайности используется понятие «урожайная цена балла бонитета».

Урожайная цена балла бонитета представляет собой отношение величины урожайности данной сельскохозяйственной культуры (группы культур) в килограммах или центнерах на гектар к баллу бонитета почвы в отношении той же культуры и рассчитывается по формуле:

$$Ц_6 = Y : B$$

где $Ц_6$ – урожайная цена бала бонитета;

Y – урожайность, кг/га или ц/га;

B – балл бонитета.

В почвенном институте им. В.В.Докучаева разработаны общероссийские бонитировочные шкалы почв (66). При проведении бонитировки учитывались не только свойства почв, но и климатические показатели: сумма температур за вегетационный период, коэффициент увлажнения, коэффициент континентальности климата. Формулы расчета баллов бонитета составлены Кармановым И.И. (для зональных почв) для различных культур.

Для зерновых культур:

$$B_3 = 8,2 \cdot V \cdot \sum t^{\circ} > 10^{\circ} \cdot КУ : (KK + 70)$$

Для многолетних трав:

$$B_3 = 5,9 \cdot V_2 \cdot (\sum t^{\circ} > 10^{\circ} + 2000) \cdot (КУ-0,1) : (КК + 100)$$

В этих формулах B_3 – балл бонитета зональной (не деградированной) почвы.

Множитель 8,2 (как аналогичные множители в других формулах) представляет собой коэффициент пропорциональности и введен для того, чтобы сделать шкалу стобалльной, то есть чтобы наилучшему сочетанию почвенно-климатических условий соответствовал балл бонитета, равный 100. Эти множители одинаковы во всех случаях расчета по данной формуле и не изменяют соотношений баллов бонитета.

V – суммарный показатель свойств почв;

$(\sum t^{\circ} > 10^{\circ}$ – среднегодовая сумма температур выше 10°C ;

КУ – коэффициент увлажнения по Иванову;

КК – коэффициент континентальности по Иванову (величины этого коэффициента более 200 принимают равными 200).

В связи с тем, что в условиях Восточной Сибири и Дальнего Востока сельскохозяйственные растения требуют для созревания меньших сумм температур выше 10°C (примерно на 200°), для территорий к востоку от Енисея к фактическим суммам температур выше 10°C при расчетах по приведенной формуле следует прибавлять 200 (для Красноярского края западнее Енисея – 100).

За 100 баллов при расчете по этим формулам приняты показатели для слабовыщелоченных сверхмощных черноземов центральной части Краснодарского края.

Для зерновых культур значение КУ более 0,9 принимается равным 0,9; для многолетних трав значения более 1,0 принимаются равными 1,0. $V_2 = (V+1)/2$.

Величины 70, 100 в дополнение к коэффициентам континентальности приведены в связи с тем, что снижение урожайности происходит не параллельно усилению континентальности климата, а в более слабой степени.

Величины V для основных почв приведены в таблице 5.1.

5.1. Расчетные величины суммарного показателя свойств почв (V) для основных зональных и других почв суглинистого гранулометрического состава

Почвы	V	Почвы	V
Подзолы и подзолистые	0,67	Черноземы обыкновенные	0,96
Дерново-подзолистые	0,73	Черноземы южные	0,92
Бурые лесные	0,81	Лугово-черноземные лесостепи	0,92
Светло-серые лесные	0,78	Лугово-черноземные степной зоны	0,96
Серые лесные	0,81	Темно-каштановые	0,86
Темно-серые	0,86	Каштановые	0,81
Черноземы оподзоленные	0,92	Светло-каштановые	0,78
Выщелоченные	0,96	Лугово-каштановые	0,90
Типичные	1,0	Коричневые	0,85

Величины V разработаны на основе анализа связей почвенно-климатических факторов с урожайностью сельскохозяйственных культур и обобщения материалов региональных почвенных исследований.

Ниже приводятся такие баллы по природным зонам, экономическим районам, субъектам РФ и основным почвам. Баллы бонитета могут быть использованы при оценке эффективности использования пахотных угодий, расчета рентных платежей и других показателей (в большей мере экономических), характеризующих эффективность уровня хозяйственной деятельности.

5.2. Зерновые культуры. Баллы бонитетов почв южнотаежно-лесной зоны.

Субъекты РФ	Дп/т. с.	Дп ср.+лс.	Дп/сп.	Дп/п.	Дк/суг.
Северо-Западный федеральный округ					
Республика Коми (юг)	31-33	35-37	27-29	19-20	46-49
Архангельская область (юг)	31-33	35-37	27-29	19-20	46-49
Вологодская область (север, восток)	33-34	37-38	29-30	20-21	49-50
Вологодская область (юг, запад)	36-40	41-45	32-35	23-25	54-59
Калининградская область	55-56	62-64	49-50	34-35	82-85
Ленинградская область (север, восток)	35-38	40-43	31-34	22-24	53-57
Ленинградская область (юг, запад)	41-43	46-49	36-38	25-27	61-65
Новгородская область	41-43	46-49	36-38	25-27	61-65
Псковская область	44-46	50-52	39-41	28-29	66-69
Центральный федеральный округ					
Брянская область	47-48	53-56	41-44	29-30	70-74
Владимирская область	39-41	44-47	34-37	24-26	58-62
Ивановская область	38-40	43-46	33-36	24-25	57-61
Калужская область	43-47	49-53	38-41	27-29	65-70
Костромская область	35-39	40-44	31-34	22-24	53-58
Московская область	41-44	47-50	37-39	26-28	-
Рязанская область	44-45	50-52	39-41	28-29	66-69
Смоленская область	43-45	49-51	38-40	27-28	-
Тверская область	40-44	45-50	35-39	25-28	59-66
Ярославская область	40-41	45-46	35-36	25-26	-
Приволжский федеральный округ					
Республика Марий-Эл	38-40	43-46	34-36	24-25	57-61
Удмуртская республика	34-37	38-42	30-32	21-23	50-55
Кировская	33-37	38-43	30-33	21-23	50-57
Нижегородская	37-41	42-47	33-37	23-26	-
Пермская	33-35	36-39	28-30	20-21	48-51
Уральский федеральный округ					
Свердловская область	31-32	34-35	27-28	19-20	-
Тюменская область	32-34	37-39	29-31	20-22	-
Сибирский федеральный округ					
Красноярский край	30-32	34-36	27-28	19-20	45-48
Иркутская область	27-28	31-33	24-26	17-19	41-44
Омская область	28-30	33-35	26-28	18-20	-
Томская область	27-29	32-34	25-27	18-19	-

Условные обозначения: Дп – дерново-подзолистые почвы; Дк – дерново-карбонатные; т. с. – тяжелосуглинистые; ср.+лс. – средне- и легкосуглинистые; сп. – супесчаные; п. – песчаные; суг. – суглинистые.

5.3. Зерновые культуры. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны.

Субъекты РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
Центральный федеральный округ						
Белгородская область	-	-	63-67	70-71	73-74	74-75
Брянская область	57-59	59-61	-	-	-	-
Владимирская область	50-52	52-54	-	-	-	-
Воронежская область	-	-	-	-	68-69	68-69
Калужская область	54-55	56-58	-	-	-	-
Курская область	58-60	60-62	64-66	68-69	71-72	72-73
Липецкая область	-	58-60	61-63	65-66	67-68	68-69
Орловская область	-	57-59	60-62	65-67	68-70	-
Рязанская область	54-56	56-58	59-60	63-64	65-66	-
Тамбовская область	-	-	-	-	65-66	66-67
Тульская область	53-55	56-57	58-61	63-64	66-67	-
Приволжский федеральный округ						
Республика Башкортостан	45-48	49-51	51-53	55-56	55-56	53-55
Республика Марий-Эл	48-50	51-53	-	-	-	-
Республика Мордовия	54-55	56-57	58-59	61-62	63-64	-
Республика Татарстан	47-48	49-50	51-52	55-56	56-57	54-55
Республика Чувашия	52-54	54-56	57-58	60-61	62-63	-
Кировская область	44-45	46-47	-	-	-	-
Нижегородская область	52-54	54-56	56-58	59-60	61-63	-
Пензенская область	-	56-57	58-59	60-61	60-61	60-61
Самарская область	-	-	-	-	54-55	52-53
Саратовская область	-	-	-	-	56-58	56-57
Ульяновская область	49-50	50-52	52-53	55-56	57-58	56-57
Южный федеральный округ						
Ингушская республика	-	-	-	-	88-95	90-94
Кабардино-Балкарская республика	-	-	-	-	86-95	87-95
Республика Северная Осетия-Алания	-	-	-	-	87-93	86-89
Чеченская республика	-	-	-	-	88-95	90-94
Краснодарский край	-	-	70-72	-	93-100a	85-92 б
Ставропольский край	-	-	-	-	-	82-84
Приволжский федеральный округ						
Удмуртская республика	46-47	48-50	-	-	-	-
Оренбургская область	-	-	-	-	51-53	50-51
Пермская область	42-44	45-46	47-48	51-53	53-55	-
Уральский федеральный округ						
Курганская область	-	-	-	48-51	49-51	-
Свердловская область	40-42	41-43	44-46	51-53	53-55	-
Тюменская область	41-42	42-44	44-46	47-49	48-50	-
Челябинская область	42-44	44-46	46-48	51-52	53-55	52-54
Сибирский федеральный округ						
Алтайский край	-	44-46	46-48	50-54	52-58	53-57
Красноярский край	39-40	41-43	45-46	47-49	49-51	-
Иркутская область	35-37	37-39	40-41	43-44	45-46	-
Кемеровская область	38-39	40-41	43-45	49-51	51-53	51-53
Новосибирская область	36-37	38-40	42-43	45-47	46-50	-
Омская область	36-37	38-40	42-43	43-45	45-47	-
Томская область	37-38	39-40	42-43	46-48	-	-

Условные обозначения:

Лсв – светлосерые лесные, Лс – серые лесные, Лт – темносерые лесные, Чоп – черноземы оподзоленные, Чв – то же, выщелоченные, Чт – то же, типичные, а – чернозем слабовыщелоченный сверхмощный, б – чернозем карбонатный сверхмощный

Анализ баллов бонитета зональных почв позволяет выявить следующие общие географические закономерности плодородия почв (в отношении зерновых культур без орошения).

1. В зональном аспекте к наиболее плодородным почвам относятся черноземы лесостепи. В направлении к северу и югу от них плодородие почв для зерновых культур снижается.

2. В провинциальном аспекте наиболее плодородными являются почвы западных провинций. В направлении к востоку в границах одних и тех же природных зон плодородие почв снижается, причем темп снижения выше до Поволжья, выравниваясь далее к востоку.

Следует заметить, что в направлении с запада на восток наблюдается «смещение» наиболее плодородных почв в зональном плане (от типичных черноземов к выщелоченным) вследствие ухудшения условий увлажнения и некоторого изменения соотношения тепла и влаги.

5.4. Зерновые культуры. Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон.

Субъекты РФ	Чоб	Чю	Кт	К	Ксв
Центральный федеральный округ					
Белгородская область	61-63	-	-	-	-
Воронежская область	55-58	50-52	-	-	-
Южный федеральный округ					
Республика Калмыкия	-	48-50	38-42	30-34	24-28
Краснодарский край	73-77	-	-	-	-
Ставропольский край	67-71	53-57	42-46	33-37	24-28
Волгоградская область	51-56	42-47	29-36	24-31	20-23
Ростовская область	57-62	49-55	36-40	-	-
Приволжский федеральный округ					
Республика Башкортостан	42-44	-	-	-	-
Оренбургская область	41-44	33-36	26-29	-	-
Самарская область	42-45	34-37	29-31	-	-
Саратовская область	46-51	37-42	27-31	21-25	18-20
Уральский федеральный округ					
Курганская область	41-43	-	-	-	-
Тюменская область	40-42	-	-	-	-
Челябинская область	41-43	-	-	-	-
Сибирский федеральный округ					
Республика Бурятия	32-35	26-29	22-24	-	-
Алтайский край	40-46	31-34	25-28	-	-
Красноярский край	38-40	29-32	24-26	-	-
Новосибирская область	39-42	31-33	-	-	-
Омская область	39-41	32-34	-	-	-
Читинская область	34-36	28-31	23-25	-	-

Общие географические закономерности плодородия почв в отношении сахарной свеклы (без орошения) аналогичны закономерностям для зерновых культур. В зональном аспекте наиболее плодородными почвами являются черноземы лесостепи, в провинциальном – черноземы западной части лесостепной зоны, наиболее благоприятные для возделывания сахарной свеклы в связи с наилучшим соотношением тепла и влаги, их достаточным количе-

ством, длинным вегетационным периодом, низкой величиной континентальности климата. На серых лесных почвах условия возделывания этой культуры заметно ухудшаются за счет менее плодородных почв и худших условий теплообеспеченности. На черноземах обыкновенных условия возделывания сахарной свеклы значительно ухудшаются за счет недостатка влаги, к тому же их плодородие, примерно, на 20% ниже типичных черноземов смежных территорий, поэтому баллы бонитетов не рассчитывались.

5.5. Сахарная свекла. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны.

Субъекты РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
Центральный федеральный округ						
Белгородская область	-	-	64-66	68-70	71-73	74-77
Брянская область	51-53	55-57	59-61	-	-	-
Воронежская область	-	-	-	-	68-70	66-68
Курская область	-	-	61-63	66-69	70-72	74-76
Липецкая область	-	-	58-60	64-66	65-67	66-68
Орловская область	-	53-55	57-59	61-63	63-65	-
Рязанская область	-	-	54-56	57-59	61-63	-
Тамбовская область	-	-	-	-	61-63	63-65
Тульская область	-	-	55-57	58-60	62-64	-
Южный федеральный округ						
Ингушская республика	-	-	-	-	84-86	78-80 б
Кабардино-Балкарская республика	-	-	-	-	84-87	86-89
Республика Северная Осетия-Алания	-	-	-	-	84-86	78-80 б
Чеченская республика	-	-	-	-	84-86	78-80 б
Краснодарский край	-	-	-	-	87-89 а	75-77 б
Сибирский федеральный округ						
Алтайский край	-	-	-	-	47-49	48-50

Урожайность подсолнечника (на зерно) в основном ареале его распространения возрастает пропорционально росту теплообеспеченности, но при увеличении сухости климата снижается медленнее, чем урожайность зерновых культур. Ареал его возделывания значительно меньше, чем зерновых культур. Районы его распространения ограничены в основном черноземной зоной, а также подзоной темно-каштановых почв и отчасти серых лесных (в наиболее теплых регионах этой подзоны). В зональном аспекте наиболее плодородными почвами для возделывания подсолнечника являются типичные черноземы. При переходе к выщелоченным и оподзоленным черноземам продуктивность подсолнечника заметно снижается.

Продуктивность подсолнечника на оподзоленных черноземах снижается примерно на 5-10% в сравнении с типичными. На серых лесных продуктивность подсолнечника снижается уже на 20%. Продуктивность культуры в направлении от типичных к обыкновенным черноземам снижается, примерно, на 5% (в крайне засушливых – на 10%). Происходит это из-за ухудшения увлажнения, хотя теплообеспеченность возрастает, но нарушается соотноше-

ние тепла и влаги. Продуктивность подсолнечника снижается, соответственно, на южных черноземах в среднем на 15%, на темнокаштановых почвах – на 10-20%. В провинциальном аспекте продуктивность культуры снижается во всех подзонах черноземов и темнокаштановых почв в среднем в 2 раза в направлении с запада на восток (до Алтайского края).

5.6. Подсолнечник. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны.

Субъекты РФ	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
Центральный федеральный округ					
Белгородская область	-	59-61	63-65	67-69	71-74
Воронежская область	-	-	-	66-68	69-71
Липецкая область	-	-	61-63	64-66	67-69
Тамбовская область	-	-	-	62-64	66-68
Приволжский федеральный округ					
Республика Башкортостан	-	-	50-52	51-53	53-55
Оренбургская область	-	-	-	54-56	57-59
Пензенская область	-	-	57-59	60-61	61-63
Самарская область	-	51-53	55-57	58-65	60-62
Саратовская область	-	-	-	60-62	63-65
Ульяновская область	-	-	55-56	57-59	60-61
Южный федеральный округ					
Краснодарский край	-	-	-	95-100	88-90
Ставропольский край	-	-	-	-	86-88
Сибирский федеральный округ					
Алтайский край	-	-	-	46-48	49-52

5.7. Подсолнечник. Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон.

Субъекты РФ	Чоб	Чю	Кт	К
Центральный федеральный округ				
Белгородская область	69-71	-	-	-
Воронежская область	65-67	-	-	-
Южный федеральный округ				
Республика Калмыкия	-	61-63	50-53	42-44
Краснодарский край	84-86	-	-	-
Ставропольский край	81-83	64-66	51-53	41-43
Ростовская область	73-75	61-63	50-52	-
Приволжский федеральный округ				
Республика Башкортостан	51-53	-	-	-
Оренбургская область	50-52	39-41	32-35	-
Самарская область	51-54	44-46	39-41	-
Саратовская область	58-59	47-50	38-40	33-34
Волгоградская область	63-65	54-57	41-47	-
Сибирский федеральный округ				
Алтайский край	-	-	46-48	49-52

5.8. Многолетние травы. Баллы бонитетов почв южно-таежной лесной зоны.

Субъекты РФ	Дп/ т. с.	Дп/ср.+л	Дп/сп	Дп/п.
Северо-Западный федеральный округ				
Республика Коми (юг)	60-62	62-64	51-53	37-38
Архангельская область (юг)	61-62	63-64	52-53	37-38
Вологодская область (север, восток)	62-63	65-66	53-54	39-40
Вологодская область (запад, юг)	65-67	68-70	56-57	41-42
Калининградская область	84-86	87-89	71-73	52-53
Ленинградская область (север, восток)	65-68	68-71	56-58	41-43
Ленинградская область (юг, запад)	70-73	73-76	60-62	44-46
Новгородская область	70-75	73-78	60-64	44-47
Псковская область	75-76	78-79	64-65	47-48
Центральный федеральный округ				
Брянская область	73-75	76-78	62-64	46-47
Владимирская область	67-70	70-73	57-60	42-44
Ивановская область	67-68	70-71	57-58	42-43
Калужская область	70-73	73-76	60-62	44-46
Костромская область	63-65	66-68	54-56	40-41
Московская область	69-71	72-74	59-61	43-44
Рязанская область	69-72	72-75	59-62	44-45
Смоленская область	72-73	75-76	61-62	45-46
Тверская область	68-71	71-74	58-61	43-44
Ярославская область	67-68	70-71	57-58	42-43
Приволжский федеральный округ				
Республика Марий-Эл	63-66	66-69	54-57	40-41
Удмуртская республика	60-62	62-64	51-53	37-38
Кировская	61-63	63-66	52-54	38-40
Нижегородская	65-69	68-72	56-59	41-43
Пермская	57-60	59-62	48-51	35-37
Уральский федеральный округ				
Омская область	53-55	55-57	45-47	31-34
Свердловская область	57-59	59-61	48-50	35-36
Томская область	53-55	55-57	45-47	31-34
Тюменская область	56-58	58-60	48-49	35-36
Сибирский федеральный округ				
Республика Бурятия	47-49	49-51	40-42	30-31
Красноярский край	50-52	52-54	43-44	31-32
Иркутская область	49-51	51-53	42-43	31-32

Продуктивность многолетних трав в сравнении с зерновыми культурами в значительной степени зависит от влагообеспеченности и в меньшей степени от теплообеспеченности и континентальности климата. В зональном аспекте к наиболее плодородным почвам при возделывании многолетних трав относятся черноземы лесостепи, а также серые лесные почвы.

В приведенных таблицах (5.2. – 5.10) отражены зональные баллы бонитетов наиболее распространенных, условно «не деградированных» почв. Для деградированных почв применяются поправочные коэффициенты на характер и степень деградации, например, на степень проявления водной эрозии почв.

5.9. Многолетние травы. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны.

Субъекты РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
Центральный федеральный округ						
Белгородская область	-	-	72-74	74-76	75-77	74-76
Брянская область	78-78	78-80	-	-	-	-
Владимирская область	72-74	-	-	-	-	-
Воронежская область	-	-	-	-	70-72	68-70
Калужская область	75-77	77-79	-	-	-	-
Курская область	76-78	78-80	79-81	81-83	80-82	77-79
Липецкая область	-	70-72	71-73	72-74	72-74	70-72
Орловская область	-	76-78	78-80	80-82	79-81	-
Рязанская область	72-74	73-75	74-76	75-77	74-76	-
Тамбовская область	-	-	-	-	70-72	69-71
Тульская область	74-76	76-78	77-79	79-81	78-80	-
Южный федеральный округ						
Краснодарский край	-	-	-	-	83-86 а	73-75 б
Ставропольский край	-	-	-	-	-	72-74
Приволжский федеральный округ						
Республика Башкортостан	58-60	59-61	60-62	61-63	59-61	57-59
Республика Марий-Эл	68-70	69-71	-	-	-	-
Республика Мордовия	68-70	70-72	71-73	71-73	71-73	-
Республика Татарстан	58-60	59-61	60-62	61-63	60-62	58-60
Удмуртская республика	64-66	65-67	-	-	-	-
Республика Чувашия	67-69	68-70	69-71	70-72	70-72	-
Кировская область	63-65	63-65	-	-	-	-
Нижегородская область	70-72	71-73	72-74	73-75	72-74	-
Оренбургская область	-	-	-	-	55-57	52-54
Пензенская область	65-67	66-68	67-69	68-70	66-68	63-65
Пермская область	63-65	64-66	66-68	-	-	-
Самарская область	-	-	57-59	57-59	55-57	53-55
Саратовская область	-	-	-	-	57-59	55-57
Ульяновская область	60-62	61-63	62-64	62-64	60-62	58-60
Уральский федеральный округ						
Курганская область	-	-	-	-	55-57	54-56
Свердловская область	61-63	62-64	63-65	63-65	63-65	-
Тюменская область	54-56	56-58	58-60	58-60	56-58	-
Челябинская область	55-57	56-58	57-59	58-60	57-59	55-57
Сибирский федеральный округ						
Республика Бурятия	47-49	48-50	49-51	-	48-50	-
Алтайский край	-	58-60	59-61	61-63	61-63	60-62
Красноярский край	53-55	54-56	55-57	57-59	57-59	-
Иркутская область	49-51	51-53	53-55	53-55	53-55	-
Кемеровская область	59-61	60-62	62-64	65-67	66-68	66-68
Новосибирская область	-	53-55	54-56	54-56	53-55	-
Омская область	-	51-53	52-54	53-55	51-53	-
Томская область	57-59	59-61	60-62	-	-	-
Читинская область	49-51	50-52	51-53	-	51-53	-

5.10. Многолетние травы. Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон.

Субъекты РФ	Чоб	Чю	Кт	К	Ксв
Центральный федеральный округ					
Белгородская область	60-62	-	-	-	-
Воронежская область	54-56	-	-	-	-
Южный федеральный округ					
Республика Калмыкия	-	41-43	33-35	26-28	21-22
Краснодарский край	61-65	-	-	-	-
Ставропольский край	59-61	43-45	32-34	23-25	19-20
Волгоградская область	52-54	42-44	28-33	22-26	17-21
Ростовская область	55-59	42-46	32-35	26-28	21-22
Приволжский федеральный округ					
Республика Башкортостан	46-48	-	-	-	-
Оренбургская область	40-43	32-35	24-26	-	-
Самарская область	41-44	34-36	28-30	-	-
Саратовская область	47-51	37-41	25-27	19-20	17-18
Уральский федеральный округ					
Курганская область	39-41	-	-	-	-
Тюменская область	46-48	-	-	-	-
Челябинская область	40-42	31-33	-	-	-
Сибирский федеральный округ					
Республика Бурятия	42-44	31-33	25-27	-	-
Алтайский край	42-44	32-34	26-28	-	-
Красноярский край	40-42	32-34	25-27	-	-
Новосибирская область	44-46	34-36	-	-	-
Омская область	40-42	34-36	-	-	-
Читинская область	42-44	31-33	25-27	-	-

5.11. Поправочные коэффициенты на степень проявления водной эрозии почв.

Зоны, подзоны	Почвы		
	Слабосмытые	Среднесмытые	Сильносмытые
Северной, средней и южной тайги	0,81	0,66	0,45
Серых лесных почв	0,83	0,68	0,46
Черноземов: лесостепи и степи	0,86	0,69	0,47
сухой степи	0,82	0,67	0,46
Примечание: 1) На слабосмытых почвах коэффициенты для пропашных культур уменьшаются на 0,05. 2) Среднесмытые почвы используются под пропашные культуры только в случае производственной необходимости (пятна на поле севооборота). В этом случае коэффициент для них снижается на 0,10. 3) Сильносмытые почвы относятся к непахотнопригодным и могут использоваться только при производственной необходимости (мелкие пятна на фоне других почв).			

Данная бонитировка соответствует условиям экстенсивного земледелия, рассчитанного в основном на использование естественного плодородия почв преимущественно при экстенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур с весьма ограниченным применением агрохимических ресурсов и с низкой эффективностью вследствие некомплексного, несбалансированного применения их.

Рассмотренные материалы пригодны для общей оценки естественного плодородия почв в первом приближении. Их можно использовать на данном этапе при определении кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий. При повышении технологического уровня земледелия, применении удобрений и других средств интенсификации картина будет по разному изменяться для различных культур, зон, провинций, местных условий увлажнения почв. В частности, с повышением уровня интенсификации возделывания зерновых культур относительная цена балла будет сильно сдвигаться в сторону повышения условий влагообеспеченности.

Для проектирования агротехнологий нужны фактические данные урожайности и качества продукции при различных уровнях интенсификации. Наиболее адекватные сведения для этой цели получают в многолетних полевых экспериментах с возрастающей обеспеченностью агрохимическими ресурсами. Такие данные используются в ряде региональных научных центров. Необходимо развитие сети полевых многофакторных опытов, в том числе Географическое сети ВНИИ агрохимии, с агрохимическими средствами. Этими данными должны корректироваться расчеты действительно возможной урожайности, рассмотренные в разделе 8.9.3.5.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий на основе агроэкологической оценки земель осуществляется в субъектах РФ на уровне муниципальных образований и земельного участка. Это обеспечивает получение по каждому участку сельскохозяйственных земель комплекса оценочных показателей, необходимых для решения в хозяйстве планово-экономических задач, организации рационального использования земель, разработки проектов землеустройства, для обоснования земельного налога и иных целей установленных законом.

Эта оценка проводится с учетом:

- 1) плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий;
- 2) технологических характеристик полей и рабочих участков;
- 3) местоположения (удаленности) участков по отношению к пунктам реализации сельскохозяйственных продуктов и баз снабжения материально-техническими ресурсами;
- 4) экономических показателей.

Первичной территориальной единицей оценки является вид земель (элементарный ареал агроландшафта). Оценочные показатели более крупных единиц представляют собой средневзвешенные значения оценочных показателей включенных в них ЭАА.

В качестве показателей оценки должны выступать:

- 1) для оценки плодородия:
 - бонитет почв;
 - рентный доход, обусловленный плодородием почв;
- 2) для оценки технологических свойств земельных участков:
 - площадь, рельеф и конфигурация участков, длина гона, удельное сопротивление машин-орудий, уклон, каменистость участка, расстояние полей до хозяйственного центра; интегральный показатель технологических свойств по отношению к оптимальным условиям;
 - рентный доход, обусловленный технологическими свойствами участка;
- 3) для оценки местоположения:
 - расстояние от оцениваемых земельных участков до пунктов реализации сельскохозяйственных продуктов и баз снабжения материально-техническими ресурсами и эквивалентное расстояние с учетом качества дорог, объемов и классов грузов;
 - рентный доход, обусловленный местоположением объектов кадастровой оценки до пунктов реализации сельскохозяйственной продукции и баз снабжения материально-техническими ресурсами.

Исходными материалами являются:

- 1) план землевладения с площадями контуров угодий;
- 2) почвенно-ландшафтная карта;
- 3) агроэкологические параметры земель и почв;
- 4) данные паспортизации полей и дорог;
- 5) экспликация площадей угодий и почвенных разностей;
- 6) экономические показатели хозяйства (урожайность культур, площади и структура посевов, затраты, стоимость единицы продукции и др.).

Объектом оценки выступают сельскохозяйственные угодья в границах субъектов РФ, административных районов, землевладений (землепользований) юридических и физических лиц.

Объектами внутрихозяйственной оценки земель являются отдельно обрабатываемые рабочие участки пашни, кварталы или обособленные участки многолетних насаждений, контуры кормовых угодий, поля и массивы севооборотов, сенокосов и пастбищ.

Предметом оценки является значение кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий землевладений и землепользований.

Рабочие (оценочные) участки формируются на пахотных землях и кормовых угодьях. Участок может включать один или несколько компактно расположенных и однородных в агроэкологическом отношении отдельно обрабатываемых участков (контуров).

Все сформированные оценочные участки нумеруются сквозной нумерацией (или используются имеющиеся номера контуров) в разрезе хозяйства по производственным подразделениям (бригадам), и на них выписывается площадь. Если оценочный участок включает более одного отдельно обрабатываемого участка (контура), то их количество и общая площадь записываются в скобках рядом с номером рабочего участка, например, 12 (3), а на каждом из них указывается номер и площадь.

Сформированные участки служат в качестве первичных территориальных единиц при внутрихозяйственной оценке земель и организации рационального использования в системе севооборотов.

Интегральными показателями являются:

- по плодородию почв — балл бонитета;
- по технологическим свойствам — индекс технологических свойств земельных участков;
- по местоположению — эквивалентное расстояние до пунктов реализации сельскохозяйственной продукции и баз снабжения материально-техническими ресурсами; внехозяйственная нормативная грузоемкость на 1 га сельскохозяйственных угодий.

Определение балла бонитета почв земельного участка сельскохозяйственных угодий административного района, земельно-оценочного района, субъекта РФ.

Балл бонитета почв земельного участка определяется в следующей последовательности:

— установление методами статистического анализа признаков и свойств почв, существенно влияющих на их плодородие;

— расчет средних физических значений отобранных признаков и свойств почв;

— пересчет на основе корреляционно-регрессионного анализа физических значений признаков и свойств почв в зависимости от их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур в относительные величины — баллы;

— расчет среднегеометрического балла по совокупности признаков и свойств по разновидностям (группам) почв;

— расчет балла бонитета i -го рабочего участка (B_i) взвешиванием баллов бонитета j -х почвенных разновидностей или оценочных групп почв i -го земельного участка (B_{ji}) на их площади (S_{ji}):

$$B_i = \sum_{j=1}^m B_{ji} \cdot S_{ji} / \sum_{j=1}^m S_{ji};$$

— расчет совокупного почвенного балла участков путем корректировки на негативные свойства, снижающие плодородие почв (переувлажненность, эродированность, засоленность, мелкоконтурность, рельеф, каменистость).

Балл бонитета почв сельскохозяйственных угодий земельных участков — B_0 (муниципальных образований, административного района, земельно-оценочного района, субъекта РФ) определяется взвешиванием баллов бонитета (B_i) почв сельскохозяйственных угодий объектов государственной кадастровой оценки (рабочих участков, земельных участков, муниципальных образований, административных районов земельно-оценочных районов) на их площади (S_i).

$$B_0 = \sum_{i=1} B_i \cdot S_i : \sum_{i=1} S_i .$$

Определение интегрального показателя технологических свойств объекта оценки. К технологическим свойствам сельскохозяйственных угодий относятся: удельное сопротивление почв при обработке; контурность полей (рабочих участков) — размер, конфигурация и их изрезанность препятствиями механизированной обработке; внутрихозяйственная удаленность полей; рельеф и каменистость угодий; высота над уровнем моря (для горных и предгорных зон). Внутрихозяйственная удаленность полей, фермерских участков учитывается при значительных различиях показателя удаленности.

На основе шкал оценки отдельных технологических свойств вычисляется обобщенный показатель — индекс технологических свойств объектов государственной кадастровой оценки по отношению к эталонным. За эталонные условия приняты следующие базовые величины: балл контурности и энергоемкости — 100; оценка рельефа и каменистости — 1,00.

Интегральный показатель технологических свойств объектов оценки —

индекс технологических свойств (I_{mi}) — рассчитывается с учетом долей затрат, зависящих отдельно от энергоемкости почв ($D_{зэ}$) и технологических свойств земельных участков ($D_{зм}$), а также учитывается расстояние полей до хозяйственного центра:

$$I_{mi} = \frac{D_{зэ} \cdot B_{эi} + (D_{зм} - D_{зэ}) \cdot 100 \cdot K_{pi} \cdot K_{ki}}{D_{зм} \cdot B_{ki}} \cdot (1 + K_{рас} P_i);$$

где: I_{ti} — индекс технологических свойств i -го объекта кадастровой оценки;

$D_{зт}$ — доля затрат, зависящих от технологических свойств земельного участка;

$B_{эi}$ — балл удельного сопротивления почв при обработке;

$D_{зэ}$ — доля затрат, зависящих от энергоемкости почв;

K_{ki} — коэффициент каменистости i -го объекта кадастровой оценки;

K_{pi} — коэффициент рельефа i -го объекта кадастровой оценки;

B_{ki} — балл контурности i -го объекта кадастровой оценки;

P_i — расстояние полей до хозяйственного центра i -го объекта кадастровой оценки, км;

$K_{рас}$ — коэффициент расстояния, показывающий, какая доля затрат увеличивается при расстоянии равном 1 км от земельных участков до хозяйственного центра.

Оценка удельного сопротивления почв при обработке. Удельное сопротивление почв при обработке оценивается в баллах. За 100 баллов принимается удельное сопротивление почв плугу $0,50 \text{ кгс/см}^2$. Эти баллы обратно пропорциональны производительности машинно-тракторных агрегатов и прямо пропорциональны расходу топлива. Балл определяется по формуле:

$$B_э = 49,2 \cdot 4,12^c$$

Удельное сопротивление плуга С кгс/см^2 определяется по данным зональных нормативно-исследовательских станций.

Часто, балл удельного сопротивления почв вычисляется простым способом, умножением показателей удельного сопротивления, по данным каталога, на 200, т. е. шкала открытая, при которой допускается оценка более 100 баллов.

Оценка каменистости земель. Каменистость пашни влияет на производительность полевых механизированных агрегатов. Каменистость характеризуется количеством камней ($\text{м}^3/\text{га}$) в 25-сантиметровом слое почвы (V_k , $\text{м}^3/\text{га}$). Каменистость оценивается в коэффициентах. Чем выше показатель каменистости, тем выше коэффициент оценки и соответственно ниже производительность полевых механизированных агрегатов. Каменистость земель устанавливается по материалам почвенных и других специальных обследований. Коэффициент оценки каменистости (K_k) участков определяется по формуле:

$$K_k = 1,00 + 0,002 V_k + 0,00004 V_k^2$$

Оценка рельефа. Рельеф также влияет на производительность полевых механизированных агрегатов. Для оценки участка пашни или сенокоса при сложном рельефе необходимо его (данный участок) разделить на участки по классам угла склона в интервалах: менее 1°, 1–3°, 3–5°, 5–7°, 7–9°. Границы участков определяются по расстоянию между смежными горизонталями в зависимости от масштаба плана. Выделение участков по классам угла склона зависит от направления обработки данного участка.

Рельеф участка оценивается в коэффициентах. Коэффициент оценки рельефа рассчитывается по формуле:

$$K_p = 1,00 + 0,004 \Gamma + 0,003 \Gamma^2.$$

Оценка контурности полей и рабочих участков. Контурность участков угодий оценивается в баллах условий выполнения полевых механизированных работ, что определяется непроизводительными затратами времени механизированных агрегатов (развороты, заезды, переезды с участка на участок), которые прямо пропорциональны ширине участка, количеству и ширине препятствий для механизированной обработки, выпуклостям и вогнутостям границ и обратно пропорциональны площади участка. Поэтому балл контурности участка (B_k , балл) зависит от суммарной (условной) ширины участка и препятствий, выпуклостей, вогнутостей границ по направлению обработки в расчете на 1 га обрабатываемой площади (Π , м/га). За 100 баллов принята условная ширина 1 га (10000 м²) в 5 м, что соответствует длине гона (D_g , м) 2000 м. Балл оценки контурности полей и участков угодий определяется по формуле:

$$B_k = 102,5 \cdot 0,9945^{\Pi}$$

Также существует шкала оценки контурности полей и участков угодий. По ней можно определить балл контурности исходя из условной ширины участка.

Контурность участков оценивается для условий их обработки в продольном и поперечном направлении. По данным этих оценок определяется средневзвешенный балл контурности исходя из соотношения обработки вдоль и поперек два к одному.

Некоторые участки угодий по условиям рельефа, противоэрозионной обработки, узкой вытянутости обрабатываются всегда или в подавляющем большинстве случаев только в одном направлении. Контурность таких участков оценивается только по направлению их обработки.

Балл контурности полей, массивов пашни севооборотов, угодий вычисляется как средневзвешенная величина исходя из площади и баллов оценки участков, полей.

При наличии данных паспортизации полей балл контурности определяется по формуле:

$$B_k = \frac{100}{K_{дг} \cdot K_{кон} \cdot K_n},$$

где: $K_{дг}$, $K_{кон}$, K_n — коэффициенты оценки соответственно длины, конфигу-

рации и изрезанности препятствиями.

Расстояние полей до хозяйственного центра. Местоположение земель (участка, поля, угодья) относительно хозяйственных центров и центральной усадьбы хозяйства является важнейшим фактором, определяющим условия организации производства и, соответственно, условия выполнения транспортных работ. Перевозка грузов, людей и техники при производстве продукции земледелия является неотъемлемой частью общего технологического процесса.

Внутрихозяйственные технологические перевозки связаны с обслуживанием полевых механизированных агрегатов, доставкой семян и удобрений на поля, вывозкой выращенной продукции с полей к местам временного хранения или первичной обработки. Объем внутрихозяйственных перевозок с полей и на поля нередко составляет более половины общего объема перевозок в хозяйстве, что существенно сказывается на величине транспортных затрат и себестоимости продукции земледелия. Местоположение участков угодий характеризуется их транспортной доступностью и условиями выполнения технологических перевозок: расстояние, дорожные условия.

Расстояния (l_j) разделенные по классам и по склонам маршрута измеряются курвиметром на плане землепользования по схеме перевозки грузов установленной заранее в хозяйстве. Эти расстояния переводятся в эквивалентные ($l_j \cdot K_{dj}$) в соответствии с дорожными условиями (K_d), которые зависят от показателей групп дорог ($K_{г.д.}$) и от склона маршрута ($K_{с.м.}$), (склон маршрута определяется как средневзвешенное значение от расстояний с разными уклонами).

$$K_d = K_{г.д.} \cdot K_{с.м.}$$

Расстояния полей до хозяйственного центра (P_i) рассчитывается как сумма этих эквивалентных расстояний.

$$P_i = \sum_{j=1}^m K_{dj} \cdot l_j$$

где: j — классы дорог

K_{dj} — коэффициент дорожных условий j -ого класса дорог

l_j — расстояние определяемое курвиметром по j -му классу дорог

Для учета влияния расстояний от земельных участков до хозяйственного центра на интегральный показатель технологических свойств используется следующий поправочный коэффициент $(1 + K_{рас} \cdot P_i)$, показывающий, во сколько раз увеличиваются затраты при расстоянии P_i .

На основе информации по паспортизации полей можно определить, что $K_{рас} = 0,005$.

Индекс технологических свойств сельскохозяйственных угодий земельных участков (муниципальных образований, административного района, земельно-оценочного района, субъекта РФ) определяется взвешиванием индексов технологических свойств объектов кадастровой оценки (рабочих участ-

ков, земельных участков, муниципальных образований, административных районов, земельно-оценочных районов) на их площади (в балл гектарах):

$$I_{r0} = \frac{\sum_{i=1} I_{ri} S_i B_i}{\sum_{i=1} S_i B_i}$$

Определение эквивалентного расстояния внехозяйственных грузо-перевозок. Местоположение объекта государственной кадастровой оценки характеризуется показателем эквивалентного расстояния по удаленности от пунктов реализации сельскохозяйственной продукции и баз снабжения материально-техническими ресурсами, объемов и классов грузов и качества (групп) дорог.

Объемы разнородных грузов переводятся в эквивалентные по коэффициентам: зерно, картофель, овощи — 1,00 (I класс груза — принимается за эквивалент); молоко, скот в живом весе — 1,25 (II класс); шерсть — 1,67 (III класс). Объемы перевозимых грузов (в тоннах) в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий определяются по фактическим данным субъекта РФ (земельно-оценочного района) за последние 3 года.

Дороги различного качества переводятся в эквивалентные по коэффициентам: первая группа (эквивалент) — 1,0; вторая группа — 1,5; третья группа — 2,5. Коэффициенты перевода отражают соотношение затрат на перевозку продукции по различным группам дорог.

Группировка дорог следующая: 1 группа дорог — асфальтированные и с твердым покрытием; 2 группа — щебенчатые; 3 группа — грунтовые дороги.

Эквивалентное расстояние от объекта государственной кадастровой оценки до пунктов реализации продукции вычисляется как средневзвешенная величина из объемов грузов, их класса и расстояний перевозки по разным группам дорог по формуле:

$$\mathcal{E}P_i = \sum_{j=1}^m \Gamma_j (P_{1j} D_1 + P_{2j} D_2 + P_{3j} D_3),$$

где: $\mathcal{E}P_i$ — средневзвешенная эквивалентная удаленность i -го объекта кадастровой оценки, км;

P_{1j} , P_{2j} , P_{3j} — расстояние перевозки j -го вида продукции (груза) соответственно по 1-ой, 2-ой и 3-ей группам дорог, км;

D_1 , D_2 , D_3 — коэффициенты перевода соответственно 1-ой, 2-ой и 3-ей групп дорог в эквивалентные;

m — количество видов реализованной продукции.

Γ_j — объем j -го вида реализованной продукции в общем объеме товарной продукции субъекта РФ (земельно-оценочного района). Он может быть рассчитан по формуле:

$$\Gamma_j = \frac{M_j K_j}{\sum_{j=1}^m M_j K_j},$$

где M_j — объем j -го вида продукции;

K_j — коэффициент пересчета j -го вида продукции в эквивалентные грузы первого класса.

Средневзвешенное эквивалентное расстояние $\mathcal{E}P_0$ определяется по формуле:

$$\mathcal{E}P_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}P_i S_i B_i}{\sum_{i=1}^n S_i B_i}$$

Определение внехозяйственной нормативной грузоемкости на 1 га сельскохозяйственных угодий. Нормативная грузоемкость га сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району) — Γ_0 определяется делением общего веса в тоннах реализованной сельскохозяйственной продукции, веса приобретенных материально-технических и строительных грузов в среднем за последние 3 года (данные берутся из сводных годовых отчетов субъекта Российской Федерации, или административных районов) на общую площадь сельскохозяйственных угодий. При отсутствии информации об объемах перевозимых материально-технических и строительных грузов объем рекомендуется взять в определенной пропорции от объема реализованной сельскохозяйственной продукции. Эти пропорции варьируют в зависимости от природных зон: в таежной и южно-таежной — лесных зонах на уровне 60% от объема сельскохозяйственной продукции, в лесостепной — 50, в степной и сухостепной зоне — 40%.

Затраты на перевозку одной тонны груза на 1 км (Z_m) берутся в органах госстатистики субъекта Российской Федерации.

Нормативная грузоемкость i -го объекта Γ_i государственной кадастровой оценки рассчитывается путем дифференциации нормативной грузоемкости 1 га сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району) пропорционально соотношению балла бонитета i -го объекта государственной кадастровой оценки к баллу бонитета сельскохозяйственных угодий в среднем по субъекту РФ (земельно-оценочному району):

$$\Gamma_i = \Gamma_0 \cdot B_i : B_0.$$

Определение кадастровой стоимости единицы площади объекта. Расчет кадастровой стоимости единицы площади (1 га) объекта кадастровой оценки включает:

— дифференциацию базовых по субъекту РФ нормативов продуктивно-

сти сельскохозяйственных угодий и затрат на их использование по объектам кадастровой оценки согласно их индивидуальным рентообразующим факторам — плодородию почв, технологическим свойствам и местоположению;

— определение по объектам кадастровой оценки, на основе полученных индивидуальных нормативов продуктивности и затрат, расчетного рентного дохода и кадастровой стоимости 1 га сельскохозяйственных угодий.

Определение расчетного рентного дохода. Расчетный рентный доход складывается из дифференциального и абсолютного рентных доходов.

Дифференциальный рентный доход объектов государственной кадастровой оценки определяется по формуле:

$$P_i = (B_i - Z_i H_o) + \Delta P_{mi} + \Delta P_{mi},$$

где: P_i — дифференциальный рентный доход i -го объекта кадастровой оценки, руб./га;

B_i — валовая продукция, обусловленная плодородием почв i -го объекта кадастровой оценки, руб./га;

Z_i — затраты на использование i -го объекта кадастровой оценки при индивидуальной оценочной продуктивности и при среднем в субъекте РФ (земельно-оценочном районе) индексе технологических свойств и местоположении земель, руб./га;

H_o — минимально необходимый для воспроизводства нормативный коэффициент рентабельности по отношению к затратам ($H_o = 1,07$);

$(B_i - Z_i H_o)$, ΔP_{ti} и ΔP_{mi} — рентный доход, обусловленный соответственно плодородием почв, технологическими свойствами и местоположением i -го объекта государственной кадастровой оценки, руб./га.

Валовая продукция объекта государственной кадастровой оценки (B_i) определяется путем дифференциации базовой оценочной продуктивности сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району) пропорционально баллам бонитета почв объектов кадастровой оценки по формуле:

$$B_i = (B_o : B_o) \cdot B_i,$$

где B_o — базовая оценочная продуктивность сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району), руб./га;

B_o и B_i — балл бонитета групп почв или разновидностей почв соответственно сельскохозяйственных угодий субъекта РФ (земельно-оценочного района) и i -го объекта кадастровой оценки.

Затраты на использование i -го объекта кадастровой оценки (Z_i) определяется дифференциацией части базовых затрат пропорционально баллу бонитета почв по формуле:

$$Z_i = Z_o (1 - D_{zy}) + Z_o \cdot D_{zy} \cdot (B_i : B_o),$$

где Z_o — базовые оценочные затраты на использование сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району), руб/га;

D_{zy} — доля затрат, обусловленных урожайностью (за счет различий объема уборочных работ, затрат на транспортировку, доработку и хранение продукции).

Рентный доход, обусловленный технологическими свойствами объекта кадастровой оценки (ΔP_{ti}) определяется путем дифференциации части базовых затрат на использование 1 га сельскохозяйственных угодий в субъекте РФ (земельно-оценочном районе) (Z_o) пропорционально индексу технологических свойств i -го объекта кадастровой оценки:

$$\Delta P_{mi} = Z_o \cdot H_o \cdot D_{zt} \cdot (1 - I_{mi} : I_{mo})$$

где I_{ti} и I_{to} — индексы технологических свойств i -го объекта кадастровой оценки и сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району);

D_{zt} — доля затрат, обусловленная технологическими свойствами сельскохозяйственных угодий.

Рентный доход, обусловленный местоположением объекта кадастровой оценки (ΔP_{mi}) определяется как разность между стоимостью грузоперевозок при средних по субъекту РФ (земельно-оценочному району) значениях грузоемкости и удаленности земель (C_o , руб./га) и их стоимостью на оцениваемых объектах (C_i , руб./га):

$$\Delta P_{mi} = (C_o - C_i) \cdot H_o;$$

$$C_o = \Xi_{po} \cdot T \cdot \Gamma_o;$$

$$C_i = \Xi_{pi} \cdot T \cdot \Gamma_i,$$

где Ξ_{po} и Ξ_{pi} — средневзвешенное эквивалентное расстояние грузоперевозок соответственно по субъекту РФ (земельно-оценочному району) и i -му объекту кадастровой оценки, км;

Γ_o и Γ_i — внехозяйственная нормативная грузоемкость 1 га сельскохозяйственных угодий в среднем по субъекту РФ (земельно-оценочному району) и i -му объекту кадастровой оценки, тонн;

T — затраты на перевозку одной тонны груза на 1 км, руб.

Для получения кадастровой стоимости объектов кадастровой оценки, включая те, на которых дифференциальный рентный доход не образуется, установлен (на I-ом этапе кадастровой оценки) абсолютный рентный доход. Его величина определена в целом по Российской Федерации в размере 1% стоимости валовой продукции растениеводства и принята единой для всех объектов кадастровой оценки в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий.

Расчетный рентный доход с 1 га сельскохозяйственных угодий определяется сложением дифференциального и абсолютного рентных доходов. В случае если дифференциальный рентный доход отрицателен, то он принимает нулевое значение.

Определение кадастровой стоимости. Кадастровая стоимость единицы площади (1 га) объекта кадастровой оценки определяется умножением расчетного рентного дохода с 1 га оцениваемого объекта на срок его капитализации, равный 33 годам.

Оформляется карта оценки земель муниципальных образований. В качестве основы для ее составления используется почвенная карта. На оценочной карте отображаются:

- 1) границы участков — красным цветом;
- 2) номер (в числителе) и площадь (в знаменателе) участка — черным цветом;

- 3) средние показатели по рабочим участкам:

баллы бонитета — красным цветом, интегрального показателя технологических свойств — зеленым, эквивалентного расстояния вне хозяйственных грузоперевозок — синим, дифференциальная рента — желтым, кадастровая стоимость — черным;

- 4) список (легенда) почвенных разностей;

- 5) таблица условных обозначений;

6) по данным государственной кадастровой стоимости единицы площади объекта (рабочего участка), оформляется картограмма, отражающая диапазон стоимостей цветовыми тонами или штриховкой различной интенсивности.

7. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЯХ

7.1. Мировой опыт использования геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель

Базовое определение геоинформационной системы (ГИС) подразумевает аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий систематизацию, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Для работы более удобно операционное определение ГИС: совмещение электронной карты и привязанной к ее выделам или координатам компьютерной базы данных, система управления которой предусматривает возможности специализированной обработки и импорта-экспорта информации. Выделяются растровые и векторные виды ГИС – отличающиеся принятой в них системой координат и типом цифрового представления (оцифровки) информации. Оба вида ГИС могут активно применяться в геоинформационном обеспечении агроэкологической оценки земель, агроэкологического районирования и проектирования систем земледелия.

Растровые ГИС основаны на одноименной системе координат – положенной на карту сплошной сетке (grid) со стандартным шагом опробования, каждая ячейка (пиксель) которой имеет две уникальные (в данной комбинации свойственные только ей) координаты (x и y). Как правило, эти ячейки имеют квадратную или прямоугольную форму и являются элементарным пространственным объектом, которому в однозначное соответствие поставлены определенные для него данные специализированной базы данных ГИС.

Растровые ГИС хорошо подходят для геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне от региона до хозяйства, поскольку они позволяют: (а) легко визуализировать на картах табличную информацию из связанных с ними баз данных; (б) проводить логические (если ..., то ...) и алгебраические действия (сложение, вычитание, ...) различных тематических слоев карт (например, почв и крутизны склона), часто имеющих различную пространственную организацию (несовпадение границ исходных картографических выделов) – с формированием новых тематических слоев оценочной или технологической информации.

Векторные ГИС основаны на точечном (а не сеточном) представлении информации. В виде ее элементарных пространственных носителей выступают точки, линии и полигоны (или участки). Каждая точка обладает «точными» координатами (их точность определяется качеством исходной карты и компьютера). Точки объединяются в линии. Замкнутые линии образуют полигоны. В результате легко и с большой точностью определяется площадные и линейные измерения, что может использоваться в векторных пакетах геоин-

формационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия – для уточнения реальных площадей распространения агроэкологических групп земель, полей (рабочих участков и севооборотов), планируемых объемов применения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, валового сбора урожая, общих и дифференцированных затрат на его получение, рационального размещения лесополос, полевой дорожной сети и объектов производственной инфраструктуры хозяйства.

Мировой опыт использования геоинформационных систем (ГИС) для целей учета и оценки земель имеет уже сорокалетнюю историю. Первым примером эффективного использования ГИС для ведения практического учета земель принято считать (152) земельную информационную систему штата Миннесота, созданную в середине шестидесятых годов прошлого века. Система была растровой, с большим размером раstra (около 0,16 км²), но убедительно показала свою эффективность при решении практических вопросов учета и анализа земель штата.

В это же время были начаты активные работы по формированию национальных компьютерных баз данных и геоинформационных систем земельного кадастра в Австрии, Англии, Швеции, Национальном институте географии во Франции и Национальном картографическом агентстве Германии. В настоящее время все экономически развитые страны и большинство ориентированных на эффективное сельскохозяйственное производство развивающихся стран и стран переходного типа экономики имеют хорошо развитые национальные геоинформационные системы земельных ресурсов, выполненные, как минимум, в мелком и, часто, даже в среднем масштабе (247, 278). Как правило, они успешно решают не только традиционные землеоценочные вопросы систематизированного учета земель, но и современные задачи их функционально-целевой и комплексной агроэкологической оценки – в соответствии с перечнем первоочередных задач, стоящих перед каждым государством.

В конце семидесятых годов стали активно развиваться крупные международные геоинформационные проекты в области почвоведения, экологии и земельных ресурсов. Среди них особое место занимают: «Мировая база данных для наук об окружающей среде» (WDDDES), «Глобальная информационно-ресурсная база данных GRID» (265,266) и «Пространственно-координированная информация по окружающей среде стран ЕС» (CORINE – 289,290).

Отдельно следует отметить многолетнюю деятельность ФАО по созданию и развитию рамочных методических руководств, международных баз данных и ГИС в области сельскохозяйственного землепользования, агроэкологического районирования и оценки земель (247,267,275).

В условиях быстрого нарастания информатизации и глобализации сельскохозяйственного производства ясно выражена общая мировая тенденция к повышению уровня методологической универсализации, технологической

унификации и функциональной детализации создаваемого информационно-аналитического обеспечения для агроэкологической оценки земель различного территориального уровня. Высокое пространственно-временное варьирование качества земель и задач землепользования способствовали формированию рамочных концепций агроэкологической оценки земель: с последовательной детализацией алгоритмов, нормативной базы и технологии оценки – по мере конкретизации ее задач и объектов с федерального на региональный, районный и хозяйственный уровень (259,260,269,277,289,292,296).

В соответствие с базовым пониманием качества земель как «их комплексной характеристики, которая определенным образом влияет на возможность (и уровень) выполнения ими конкретной функции их использования (259,276), большинство современных систем агроэкологической оценки земель нацелены на количественный анализ возможности выполнения ими своих основных агроэкологических функций (293,295,297).

Перечень даже наиболее часто рассматриваемых агроэкологических функций земель довольно велик и включает в себя функции различной степени детализации. С одной стороны, в него входят наиболее комплексные функции плодородия-продуктивности земель (66,128,276,293), с другой стороны – очень широкий спектр отдельных агрофизических (спелость для обработки, условия проходимости), гидрофизических (запас продуктивной влаги, формирование верховодки) и санитарно-экологических функций (связывания или разложения конкретного загрязнителя) (2,31,58,283,302,304). При их анализе используются различные методический и инструментальный и в различной мере специализированные тематические и/или районированные стандарты данных (частных почвенных или земельных характеристик и их оценок).

По мере детализации оцениваемых функций все большее значение приобретают провинциально-генетическое разнообразие почв, своеобразие конкретного агроландшафта, эколого-географическое положение и эколого-функциональное состояние земель – степень отклонения их устойчивых и лабильных характеристик от своих оптимальных (контрольных, или целинных) значений для рассматриваемой агроэкологической функции (78,91,117,128,250,279,303).

Наилучшие условия для практического использования результатов агроэкологической оценки земель экспертами и специалистами исполнительных, законодательных органов власти и различных структур землепользования достигаются при доведении ее до состояния аналитической информационной или геоинформационной системы, обладающей возможностями нормативного прогнозирования и настройки на меняющиеся характеристики и целевые функции анализа объекта оценки (20,78,81,248,251,286).

Агроэкологическая оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования обычно строится на основе «рамочных рекомендаций» ФАО

(256,259,260,276,294,295,297,302). Информационную основу такой оценки составляет систематизированная в специализированных базах данных исходная расчетная информация:

- а) агроэкологические требования районированных культур и сортов;
- б) методические разработки по количественному анализу влияния основных лимитирующих факторов на производственный процесс и урожайность;
- в) районированные технологические карты по основным сельскохозяйственным культурам – с выделением обязательных и факультативных операций, ранжированием гибких элементов агротехнологии;
- г) рациональная (минимально-достаточная) система нормативов производственных затрат, цен на основные статьи расхода и готовую продукцию.

В систему автоматизированного анализа агроэкологического качества земель частично или полностью входят следующие информационно-аналитические процедуры:

- проверка на абсолютные ограничения – возможность или невозможность применения рассматриваемого варианта землепользования в условиях конкретного участка;
- качественная или количественная оценка прямых и косвенных, положительных и отрицательных результатов землепользования - например, урожай и затраты на последующую реабилитацию, соответственно;
- прогноз вероятного недобора урожая или недостаточного уровня выполнения другой анализируемой агроэкологической функции - согласно применяемому набору критериев и алгоритмов оценки;
- расчет, с различным уровнем детальности, планируемых технологических затрат - прямых, косвенных, стабильных, варьирующих;
- сравнительный анализ показателей экономической эффективности разных вариантов землепользования - с учетом или без учета кредитной ставки.

При автоматизированной оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования обычно применяются алгоритмы дерева решений, мультипликативной оценки и/или жесткого ограничения (66,90,117,294,295,297,300). Поэтапный количественный анализ завершается ранговым отнесением земельного участка к одному из трех-пяти классов соответствия данному варианту землепользования или сравнительным анализом эффективности использования одного (нескольких) участков земель под несколько (один) вариантов их использования (20,293).

При агроэкологической типизации земель на уровне хозяйства и функционально-целевом микрозонировании землепользования особое внимание уделяется степени внутривоспольного варьирования плодородия почв, тепловому и влажностному режиму земель, их зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа (67,70,78,204,205,250,285,305).

Для количественной оценки агроэкологических рисков сельскохозяйственного землепользования используются адаптированные к условиям конкретного агроландшафта компьютерные модели продукционного процесса (62,190,191,263,299). Количественная оценка экологических рисков загрязнения получается с помощью адаптированных к местным условиям педодинамических моделей миграции и трансформации растворов (293,301,304). Применение динамических моделей позволяет имитировать дискретно-непрерывный характер природных явлений, с выявлением «критических точек» нарушения непрерывности (например, иссушение почвы до уровня неподвижной влаги). С их помощью проводятся оценочные расчеты основных составляющих балансовых моделей – учитывая процессы перемещения и трансформации веществ в почве и экосистеме (вода, углерод, азот, соли, пестициды и т.п.).

Различного рода модели и автоматизированные системы оценки агроэкологического качества почв и земель, динамического моделирования их основных агроэкологических, гидрофизических и геохимических функций находят все более широкое применение. В последние годы их число удваивается примерно каждые пять лет, и очень остро стоят вопросы пространственно-временной и функционально-целевой верификации различных моделей – для их адаптации и использования в новых условиях и объектах (62,250,251,301).

Для лучшей ориентации в большом множестве разрабатываемых и используемых моделей агроэкологической оценки почв и земель Д. Росситером (293) была предложена их рабочая систематика – с многофакторной координацией моделей по 11 основным признакам (табл. 7.1). В последние годы отмечается повышенное внимание к разработке динамических моделей оценки, учитывающих пространственное варьирование земель и нацеленных на количественный анализ основных диагностических параметров оценки. На их основе формируются автоматизированные системы агроэкологической оценки земель открытого типа – с возможностью настройки их на условия конкретного объекта для создания региональных и локальных информационно-справочных и геоинформационных систем агроэкологического состояния земель анализируемого хозяйства, района или региона.

Анализ разработанных в разных странах и для различных уровней анализа автоматизированных систем агроэкологической оценки земель позволяет говорить о следующих основных тенденциях их современного развития:

- а) повышение роли базовых почвенных и ландшафтных характеристик;
- б) учет влияния провинциально-генетического разнообразия почв и земель;
- в) активное использование функциональных моделей с количественным описанием основных закономерностей поведения агроэкологических функций;

- г) широкое применение геостатистически обоснованных трансферных функций, оперативно рассчитывающих значения трудно определяемых переменных по массово или легко определяемым данным;
- д) универсализацию основных применяемых алгоритмов анализа данных;
- е) построение гибких систем анализа с элементами самонастройки используемых алгоритмов на различных этапах оценки;
- ж) применение современных программных средств визуализации данных и диалогового режима работы информационно-аналитических модулей;
- з) совместное использование автоматизированных систем оценки, пространственно-организованных баз данных и базовых ГИС (рис. 7.1);
- и) внедрение информационно-аналитических модулей агроэкологической оценки земель в специализированные системы производственного мониторинга земель, автоматизированного проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, экономической оптимизации сельскохозяйственного производства на уровне отдельного хозяйства или целого региона.

7.1. Рабочая систематика моделей оценки земель и землепользования (согласно (272,293))

Критерии (оси координации)	Характер ранжирования	Число рангов
1. Пространственное варьирование объектов анализа (оценки)	существенно – не существенно (для данной оценки)	2
2. Основная концепция временной организации базы данных исходных характеристик почв	статическая – динамическая (база данных)	2
3. Базовая временная концепция оценки пригодности земель	статическая – динамическая (оценка)	2
4. Принципиальный алгоритм оценки (использование частных оценок функционального качества земель)	использование – не использование (частных оценок функционального качества земель)	2
5. Определение пригодности земель варианту использования	классы пригодности (согласно физическим и экономическим критериям оценки)	до 6
6. Степень однородности объекта анализа (земельного участка)	однородный – сложный (земельный участок)	2
7. Масштаб объекта оценки	крупный – мелкий (масштаб)	непр.*
8. Число объектов оценки	один – несколько (объектов оценки)	2
9. Детальность расчетов	качественные – количественные (оценки)	непр.*
10. Детальность описания	механистические – функциональные (модели анализа)	непр.*
11. Структурно-функциональная иерархия объекта оценки	педон - регион	непр.*

* - непрерывный (континуальный) ряд параметров координации по данной оси.

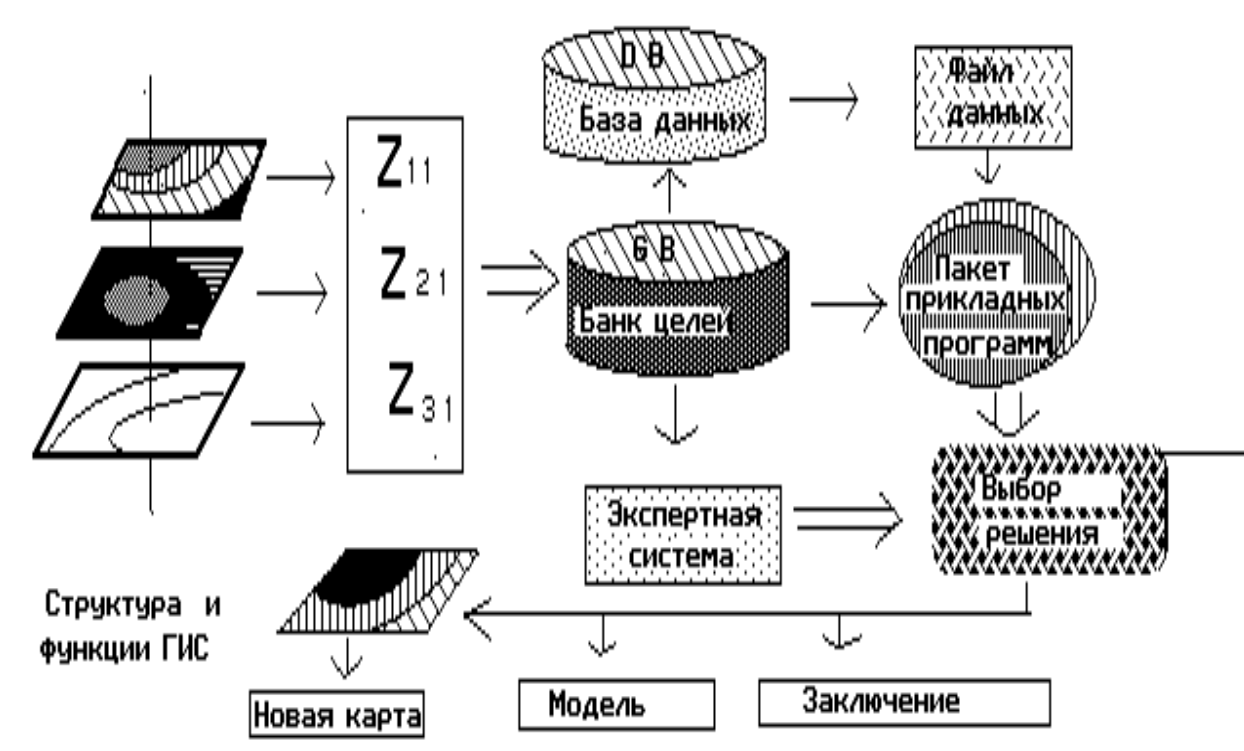


Рис.7.1 Структурно-функциональная схема базовой ГИС

В соответствии со спектром решаемых землеоценочных задач, методами и информационным обеспечением их решения, традиционно выделяются федеральный, региональный и локальный уровни агроэкологической оценки земель.

7.2. Федеральный уровень агроэкологической оценки земель

На федеральном уровне агроэкологической оценки земель решаются принципиальные методологические и технологические вопросы оценки:

- 1) функционально-целевое структурирование рамочной системы оценки;
- 2) введение общепринятой системы пространственно-временной организации и классификации агроландшафтов;
- 3) разработка базовых критериев, факторов и основных диагностических параметров оценки (ОДПО);
- 4) формирование единых правил качественного и количественного ранжирования ОДПО, базового перечня применяемых классификационных схем;

5) формирование единой рамочной системы метролого-аналитического и информационно-методического обеспечения оценки;

6) создание рамочных баз исходных и нормативных данных, основных алгоритмов анализа, интегрирования и интерпретации информации;

7) разработка типовых форм исходной и нормативной информации, основных информационно-аналитических модулей и результатов анализа;

8) определение перечня используемых платформ совместимого между собой базового и специализированного программного обеспечения.

Принципиальная методология и структурно-функциональная организация оценки базируются на современных ландшафтно-экологических подходах агроэкологической дифференциации территории для рационального размещения сельскохозяйственного производства в целом, и формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в частности. Они подробно изложены в предыдущих разделах пособия, создавая логически выдержанный методический каркас, подлежащий поэтапной детализации и настройке на решение частных задач реальной агроэкологической оценки земель с точки зрения их пригодности для выращивания конкретных культур (сортов), применения дифференцированных по уровню материально-технического обеспечения агротехнологий, различных видов техники и агрохимикатов.

Исходную информационно-методическую (и картографическую) основу федерального уровня агроэкологической оценки земель составляют существующая система природно-сельскохозяйственного районирования и обзорные карты почвенно-экологического, почвенно-эрозионного, почвенно-мелиоративного и т.п. районирования, подготовленные в последние годы для крупных региональных территорий, Европейской и Азиатской части России.

Часть из них уже имеется в электронном виде, другие – сравнительно легко поддаются компьютерной оцифровке, что облегчает формирование на их основе гибкой геоинформационной системы многоцелевого агроэкологического районирования сельскохозяйственной территории страны под основные виды (и в перспективе – сорта) сельскохозяйственных культур – с количественной оценкой их продукционного потенциала, агротехнологических условий возделывания, существующей инфраструктуры производства и условий реализации продукции.

Повышенная актуальность разработки специализированного геоинформационного обеспечения для федерального уровня агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель обусловлена высокой динамикой текущей структуры их использования, функционального качества и экологического состояния сельскохозяйственных и маргинальных земель, быстрым обновлением современной селекционно-сортовой, материально-технической и технологической базы сельскохозяйственного производства, рыночного спроса и научно-информационного обеспечения АПК.

В большинстве экономически развитых стран и многих развивающихся странах подобные работы имеют централизованное государственное финансирование, являясь базовым элементом грамотной сельскохозяйственной политики и государственного регулирования сельского хозяйства. С предстоящим вступлением России в состав ВТО, подобная организация геоинформационного обеспечения федерального уровня агроэкологической оценки земель становится обязательным условием устойчивого функционирования ее основных сельскохозяйственных отраслей и территорий.

За прошедшие десятилетия был накоплен значительный методический и исходный информационный материал для практической реализации современных подходов к функционально-целевой агроэкологической оценке земель на федеральном уровне и ее геоинформационному обеспечению.

В 1994 году был создан Почвенно-экологический атлас России, включивший 16 карт разного масштаба и содержания: карты районирований (почвенно-географического, природно-сельскохозяйственного, лесорастительного и др.), биопродуктивности (фитомасса, мортмасса, продукция), растительности, почв, агроклимата и пр. Каждая из них имеет несколько слоев, сопряженных с соответствующими федеральными базами данных (184). В настоящее время оцифрованы Ландшафтная карта и Почвенная карта страны в масштабе 1:2 500 000. Вместе с Атласом они образуют постоянно развивающуюся ГИС природных ресурсов России (183). Специализированные федеральные ГИС, непосредственно связанные с анализом агроэкологического состояния земельных ресурсов России, развиваются в Министерстве природных ресурсов и Министерстве сельского хозяйства страны.

С использованием автоматизированных систем на основе ГИС проводится государственный земельный кадастр (ГЗК) России. В качестве ГИС-инструментария для земельного кадастра использовались западные (ArcInfo, MapInfo, Intergraph, AutoCAD) и отечественные пакеты (Панорама, Geo Draw/GeoGraph, ObjectLand – «Основы геоинформатики», 2004). Принятие целевой федеральной программы «Создание автоматизированных систем ведения государственного земельного кадастра Российской Федерации (АС ГЗК)» способствовало ускоренной разработке специализированных программных средств для автоматизированного ведения государственного кадастрового учета земельных участков как объекта права и налогообложения. В настоящее время в АС ГЗК используются такие ГИС, как MapInfo, ObjectLand, Геополис, GeoMedia, SICAD/SD.

Применение современных ГИС-технологий в землеустройстве дает возможность использовать для ввода и обновления сведений в базах данных ГЗК высокотехнологичные электронные средства геодезии и глобальные системы позиционирования (ГСП), а значит постоянно иметь точную и свежую информацию о текущем землеустройстве территории.

Для оперативного решения кадастровых задач на больших территориях можно использовать технологии фотограмметрической обработки данных

дистанционного зондирования (ДДЗ) с определением размеров, формы и пространственного положения различных земельных и инфраструктурных объектов по результатам измерения их изображений. Их использование в рамках специализированных земельных ГИС помогает решению широкого спектра задач, непосредственно связанных с агроэкологической оценкой земель и проектированием адаптивно-ландшафтных систем земледелия:

- созданию тематических карт разного масштаба для целей районирования и землеустроительного проектирования;
- построению цифровых моделей рельефа и основанных на них карт основных типов и форм рельефа;
- инвентаризации земель и системы землеустройства разного уровня;
- мониторингу агроэкологического состояния земель и оценке ущерба;
- оперативному составлению и обновлению планов землеустройства и качественных почвенно-ландшафтных карт;
- оперативной поддержке тематических баз данных земельных ГИС;
- прогнозу урожайности и проблемных агроэкологических ситуаций.

Вместе с тем, в современной технологии ведения ГЗК земельные геоинформационные системы используются главным образом только для ведения кадастровой карты и, как правило, не используются для решения практических задач агроэкологической оценки, районирования и мониторинга земель. На сегодняшний день в России еще не функционирует стройная автоматизированная система ведения ГЗК на всех уровнях кадастрового учета. Единые автоматизированные системы ведения ГЗК на уровне федерального округа и страны в целом еще находятся на стадии проектирования.

Геоинформационную основу федерального уровня агроэкологической оценки земель и агроэкологического районирования (необходимых для решения задач адаптивно-ландшафтного земледелия) составляют: существующая система природно-сельскохозяйственного районирования и оцифрованные почвенная и ландшафтная карты страны масштаба 1:2 500 000.

Для европейской территории страны каркасной основой агроэкологического районирования может служить детально проработанная «Карта почвенно-экологического районирования Восточно-европейской равнины» (масштаба 1:2 500 000), изданная в МГУ в 1997 г. под редакцией академика Г.В. Добровольского и профессора И.С. Урусевской (69). Она отражает иерархическую организацию агроландшафта на уровнях от географического пояса до зональной (подзональной) почвенно-биоклиматической провинции, почвенно-литогеооморфологического округа и почвенного района – тем самым, обеспечивая исходной информацией основные уровни природной классификации равнинных ландшафтов, представленные в данном пособии.

Высокая информационная насыщенность разноуровневых географических выделов почвенно-экологического районирования (основные пара-

метры агроклимата на уровне провинций, основные типы рельефа, почвообразующих пород, структура землепользования и средневзвешенные бонитеты почв на уровне округов, доминирующие структуры почвенного покрова на уровне районов) позволяет говорить о хорошей естественнонаучной основе для проведения федерального агроэкологического районирования как геоинформационной основы адаптивно-ландшафтного земледелия России.

7.3. Региональный уровень агроэкологической оценки земель

На региональном уровне агроэкологической оценки земель решаются следующие научно-методические и геоинформационные задачи:

- 1) разработка, верификация и поэтапная детализация региональных систем агроэкологической систематизации земель – на основе уточненного природно-сельскохозяйственного (агроэкологического) районирования территории субъектов Российской Федерации;
- 2) составление региональных регистров паспортизированных и пространственно координированных (с указанием основных ареалов распространения) агроэкологических групп и видов земель;
- 3) создание среднемасштабных (1:100 000 или 200 000) электронных карт и картосхем агроэкологической группировки земель региона;
- 4) формирование региональных баз данных основных диагностических параметров оценки (ОДПО) агроэкологического состояния земель;
- 5) создание региональных электронных атласов агроэкологического состояния земель – структурированных по основным лимитирующим факторам адаптивно-ландшафтного земледелия;
- 6) формирование региональных систем районированных нормативов агроэкологической оценки земель для задач адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий;
- 7) разработка и адаптация к условиям и задачам региона специализированного программного обеспечения для решения типовых задач агроэкологической оценки, прогнозирования и моделирования функционального качества и экологического состояния основных агроэкологических групп и видов земель в наиболее распространенных условиях землепользования.

Вся доступная землеоценочная информация поэтапно интегрируется в единую региональную агрогеоинформационную систему агроэкологической оценки земель (РАГИС АЗ). Ее геоинформационную основу составляют сопряженные с соответствующими базами данных тематические пакеты следящих электронных карт и картосхем:

а) базовых топографических слоев (изолиний рельефа, водотоков, дорожной, жилищной и производственной инфраструктуры – отражаемой в масштабе 1:100 000 или 1:200 000);

б) базового землеустройства с выделением основных категорий законодательно закрепленного землепользования и крупных землепользователей – с площадью землепользования более 1000 га;

в) преобладающих типов мезорельефа и видов микрорельефа – с количественным (полуколичественным) ранжированием их показателей по влиянию на агроэкологическое качество земель и указанием ареалов распространения проблемных геоморфологических ситуаций (оползни, мочары ...);

г) почвообразующих пород – с указанием ареалов преобладания основных типов почвообразующих пород, глубины залегания подстилающих пород и процентного участия неплодородных почвообразующих пород, оказывающих серьезное влияние на агроэкологическое качество почв и земель;

д) агроклимата – с районированием территории по среднегодовому количеству осадков, сумме активных температур, длительности вегетационного периода основных выращиваемых культур, агроклиматическим рискам растениеводства и степени неоднородности микроклимата;

е) структуры почвенного покрова – с выделением основных мезо- и микрокомбинаций почвенного покрова и указанием преобладающих соотношений между их компонентами;

ж) основных ресурсных факторов агроэкологического состояния почв в условиях данного региона – включая среднегодовые запасы продуктивной влаги, текущее содержание и запасы гумуса и доступных форм питательных макро- и микроэлементов, районирование территории по основным почвенно-гидрофизическим и почвенно-агрохимическим группам земель;

з) лимитирующих факторов агроэкологического состояния земель в условиях данного региона – включая эрозию, агрофизическую и агрохимическую деградацию почв, проблемы фитосанитарного состояния земель, основные виды загрязнения и техногенной деградации земель, риски сезонного иссушения, вымокания посевов, переуплотнения и т.п.

Подобные региональные агрогеоинформационные системы агроэкологической оценки земель являются основой для разработки и функционирования специализированных РАГИС по формированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Формирование РАГИС АЗ опирается на уже существующие или параллельно создаваемые тематические геоинформационные и информационно-справочные системы (ГИС, ИСС) с районированными нормативами агроэкологической оценки, агрохимической и агрофизической характеристикой почв, агроэкологическими требованиями характерных для региона сельскохозяйственных культур и агротехнологий. В настоящее время накоплен зна-

чительный опыт формирования подобных геоинформационных, информационно-справочных и аналитических систем для условий целого ряда крупных сельскохозяйственных регионов России.

Основные задачи РАГИС АЗ определяются рассмотренными выше принципами построения агроэкологической оценки земель, предложенным набором основных диагностических параметров оценки (ОДПО), базовыми критериями, шкалами и алгоритмами частной и функционально-факторной агроэкологической оценки (по каждому из включенных в систему ОДПО и обобщающих функциональных факторов оценки – ОФФО), принятыми в системе правилами фильтрации, обобщения и интерпретации информации, заданным уровнем жесткости-гибкости структурирования и описания анализируемых объектов, решаемых аналитических и экспертных задач, степенью подготовленности и правами доступа к базовым элементам системы повседневно работающих с ней специалистов и их требованиями к сервисным возможностям, наглядности работы и получаемых результатов.

В соответствии с заданными (в п. 2.1 данного Руководства) требованиями количественной идентификации, сопоставления, агроэкологического анализа и интерпретации агрономически наиболее значимых параметров произвольно выбираемых участков и групп участков земель (в соответствии с агроэкологическими требованиями основных сельскохозяйственных культур и агротехнологий) в созданных для решения конкретных оценочных задач и/или настроенных на условия конкретного региона РАГИС АЗ последовательно решаются следующие основные задачи:

- 1) Однозначная идентификация объекта анализа в принятой в данной РАГИС АЗ системе адресной и функционально-аналитической координации;
- 2) Ввод (вручную или из готовой базы данных) исходной информации;
- 3) Последовательное решение выбранных для анализа оценочных задач – с уточнением (или выбором), по мере необходимости, набора оптимальных для данной ситуации анализа диагностических параметров, шкал, эталонов и/или алгоритмов их анализа;
- 4) Визуализация (на экране монитора или в виде распечатки) табличных и/или графических результатов анализа;
- 5) Стирание, сохранение, редакция, обобщение, экспорт или дальнейшая обработка полученных материалов.

По мере детализации агроэкологической оценки земель и повышения эффективности разрабатываемых на ее основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия все большее значение приобретает адекватный поставленным задачам оценки анализ своеобразия конкретного агроландшафта, провинциально-генетических особенностей его основных почв, агроэкологических качеств рельефа, микроклимата, фитосанитарного состояния и функционально-экологического состояния земель.

Информационно-аналитические модули РАГИС АЗ включают в себя:

(А) специализированные базы данных (БД) текущей (оцениваемой) и нормативно-справочной информации (используемой в процессе оценки или интерпретации ее результатов);

(Б) базы знаний (БЗ), представляющие собой совокупность в различной степени формализованных правил, процедур и алгоритмов анализа, трансформации и интерпретации исходной информации по объекту анализа;

(В) систему управления базами данных (СУБД), обеспечивающую ввод, экспорт, импорт, выбор по запросу, визуализацию и обработку информации – согласно заданной в БЗ системе правил, процедур и алгоритмов анализа.

Для построения региональных автоматизированных систем агроэкологической оценки земель, как правило, применяются универсальные программные платформы создания производных структурированных баз данных и специализированных СУБД (MAMPS, Delphi, 1С). Их использование значительно упрощает и ускоряет процесс формирования информационно-аналитических модулей РАГИС АЗ, облегчает широкое использование в них современных средств визуализации данных и процедур анализа, позволяет создавать интерактивные системы с интерфейсом, максимально понятным и удобным для широкого круга пользователей без специальной подготовки по информатике и оценке земель.

Автоматизированные системы агроэкологической оценки количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования предусматривают 3-этапную процедуру настройки системы к условиям конкретного региона: 1) формирование перечня основных диагностических показателей оценки – ОДПО; 2) системный анализ агроэкологических требований основных выращиваемых культур (подразумевая и условия их возделывания); 3) приведение в соответствие шкал, нормативов и алгоритмов оценки ОДПО агроэкологическим требованиям выращиваемых культур и агротехнологий (276, 292, 295).

Типичная структура такой оценки приведена на рисунке 7.2 и состоит из следующих основных процедур: а) выбор объекта оценки; б) ввод значений первичных характеристик выбранного участка земли (элементарный ареал агроландшафта, элементарный рабочий участок); в-г) частная и функционально-факторная оценки первичных характеристик с переходом от них к оценке основных составляющих функционального качества земель (плодородие, условия обработки, уровень загрязнения и т.п.); д) интегральная оценка сложных объектов – на основе анализа результатов оценки их составных элементов; е) визуализация результатов оценки в виде специально разрабатываемых форм-отчетов, графиков или картосхем.

Первая задача, с которой сталкивается любой разработчик и пользователь РАГИС АЗ, состоит в однозначной идентификации объекта(ов) анализа в системе их координации, принятой в данной системе оценки. Как правило, она включает в себя четыре принципиальные составляющие:

- а) почвенно- и/или ландшафтно-географическая координация объектов;
- б) административно-хозяйственная организация территории (район, хозяйство, отделение и/или бригада);
- в) структурно-иерархическая организация объекта (простой, сложный, состав и краткая характеристика базовых элементов);
- г) функциональная дифференциация решаемых оценочных задач (определение перечня включенных в конкретный анализ оценочных задач).



Рис.7.2. Принципиальная блок-схема РАГИС АЗ на примере сформированной для Курской области модели РАСКАЗ (20)

Почвенно- и/или ландшафтно-географическая координация объектов оценки обеспечивает корректное сопоставление текущих данных по объек-

ту оценки с соответствующими нормативными данными и шкалами оценки. Последние, как показано в предыдущих разделах Руководства, имеют очевидную провинциально-генетическую, литолого-геоморфологическую и агрогенно-хозяйственную дифференциацию и, в идеале, должны быть районированы в соответствии с системой агроэкологического районирования соответствующего природного или административного региона.

Точная идентификация объекта анализа в подсистеме административно-хозяйственной организации территории позволяет автоматически воспроизводить его точную административно-хозяйственную привязку на всех выходных формах анализа и формировать соответствующие записи в агроэкологических паспортах и специализированных базах данных (если они были заведены). Кроме того, часто она является наиболее удобным «ключом» к определению точного почвенно- и ландшафтно-географического адреса объекта – при формировании в базе знаний редактируемой системы правил соответствия административно-хозяйственных территориальных единиц элементарным выделам агроэкологического районирования. В таком случае, выбор произвольного объекта анализа в настроенной на конкретный регион РАГИС АЗ предусматривает автоматическое определение его основных агроэкологических (почвенно-географических, ландшафтных, агроклиматических и т.п.) координат.

Идентификация структурно-иерархической организации объекта анализа автоматически выбирает или сужает исходную базу выбора используемого при его анализе набора алгоритмов. Окончательное определение набора включенных в конкретный анализ алгоритмов оценки происходит при выборе в системе раскрывающихся меню перечня решаемых (комплексных или автономных) оценочных задач, включенных в их решение факторов оценки и основных диагностических показателей оценки этих факторов.

Ввод исходной информации для проведения агроэкологической оценки земель идентифицированного объекта анализа может выполняться как вручную (с клавиатуры – рис.7.3), так и посредством автоматического выборочного считывания информации по объекту исследования из заранее созданной региональной базы данных или файла данных стандартного вида.

В ряде случаев, приходится предусмотреть дополнительную процедуру перевода удобной для ввода размерности основных диагностических параметров оценки (ОДПО) в производную размерность, соответствующую требованиям используемого алгоритма анализа. Например, площади переводятся из га в %, содержания элементов питания – из мг на 100 г в мг на кг, из одной формы экстрагирования в другую и т.д.

Последовательное решение оценочных задач, выбранных для анализа агроэкологического качества земель ранее идентифицированного объекта анализа предусматривает поэтапное (интерактивное или полностью автоматизированное – на основе правил из базы знаний) уточнение (или выбор), по мере необходимости, набора оптимальных для данной ситуации анализа диа-

гностических параметров, шкал, эталонов и/или алгоритмов их анализа – из всей совокупности рассмотренных во 2-м разделе Руководства основных диагностических параметров оценки, шкал, нормативов и алгоритмов оценки.

Прежде всего, решается задача выбора наиболее значимых (лимитирующих) функциональных факторов и диагностических параметров агроэкологической оценки – в соответствии с агроэкологическими особенностями оцениваемых земель и выбранными для анализа целевыми функциями оценки (плодородие, выбор оптимальных земель для конкретной культуры или агротехнологии). Как правило, она решается интерактивно: пользователь выбирает факторы оценки и оцениваемые параметры из системы раскрывающихся в соответствующих разделах РАГИС АЗ списков/меню (рис. 7.4.).

Бланк ввода текущих значений почвенных характеристик

1. Область: Курская 2. Район: Львовский
 3. Хозяйство: Нива 4. Поле: 2 (30)
 5. Дата: 15.08.1996 6. Контуров: 2

7. Площадь участка: 1,5 9. Площадь средне эрод. почв: 0,3
 8. Площадь слабо эрод. почв: 0,1 10. Площадь сильно эрод. почв: 1,1

№	Параметр:	Ед.изм.	Контур № 1	Контур № 2
	Площадь:	га	70	80
	Длина границ:	км	8	4,2
	Тип почвы:		серые лесные супесчаные	серые лесные супесчаные
1.	pH	ед.	5,6	6,2
2.	P подвижный	мг/кг	84	263
3.	K обменный	мг/кг	113	66
4.	N щёлочно-гидролизуемый	мг/кг	87	56
5.	Mn подвижный	мг/кг	47	6
6.	Zn подвижный	мг/кг	2,93	2,75
7.	Cu подвижный	мг/кг	1,4	2,1
8.	Физическая глина	%	14	15
9.	Сумма агрегатов	%	36	36
10.	Плотность сложения	г/см³	1,6	1,6
11.	Целлюлозолит. актив-ть	%	-	-
12.	Физический песок	%	86	85
13.	Каменистость	м³/га	0	0
14.	Обменные основания	мэкв/кг	25	64
15.	Гидролитич. кислотн.	мэкв/кг	34	8
16.	Na обменный	%	-	-

Создать Изменить Сохранить Удалить Отмена Закрыть

Рис.7.3. Пример бланка ввода текущих значений почвенных характеристик для агроэкологической оценки земель

Опытный эксперт выполняет эту операцию достаточно быстро и эффективно. В помощь менее опытному пользователю разрабатываются районированные сценарии агроэкологической оценки, когда анализируемый набор функциональных факторов и диагностических параметров оценки вы-

бирается при прохождении пользователя через иерархическую систему вопросов с выбором стандартных или количественных ответов – в соответствии со специальным набором правил из подготовленной для этого базы знаний.

№	Параметр	Группа А	Группа В	Группа С	Группа D	Группа Е	Группа F
1.	рН	0	0	1	0	0	0
2.	Р подвижный	1	0	1	0	0	0
3.	К обменный	1	0	1	0	0	0
4.	N щёлочно-гидролизуемый	1	0	1	0	0	0
5.	Mn подвижный	1	0	0	0	0	0
6.	Zn подвижный	1	0	1	0	0	0
7.	Сu подвижный	1	0	1	0	0	0
8.	Физическая глина	1	0	1	0	0	0
9.	Сумма агрегатов	0	1	1	0	0	0
10.	Плотность сложения	0	1	1	0	0	0
11.	Целлюлозолит. актив-ть	0	1	1	0	0	0
12.	Физический песок	0	1	1	0	0	0
13.	Каменистость	0	1	1	0	0	0
14.	Обменные основания	0	1	1	0	0	0
15.	Гидролитич.кислотн.	0	0	1	1	0	0

☒ Группа А:
☒ Группа В:
☒ Группа С:
☒ Группа D:

☒ Группа Е:
☒ Группа F:

Изменить Сохранить Закрыть

Рис.7.4. Пример бланка интерактивного выбора функциональных факторов и диагностических параметров для агроэкологической оценки земель в РАГИС АЗ

Первоочередное влияние на эффективность работы РАГИС АЗ оказывают пять следующих принципиальных элементов оценки:

- целевое определение набора анализируемых функциональных (технологических) факторов и основных диагностических параметров оценки (ОДПО) земель – ограниченного рамками поставленной задачи;
- использование для характеристики каждого из факторов обоснованно достаточного, но не избыточного набора реально доступных ОДПО;
- выбор рациональных (достаточно, но не избыточно информативных) шкал квантификации-ранжирования используемых ОДПО;
- разработка эффективного алгоритма анализа модели – с установлением оптимального метода интегрирования и интерпретации результатов;
- принятия во внимание известных закономерностей провинциально-генетического разнообразия почв, пространственного варьирования почвенных характеристик и местных особенностей структуры почвенного покрова – соответствующих масштабу анализа.

Как правило, региональные агрогеоинформационные системы агроэкологической оценки земель предусматривают возможность оперативной

визуализации получаемых результатов оценки в виде тематических или синтетических (получаемых в результате синтеза отдельных тематических карт) электронных картосхем основных факторов и параметров агроэкологического состояния земель (рис. 7.5), что облегчает возможности их оперативной интерпретации для сравнительного анализа и проектирования систем земледелия.



Рис.7.5. Распечатка электронной картосхемы агроэкологической оценки эродированности земель Курской области (Хахулин, Васенёв, 2003)

Применение региональных агрогеоинформационных систем агроэкологической оценки земель позволяет быстро обрабатывать большие и сложно организованные массивы первичных агроэкологических данных, трансформируя их в хорошо упорядоченную и логично интерпретируемую систему сопоставимых агроэкологических оценок. На их основе легко выявляются и количественно ранжируются проблемные агроэкологические ситуации и лимитирующие параметры земель – формируя гибкую информационную основу детального агроэкологического районирования и микрозонирования. Повышенная открытость рамочных систем оценки предусматривает их оперативную настройку для работы с новым регионом или технологией земледелия.

7.4. Локальный уровень агроэкологической оценки земель

На локальном уровне концентрируется информация по агроэкологической оценке земель конкретного сельскохозяйственного предприятия для проектирования в нем адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Для

его условий настраивается необходимая нормативная база – на основе нормативов, принятых для соответствующего природно-сельскохозяйственного (и, по возможности, административного) района, к которому оно относится. При отсутствии готовых районированных нормативов максимально детализируется доступная нормативная информация – по соответствующей подзональной или зональной природно-сельскохозяйственной провинции, с учетом почвенно-агроландшафтных особенностей конкретного хозяйства.

В результате многолетней деятельности институтов системы ГИПрозем и станций агрохимического обслуживания, на всю сельскохозяйственную территорию страны были созданы крупномасштабные почвенные и агрохимические карты нескольких туров обследования. При множестве частных замечаний (по качеству топонимов, детальности и точности картирования, отражению реальной неоднородности структуры почвенного покрова) они, как правило, достаточно адекватно отражают основные особенности крупномасштабной организации почвенного покрова и пространственной дифференциации базовых агрохимических параметров плодородия земель.

Использование этих карт существенно облегчает и удешевляет проведение качественной агроэкологической оценки земель хозяйства для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Поэтому необходимо принять все меры по сохранению и, в перспективе, оцифровке крупномасштабных почвенных и агрохимических карт хозяйств в архивах соответствующих земельных и кадастровых региональных и районных учреждений.

Для эффективного решения задач локального уровня агроэкологической оценки земель используются базовые элементы региональных агрогеоинформационных систем агроэкологической оценки земель (РАГИС АЗ) – после их адаптации и настройки к условиям соответствующего района и, при необходимости, хозяйства.

Используемые в РАГИС АЗ нормативные базы данных шкал и эталонных значений основных диагностических показателей оценки включают компоненты федерального, регионального и локального заполнения. Как правило, все они имеют редактируемый характер, с разным уровнем доступа пользователей к редакции. Использование методов динамического моделирования и анализа педотрансферных функций перспективно, но в настоящий момент ограничено сравнительно небольшим набором гидро- и агрофизических функций, модели которых верифицированы для условий определенного типа земель. Возможные области их применения ограничены информационной базой анализа (набором численных решений моделей и трансферных функций).

Федеральные компоненты включают базовый перечень анализируемых функциональных факторов оценки и ОДПО, алгоритмов их анализа и основных правил рамочной базы знаний для экспертной оценки данных.

Региональные компоненты включают компьютерный агроклиматический справочник, региональные БД агроэкологических требований культур,

районированных агрохимических, агрофизических, экономических и экологических нормативов и коэффициентов, используемых в алгоритмах оценки.

Локальные компоненты формируются посредством уточнения-редакции региональных нормативов и шкал оценки, уточнения набора выращиваемых культур и агроэкологических особенностей анализируемых земель. Агрономически подготовленные пользователи могут использовать для их заполнения и редакции результаты местных полевых опытов и экспериментов и/или результаты сравнительного анализа доступного набора нормативного материала, полученного в близких агроландшафтных условиях.

Верификация и настройка базовых расчетных алгоритмов проводится агрономически и информационно подготовленными пользователями – по согласованию с разработчиками РАГИС АЗ и с учетом агроэкологических особенностей земель региона и района анализа, основного набора выращиваемых культур, их агроэкологических требований и технологий выращивания.

Адаптация к условиям и задачам хозяйства основных форм ввода и вывода информации, местных нормативов и коэффициентов проводится на основе стандартных форм рамочной структуры программы, нормативно-справочных БД с районированной системой нормативов, опроса специалистов, местных особенностей хозяйства и ретроспективного решения основных расчетно-аналитических задач.

Считывание информации из уже готовых баз данных или стандартных файлов предусматривает обязательную или периодически повторяющуюся процедуру проверки правильности однозначного выбора запрашиваемых данных из содержащего их массива. Как правило, в базах знаний для этого создают дополнительные алгоритмы тестирования считываемой информации на ее соответствие характерной для запрашиваемых данных размерности (см. содержания элементов питания на рис. 7.6).

При оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту сельскохозяйственного землепользования (культура, агротехнология) обычно применяются гибко настраиваемые (согласно анализу конкретной ситуации и перечню выбранных из рассмотренных во 2-м разделе факторов и параметров оценки) алгоритмы дерева решений и мультипликативной оценки с элементами жесткого ограничения по лимитирующему фактору (19, 66, 90, 92, 293, 295).

При агроэкологической типизации структур почвенного покрова и функционально-целевом зонировании землепользования особое внимание уделяется степени внутрипольного варьирования почвенного плодородия, тепловому и влажностному режимам почв - в зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа (см. раздел 2.3).

Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель предусматривают оперативное отражение получаемых результатов оценки на экране монитора в стандартных формах отчетов с последующей возможностью их экспорта, стирания или печати – в виде таблиц или диаграмм. Сов-

мещение баз данных с локальными геоинформационными системами анализируемых объектов позволяет получать результаты анализа в виде электронных картосхем и их распечаток, что облегчает работу над последующим проектированием адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Просмотр поля хозяйства

Для просмотра параметров выбрано поле - 01-2-5-2

Год заполнения - 2002 Тип почв - Черноземы типичные
 Степень эродированности - Слабоэродированные Мех. состав - Тяжелосуглинистый

Метрические характеристики поля			Средние параметры почв		
Наименования	Размерн.	Значения	Наименования	Размерн.	Значения
Площадь поля	га	18.7	Кислотность (рН солевой)	рН	5.45
Длина гона	км	0.7	Гидролит. кислотность	мг-экв/100г	4.85
Удаление от склада ГСМ	км	3.25	Содержание гумуса	%	5.53
Удаление от склада урожая	км	1.85	Мощность гум. горизонта	см	70
Удаление от склада удобрений	км	2.35	Содерж. фосфора (по Чирикову)	мг/100г	170
Крутизна склонов	град	4	Содерж. калия (по Чирикову)	мг/100г	155
Плотность сложения	г/куб.см	1.25	Содерж. азота (по Корнафилду)	мг/100г	186
Экспозиция склонов (сев./южн.)	-	южн.	Сумма поглощенных оснований	мг-экв/100г	26.39

Дозы внесения удобрений по годам (за 10 лет)					История поля за 10 лет		
Год\Вид	Орган., т/га	Извес., т/га	Азотные, кг/га	Фосфор., кг/га	Годы	Культура	Урожай, ц/га
2002	0	0	0	0	2002		
2001	0	0	0	0	2001	Горох	20.0
2000	0	0	52.35	0	2000	Озимая пшеница	21.3
1999	0	0	20.9	0			
1998	0	0	0	0			

Если просмотр поля завершен -->

Нажми, заменив параметры поля для текущего расчета

Рис. 7.6. Пример бланка ввода-корректировки текущих значений почвенных характеристик для агроэкологической оценки земель

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ

8.1. Проект АЛСЗ как составная часть проекта внутрихозяйственного землеустройства

8.1.1. Основное содержание проекта внутрихозяйственного землеустройства на эколого-ландшафтной основе

Организация земледелия сопряжена с решением множества задач, связанных с социальными программами, развитием животноводства, переработкой сельскохозяйственной продукции и прежде всего с рациональным экологически безопасным использованием земельных ресурсов. Данная проблема должна разрабатываться на различных территориальных уровнях: в виде генеральной схемы использования земельных ресурсов на уровне страны, схемы использования и охраны земель – на уровне субъекта Федерации, схемы землеустройства – для административного района, проекта внутрихозяйственного землеустройства – для сельскохозяйственных предприятий, рабочих проектов по мелиорации, использованию и охране земель – для конкретных объектов на территории хозяйства.

В стране имеется многолетний опыт землеустроительного проектирования в этой иерархии со всеми его достоинствами и недостатками. С изменением социально-экономической обстановки роль его несколько не снизилась, учитывая преобладание крупных предприятий с разнообразными агроэкологическими условиями и производственно-экономическим потенциалом, но значительно повысились требования в плане экологизации хозяйственной деятельности, дифференциации ее применительно к природным условиям, адаптации к рынку, обоснованности принимаемых решений на альтернативной основе.

Современный проект внутрихозяйственного землеустройства должен включать решение весьма обширного комплекса задач, важнейшими из которых являются следующие.

- Агроэкологическая, социоэкологическая и экономическая оценка земель.
- Обоснование специализации производства, соотношения и структуры сельскохозяйственных угодий.
- Определение организационно-производственной структуры хозяйства, состава, количества и размеров производственных подразделений.
- Обоснование расселения и размещения сельских поселений, установление границ и площадей населенных пунктов.
- Размещение земельных массивов производственных подразделений.
- Ограничения и обременения в использовании земель.
- Размещение производственных центров и хозяйственных дворов с учетом экологических требований.

- Обоснование развития животноводства с учетом природно-ресурсного потенциала, социальных условий и конъюнктуры рынка. Размещение животноводческих ферм.
- Размещение внутрихозяйственных магистральных дорог, мелиоративных, водохозяйственных объектов и других инженерных сооружений.
- Обоснование структуры пашни и севооборотов. Проектирование системы севооборотов, размещение полей и производственных участков, обоснование систем обработки почвы, удобрения, химической мелиорации почв и защиты растений в севооборотах. Размещение защитных лесных полос и кустарниковых кулис. Размещение полевых дорог. Определение агротехнических противоэрозионных мероприятий, простейших гидротехнических противоэрозионных сооружений. Размещение источников полевого влагоснабжения. Устройство территории севооборотов. Паспортизация полей и рабочих участков.
- Обоснование кормопроизводства. Устройство территории пастбищ и сенокосов.
- Обоснование осушительных, оросительных, противоэрозионных мелиораций и агромелиоративных мероприятий.
- Специальные мероприятия по охране земель, вод, атмосферы, животного и растительного мира.

Нет сомнения, что по мере усложнения производства, повышения его наукоемкости этот список будет расширяться в сторону проектирования современных технологий производства продукции растениеводства и животноводства и ее переработки. По сути дела речь идет о разработке в ближайшей перспективе комплексных проектов сельскохозяйственного или агропромышленного производства для сельскохозяйственных предприятий.

Так или иначе в основе таких проектов останется формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на тех позициях, которые рассмотрены в данном Методическом руководстве. Большая часть перечисленных выше позиций, прямо или косвенно влияющих на ведение земледелия, учитывается при проектировании АЛСЗ.

8.1.2. Анализ производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия

На стадии подготовительных и исследовательских работ производится сбор, изучение и систематизация отчетных, проектных, картографических и других материалов, характеризующих социально-экономическое состояние хозяйства, его хозяйственную деятельность, качественное состояние и условия использования земель. Анализ этих материалов выполняется по следующим параметрам.

- Характеристика землепользования (землевладения), его местоположение относительно районного центра, пунктов реализации сельскохозяйственной продукции; наличие населенных пунктов; численность населения, в том числе работоспособного и работающего на сельскохозяйственном предприятии; размеры хозяйства; наличие, размеры и раз-

мещение участков постороннего пользования; состав и структура угодий; режим и условия пользования землей.

- Организационно-производственная структура хозяйства, число, размеры и размещение производственных подразделений; внутрихозяйственная специализация, размещение производственных центров, в том числе животноводческих ферм, структура животноводства.

- Структура посевных площадей и севообороты, размещение полей и производственных участков, площади и состояние защитных лесных насаждений, недостатки устройства территории севооборотов, сокращение посевных площадей и т.д.

- Состояние сенокосно-пастбищных угодий, плодово-ягодных насаждений, мелиорированных земель, лесных насаждений, противоэрозионных насаждений и др.

- Состояние машинно-тракторного парка.

- Оценка эффективности использования земельных ресурсов (выход валовой и товарной продукции, урожайность культур, надой на фуражную корову, привесы животных, объем производства сельскохозяйственной продукции на 100 га пашни и сельскохозяйственных угодий, валовой доход, прибыль, себестоимость продукции, фондо- и трудоемкость, окупаемость затрат на 1 га и др),

- Анализ обеспеченности основными средствами производства и эффективности их использования: анализ структуры основных средств; расчет показателей воспроизводства основных фондов (коэффициент обновления, коэффициент выбытия, коэффициент износа); обеспеченность предприятия основными фондами (фондообеспеченность, энергообеспеченность, фондовооруженность, энерговооруженность); анализ эффективности использования основных средств на предприятии (фондоотдача, фондоемкость).

- Анализ использования трудовых ресурсов и фонда оплаты труда: изучение и оценка обеспеченности предприятия и его структурных подразделений трудовыми ресурсами в целом, а также по категориям и профессиям; определение показателей текучести кадров (коэффициент оборота по приему работников, коэффициент оборота по выбытию, коэффициент текучести кадров, коэффициент постоянства состава персонала предприятия); анализ данных об использовании трудовых ресурсов; оценка производительности труда (производства валовой продукции на среднегодового работника, занятого в сельскохозяйственном производстве с учетом обслуживающего и управленческого персонала; производство валовой продукции на один человеко-день и 1 человеко-час; прямые затраты труда на производство единицы продукции.

- Анализ себестоимости, рентабельности и финансовых результатов.

- Анализ финансового состояния сельскохозяйственного предприятия с целью оценки его платежеспособности, использования капитала, ликвидности активов, прибыльности и др. Горизонтальный анализ бухгалтерского баланса, вертикальный (структурный анализ) бухгалтер-

ского баланса, сравнительный аналитический баланс, анализ финансовой устойчивости, анализ ликвидности, анализ оборачиваемости капитала.

8.1.3. Обоснование специализации производства, соотношения и структуры сельскохозяйственных угодий

Эти категории определяются с одной стороны экологическими условиями хозяйства, а с другой – требованиями рынка и производственным потенциалом товаропроизводителя.

Агроэкологические условия и природно-ресурсный потенциал хозяйства раскрываются материалами почвенно-ландшафтного картографирования и агроэкологической оценки земель.

Потенциальные возможности растениеводства и животноводства определяются исходя из соотношения и природно-хозяйственных характеристик агроэкологических групп земель. Чем выше доля плакорных земель, тем больше степеней свободы в производственной деятельности товаропроизводителя, в частности в отношении набора культур, выбора агротехнологий, повышения уровня их интенсификации, в частности применения зерно-пропашных севооборотов с высоким насыщением пропашными культурами и т. д.

На землях более сложных агроэкологических групп – эрозионных, переувлажненных, солонцовых, литогенных и других с ограниченными возможностями возделывания многих полевых культур без мелиоративного улучшения повышается роль устойчивых кормовых растений и соответственно кормовых севооборотов, пастбищеоборотов, сенокосооборотов.

Пространственная дифференциация систем земледелия в соответствии с агроэкологическими группировками и типами земель включает наряду с созданием наиболее благоприятных условий для получения сельскохозяйственной продукции обеспечение экологической устойчивости ландшафта. Последнее требование является приоритетным в свете природоохранной парадигмы природопользования (экологический императив). Оно должно достигаться такой структурой угодий и размещением ее элементов, чтобы можно было вместе с агротехническими мероприятиями предотвратить чрезмерный поверхностный сток, смыв почвы, ветровую эрозию, развитие просадочных, оползневых явлений, подтопление, заболачивание и т. д.

Современная картина использования земель далеко не соответствует этим требованиям. Издержки декларативного землепользования в советский период и последствия постсоветского аграрного кризиса сплелись в сложный узел противоречий, преодоление которых составит главную задачу проектирования АЛСЗ на данном этапе. Первоочередной вопрос – снижение распаханности сельскохозяйственных земель, достигающей во многих районах страны 80 % и более, вывод из севооборота маргинальных земель. Процесс сокращения пашни получил стихийное развитие во второй половине 90-х годов, он был следствием экономической несостоятельности товаропроизводителей и неадекватной земельной политики. Поэтому наряду с маргинальными землями из пашни выпало много благополучных земель, которые находятся в различных стадиях бурьянистого перелога.

Процесс оптимизации доли пашни в составе сельскохозяйственных угодий не поддается упрощенной формализации и строгому нормированию. Здесь неприемлемы появляющиеся в последние годы рецепты с указанием доли пашни (30, 40, 50 % для разных зон), поскольку ландшафты в каждой зоне чрезвычайно разнообразны и устойчивость их зависит не только от доли пашни в составе угодий, но еще больше от ее инфраструктуры, чередования в пространстве полей севооборотов, участков пастбищ, сенокосов, леса и т. п. В данной связи приобретает значение такое понятие как критические параметры севооборотного массива, в частности, предельно возможная площадь сплошной распашки, при превышении которой существенно возрастает опасность развития дефляции, водной эрозии, обсыхания территории вследствие усиления поверхностного стока и уменьшения грунтового, ослабляется влияние полезной фауны (птиц, энтомофагов и др.). Это относится в основном к лесостепной и степной зонам. Оптимизация структуры угодий в этих зонах будет сопряжена в первую очередь с выводом из пашни большей части маргинальных земель (сильно и среднеэрозионных, сильносолонцовых, литогенных, и др.) в состав естественных сенокосов, пастбищ и других угодий. Это создает определенную мозаичность при снижении общей распаханности территории. Данная задача включает залужение и залесение очагов деградации. Далее следует ориентироваться на восстановление лесов (на месте бывших островных, ленточных и др.), воссоздание их в местах, где особо важна их водоохранная, водорегулирующая и в целом природоохранная роль. Такая стратегия наряду с развитием внутриполевой экологической инфраструктуры (создание водорегулирующих лесных полос, залужение эрозионных ложбин стока, полосное размещение полевых культур и многолетних трав) будет способствовать существенному оздоровлению экологической обстановки и интенсификации земледелия.

Определенная стратегия требуется и в отношении водной составляющей сельхозугодий. Суть ее в упорядочении использования поверхностных вод и разработке нового подхода к регулированию поверхностного стока, использованию и строительству водохранилищ с учетом ландшафтно-геохимических связей во избежание проявлений вторичного гидроморфизма, получивших широкое распространение.

Конкретные решения по структуре угодий будут приниматься также с учетом новой структурной и технологической политики в развитии животноводства.

8.1.4. Определение организационно-производственной структуры хозяйства, состава, количества и размеров производственных подразделений

При размещении подразделений и хозяйственных центров проектирование начинается с обоснования организационно-производственной структуры хозяйства, ее увязки с особенностями землевладения и землепользования, расселения, организации производства и территории. Организационно-производственная структура хозяйства - это такое сочетание внутрихозяйственных производственных подразделений и аппарата управления, которое обеспечивает определенную организацию и управление производством, закрепление и

использование земли, других средств производства и трудовых ресурсов. В настоящее время чаще всего встречаются отраслевая, территориальная и комбинированная структуры.

Отраслевая структура сочетает централизованное управление предприятием с функционированием специализированных подразделений (цехов, бригад, звеньев, ферм, организуемых по отраслям - полеводству, кормопроизводству, овощеводству, садоводству, свиноводству и т.д.). Ее целесообразно применять в хозяйствах, имеющих небольшое по площади, компактное землевладение, один основной населенный пункт, хорошую дорожную связь со всеми земельными массивами, высокий уровень специализации и концентрации производства. Такая структура основана на тесной увязке административного и технологического руководства и дает наибольший эффект на предприятиях, обеспеченных квалифицированными кадрами с высоким уровнем механизации производства. Она характерна для многих овощемолочных, плодово-ягодных, свиноводческих, молочных хозяйств.

Территориальная структура предполагает сочетание центрального аппарата и комплексных производственных подразделений (отделений, производственных участков, комплексных бригад). Как правило, она бывает двух – или трехступенчатой (например, предприятие - комплексное подразделение - специализированная бригада). Аппарат управления предприятием базируется на центральной усадьбе, комплексных производственных подразделений - на усадьбах производственных участков, специализированных бригад - на фермах, полевых станах или в других производственных центрах. Структура такого типа используется в хозяйствах, занимающих обширную территорию, имеющих несколько населенных пунктов, вытянутое землевладение (землепользование) или большие обособленные массивы обрабатываемых земель. Особенно широкое распространение она получила в зерно-скотоводческих и зерновых хозяйствах.

Комбинированная структура сочетает в себе принципы территориальной и отраслевой структуры. Она предусматривает прямое подчинение центральному аппарату управления как комплексных производственных подразделений, так и специализированных бригад (цехов). Ее рекомендуется вводить на предприятиях, развивающих быстрыми темпами основные отрасли, которые в целях концентрации и улучшения технологий выделяются в самостоятельные подразделения, охватывающие несколько крупных селений или осуществляющие производство на нескольких разобщенных массивах.

После обоснования организационно-производственной структуры хозяйства решают вопрос о формах, количестве и размерах производственных подразделений. В результате аграрных преобразований, на предприятиях появилось множество крестьянских хозяйств и подразделений, работающих на коммерческом расчете, аренде, подряде, а также в качестве кооперативов, паевых товариществ, дочерних компаний. При проведении внутрихозяйственного землеустройства важно установить, какие производственные подразделения и на каких принципах получили землю, на какой срок она за ними закреплена, определить площади, местоположение и границы этих земель. В зависимости от территориальной общности, иерархического уровня и способов закрепления земли

различают отделения (производственные участки, цехи), бригады, отряды, звенья.

В проекте внутрихозяйственного землеустройства устанавливают количество, размеры и размещение отделений, производственных участков, бригад, цехов, за которыми закрепляется земля.

При определении размеров производственных подразделений по земельной площади учитывают:

- формы собственности на землю, землевладения и землепользования, применяемые в хозяйстве;
- специализацию производственных подразделений;
- плодородие земель хозяйства, их местоположение, конфигурацию и другие особенности;
- формы производственных подразделений, размеры трудовых коллективов, уровень фондооснащенности и организации труда;
- размеры животноводческих отраслей;
- систему расселения в хозяйстве;
- оптимальные размеры производственных подразделений, рекомендуемые научно-исследовательскими учреждениями для зоны расположения хозяйства.

Внутрихозяйственные производственные подразделения по их виду и уровню специализации подразделяют на комплексные, занимающиеся производством нескольких видов продукции (например, производством, откормом скота и заготовкой кормов) и специализированные, возделывающие одну-две культуры или обслуживающие одну группу животных.

При обосновании специализации производственных подразделений нужно стремиться к тому, чтобы состав угодий, культур и животных, закрепляемых за подразделением, обеспечивал по возможности равномерную загрузку работников в течение всего года при ограниченном привлечении ресурсов со стороны. Это условие лучше выполняется при организации комплексных подразделений.

Нагрузка пашни (га) на одного механизатора может быть определена путем деления средней занятости работников за полевой период (1281 ч/час) на затраты труда на 1 га пашни в человеко-часах по всем культурам, возделываемым в севообороте. Нормативы затрат труда на 1 га (чел/час) определяют по технологическим картам.

Количество производственных подразделений в хозяйстве зависит от их размеров, организационно-производственной структуры предприятия, размера его землевладения (землепользования), плодородия и местоположения земель. При увеличении размеров землевладения, ухудшении его конфигурации, расчлененности и разобщенности угодий количество внутрихозяйственных подразделений увеличивается, а их размеры, соответственно, уменьшаются.

8.1.5. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур с использованием ГИС – технологий

Непосредственное проектирование АЛСЗ, то есть принятие конкретных решений, начинается с выбора и размещения сельскохозяйственных культур, их сортов и технологий возделывания. Определяющими обстоятельствами в данном отношении являются степень соответствия агроэкологических условий землевладения или землепользования агроэкологическим требованиям сельскохозяйственных культур, имеющих спрос на рынке (прямо через продукцию растениеводства, или косвенно через продукцию животноводства), и эффективность их возделывания.

Выбор культур для хозяйства и поля осуществляют на основе изучения комплекса взаимосвязанных факторов. Растения могут нормально развиваться только при соответствии экологических условий обитания их биологическим требованиям.

На плодородных почвах выращивают более требовательные высокоурожайные культуры, часто имеющие недостаточно мощную корневую систему (пшеница яровая и озимая, сахарная свекла, ячмень, горох, фасоль, лен, конопля и др.). Менее требовательны к плодородию почвы культуры, отличающиеся хорошо развитой корневой системой или повышенной усвояющей способностью корней (рожь, сорго, овес, нут, чина, пелюшка, люпин желтый и синий, сераделла, гречиха и др.). Они меньше снижают урожайность при выращивании их на смытых, супесчаных и других почвах с пониженным плодородием.

На эродированных почвах сильнее других снижают урожайность сахарная свекла, картофель, подсолнечник, конопля, махорка, пшеница, просо. Их необходимо выращивать на несмытых почвах равнин. Среднетребовательные культуры (ячмень, гречиха, зернобобовые, однолетние травы) допустимо возделывать на склоновых землях средней эродированности. На сильносмытых почвах нужно выращивать малотребовательные культуры (овес, озимую рожь, люцерну желтую, эспарцет песчаный, донники желтый и белый, житняк и др.).

На почвах с щелочной реакцией почвенного раствора высевают люцерну, сахарную свеклу, нут, капусту, с нейтральной или слабокислой – пшеницу, ячмень, кукурузу, зернобобовые, подсолнечник, клевер и на кислых почвах – люпин, сераделлу, турнепс, брюкву, картофель. Рожь, овес, гречиха, просо, тимopheевка сравнительно малотребовательны к реакции почвенного раствора.

На засоленных почвах высевают люцерну желтую, лядвенец рогатый, донник, житняк, нут, ячмень, арбуз, сафлор, рапс, горчицу и сахарную свеклу. Неустойчивы к засолению фасоль, гречиха, кукуруза, клевер луговой, клевер ползучий, лисохвост и др. На тяжелых хорошо гумусированных почвах растения страдают от засоления меньше, чем на малогумусных песчаных почвах. На карбонатных почвах лучше удаются представители семейства Бобовых (эспарцет песчаный, донник желтый и белый, люцерна желтая, нут, соя), Мятликовых (овсяница красная, житняк гребневидный, рожь, ячмень, кукуруза), амарант и некоторые виды семейства Капустных (вайда красильная, сурепица и др.).

Легкие (песчаные и супесчаные) удобренные почвы можно использовать для возделывания озимой ржи, овса песчаного, сорго, картофеля, турнепса, арбуза, дыни, сераделлы, эспарцета песчаного, люцерны желтой и житняка. Не выносят песчаных почв кукуруза, пшеница, ячмень, горох, сахарная свекла и другие высокотребовательные культуры. Среднесуглинистые почвы больше

подходят для овса, проса, сорго, гречихи, ячменя, подсолнечника, сои, фасоли, гороха, картофеля. Тяжелосуглинистые и глинистые структурные почвы предпочтительны для озимой и яровой пшеницы, ячменя, кукурузы, ржи, подсолнечника, кориандра, нута, фасоли, сахарной свеклы, конопли, вики, клевера лугового, донника желтого и белого, люцерны синей.

Оптимальная объемная масса черноземных почв для зерновых колосовых колеблется от 1,05 до 1,30 г/см³, для картофеля - 0,90-1,05, сахарной свеклы - 1,00-1,26, кукурузы - 1,05-1,30 г/см³. Люцерна, люпин, особенно донник могут нормально развиваться и при большей плотности почвы (1,30-1,40 г/см³).

В засушливых и теплообеспеченных районах лучше сеять короткодневные засухоустойчивые (с глубокоразвитой корневой системой или экономно расходующие влагу и имеющие транспирационный коэффициент 250-300) культуры – сорго, просо, кукуруза, нут, чина, люцерна, сахарная свекла, подсолнечник, житняк, катран, вайда и др., а во влагообеспеченных районах – длиннодневные типичные хлеба, картофель, рапс, гречиха, кормовые бобы, вика, сераделла и др., у которых транспирационный коэффициент составляет 450-500 и более. Лучше обеспечены влагой растения на северных склонах и в низинах, хуже - в верхней части южных склонов.

Для северных районов РФ лучше подходят конопля, лен, рыжик, горчица, клевер, рожь, пшеница, ячмень, вика, горох, чечевица, чина, всходы которых устойчивы к холодам и заморозкам (до -8°C), для средней полосы – среднетребовательные к теплу подсолнечник, свекла, картофель, люпин, кормовые бобы, нут и др., а для южных районов РФ – теплолюбивые кукуруза, просо, соя, суданская трава, фасоль, сорго, арбуз, тыква, арахис. Наиболее жаростойки сорго, просо, ячмень, нут и чина.

При подборе культур для залужения пойм следует учитывать их устойчивость к длительному затоплению. Выдерживают ранневесеннее затопление половодьем до 30-40 дней и более канареечник тростниковидный, бекмания обыкновенная, лисохвост луговой, кострец безостый, пырей ползучий и мышиный горошек. Тимофеевка луговая, клевер белый, клевер розовый, лядвенец рогатый, люцерна желтая и желтогибридная среднеустойчивы к затоплению (25-30 дней); пырей бескорневищный, овсяница луговая, мятлик луговой – слабоустойчивы (до 15 дней), а эспарцет, клевер луговой, люцерна синегибридная, ежа сборная, житняк гребневидный неустойчивы к затоплению (4-10 дней). Кратковременное затопление талой водой (10-15 до 20 дней) может выдержать также озимая пшеница, и рожь. При летней повышенной температуре многолетние травы выдерживают затопление не более 20-26 часов и зерновые культуры – 5-12 часов.

Разработка агроэкологических карт. После обоснования специализации производства с учетом прогнозов конъюнктуры рынка и соответственно объемов продукции растениеводства приступают к разработке карт пригодности земель для возделывания требуемых сельскохозяйственных культур, то есть агроэкологических карт. Данная работа выполняется на основе электронной карты агроэкологических групп и видов земель путем сопоставления требований растений по всему набору параметров, перечисленных в разделе 2, с агроэкологическими параметрами каждого элементарного участка земель, представлен-

ными в банке данных ЭАА (вида земель). Каждому ЭАА, в зависимости от его агроэкологических характеристик, присваиваются категории пригодности для возделывания различных культур в соответствии с табл. 8.1. Данный этап, отличающийся большой трудоемкостью, хорошо поддается автоматизации.

Методом автоматизированной сортировки и выборки ЭАА по категориям пригодности формируются электронные агроэкологические карты пригодности земель для возделывания отдельных культур. На данных картах, помимо категорий пригодности, указываются рекомендуемые сорта и агротехнологии. Образец легенды такой карты приведен в таблице 8.1.

8.1. Легенда к агроэкологической карте пригодности земель для возделывания культуры

Цвет	Группа земель	Категория	Ограничивающие факторы	Рекомендуемый уровень интенсификации, агротехнологии	Сорта

Распечатки агроэкологических карт пригодности земель для возделывания некоторых культур из проекта АЛЗ учхоза ТСХА «Дружба» представлены на цветной вкладке.

8.2. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры

8.2.1. Экологические критерии

В земледельческой науке сформирован разносторонний подход к формированию севооборотов, в основе которого лежат следующие критерии: регулирование режима органического вещества почвы и минеральных элементов питания; поддержание удовлетворительного структурного состояния почвы; регулирование водного баланса агроценозов; предотвращение процессов эрозии и дефляции; уменьшение засоренности посевов; регулирование фитосанитарного состояния почвы.

В развитие этих позиций адаптивно-ландшафтный подход позволяет найти экологическую нишу той или иной культуры; подобрать близкие по агроэкологическим требованиям группы культур для определенной категории земель. Такое экологически обусловленное размещение культур наиболее эффективно в экономическом отношении и в наибольшей мере решает задачи предотвращения деградации агроландшафтов, поскольку учитывается средообразующее влияние культур и технологий их возделывания. Там, где площади земель тех или иных агроэкологических типов не позволяют развернуть севооборот в пространстве, чередование культур осуществляется лишь во времени. Это важно и в связи с изменяющейся конъюнктурой рынка, когда товаропроизводителям приходится менять структуру посевных площадей.

8.2.2. Социально-экономические критерии

Помимо природных факторов проектирование севооборотов различных типов и размеров определяется социально-экономическими условиями: специализацией производства, формами организации труда, обеспеченностью трудовыми ресурсами, технической оснащенностью, размещением хозяйственных центров, состоянием дорожной сети и др.

Формирование севооборотов – многоплановая задача, связанная с поиском компромиссов между экологическими и социальными требованиями производства. Экологические функции севооборотов часто находятся в противоречии с требованиями специализации производства, когда товаропроизводитель сокращает набор культур, требующих различных технологических комплексов по возделыванию, хранению и переработке и концентрирует их производство в специализированных севооборотах.

Преимущества специализации сельскохозяйственного производства обусловлены снижением потребности в технических средствах, использованием наиболее эффективных достижений научно-технического прогресса, современных средств автоматизации, снижением потребности в специалистах и повышением их профессионального уровня, возможностью совершенствования технологий с целью повышения качества продукции.

Ограничения, налагаемые социальными условиями, еще более сужают свободу выбора. Чем больше видов продукции производит хозяйство, тем сложнее организовать их производство и труднее выдерживать конкуренцию, особенно для малочисленных коллективов.

Современные достижения в области химизации земледелия позволяют в определенной мере сгладить эти противоречия. При оптимальной обеспеченности удобрениями и пестицидами, использовании устойчивых к болезням сортов, биопрепаратов значение культурооборота в отношении регулирования минерального питания растений, борьбы с сорняками, болезнями и вредителями ослабляется, возрастают возможности повторного возделывания культур.

Задача проектировщика заключается в том, чтобы найти компромиссное решение, не переходя однако предельные возможности насыщения севооборотов теми или иными культурами, установленные зональными НИИ для различных условий.

Непреодолимым препятствием на пути углубления специализации севооборотов пока что остается биологическое утомление вследствие накопления в почве колинов. Большинство других сдерживающих факторов может быть преодолено различными средствами, вопрос, однако, в степени их затратности и экологической безопасности.

8.2.3. Оптимизация структуры пашни и севооборотов

Перспективы совершенствования структуры пашни и севооборотов помимо рационального размещения культур и их чередования связаны с оптими-

зацией доли чистого пара и многолетних трав, расширением посевов бобовых культур, введением пожнивных посевов.

Чистый пар – одна из наиболее противоречивых категорий в земледелии. При всем значении чистого пара ему присущи такие серьезные недостатки, как повышенная эрозионная опасность, сокращение поступления в почву растительных остатков, чрезмерная минерализация органического вещества, потери азота вследствие миграции нитратов за пределы корнеобитаемого слоя, высокий непроизводительный расход влаги. Из-за этих недостатков чистый пар оказывается своего рода данью ради устойчивости производства зерна и некоторых других культур, поскольку его роль связывается с созданием определенной влагообеспеченности посевов, преодолением засоренности, накоплением минерального азота в почве, улучшением фитосанитарной ситуации, снижением напряженности полевых работ в периоды максимальных нагрузок, получением высококачественного зерна. Вследствие такой неоднозначности данная проблема постоянно сопровождается дискуссиями о целесообразности чистого пара и его долевого участия в севооборотах. Решая эту задачу, следует исходить из того, насколько его функции могут быть заменены другими средствами. Если регулирование минерального питания и фитосанитарной ситуации достигается применением удобрений, гербицидов и средств борьбы с сорняками, а производственные пиковые нагрузки снимаются дополнительными производственными ресурсами, то главным критерием чистого пара или замены его занятым становится влагообеспеченность. С этих позиций с учетом имеющихся экспериментальных данных и производственного опыта можно полагать, например, что в лесостепных районах возделывания яровой пшеницы при оптимальной обеспеченности агрохимическими ресурсами и соответствующей культуре земледелия чистый пар может уступать место занятому. Исключение составляют севообороты с озимыми культурами.

В лесостепи Европейской части чистый пар имеет страховочное значение при возделывании озимой пшеницы, особенно в звене пар – озимая пшеница – сахарная свекла. При этом доля чистого пара в пашне составляет 5...7%. При низком уровне обеспеченности агрохимическими ресурсами и повышенной засоренности полей она может возрастать до 7...10% и более.

В восточных районах страны чистый пар – необходимый предшественник под озимую рожь в связи с коротким теплым периодом.

В степной зоне чистый пар рассматривается как необходимое условие устойчивого производства зерна. Доля его в пашне может составлять 17...20 % и более.

В оптимизации посевных площадей и севооборотов велика и разнообразна роль многолетних трав, изменяющаяся в зависимости от зональных и ландшафтных условий и уровня интенсификации земледелия.

В степной зоне многолетние травы необходимо размещать в почвозащитных севооборотах на эрозионно- и дефляционноопасных землях, на почвах с близким залеганием грунтовых вод и дополнительном поверхностным увлажнением, в севооборотах на орошаемых землях.

В лесостепной и особенно в таежно-лесной зоне роль многолетних трав в пашне существенно возрастает, особенно при низкой обеспеченности пашни агрохимическими ресурсами.

8.2.4. Длительность ротации севооборотов

При большом наборе возделываемых культур в крупных хозяйствах проектируются многопольные севообороты. При этом минимальная длительность севооборота определяется минимально возможными сроками возвращения на прежнее место подсолнечника. В зависимости от устойчивости сортов к болезням, фитосанитарной ситуации и интенсивности защитных мероприятий эти сроки могут составлять от 5 до 11 лет.

Практика многопольных севооборотов (8...12 полей) имеет давнюю историю и довольно широкое распространение, однако высокая эффективность их проявляется лишь при достаточно однородных условиях агроландшафта. Многопольные севообороты удобны своей пластичностью. Они позволяют в соответствии с изменяющимися потребностями рынка вводить новую культуру, не нарушая принципов плодосмена. В них легче предоставить под отдельные культуры не только одно, но и два поля, избегая дробления полей. Важно, чтобы севооборотные массивы располагались в пределах одного агроэкологического типа земель. Поскольку такие условия складываются нечасто, приходится выделять в пределах полей севооборотов производственные участки, отличающиеся уходом за посевами.

Севообороты для крестьянских хозяйств должны быть более компактными, с короткой ротацией и рассредоточенными сроками возделывания культур и сортов с различным поспеванием.

8.2.5. Проектирование полей севооборотов и производственных участков

Проектирование систем севооборотов и сенокосо-пастбищеоборотов осуществляется применительно к агроэкологическим группам земель с учетом рассмотренных выше принципов.

Полевые севообороты проектируются в пределах определенных агроэкологических типов земель. Довольно редко севооборотные массивы бывают однородными, когда не возникает проблем с нарезкой полей. Чаще всего на фоне преобладающего агроэкологического типа земель (фоновое) имеются включения сопутствующих типов земель различной контрастности, которые пригодны для возделывания данной культуры, но при различных уровнях интенсификации и соответственно разных технологиях. Такие земли выделяются в производственные участки в пределах полей севооборотов. На этих участках выполняются противоэрозионные, мелиоративные и другие мероприятия, приближающие условия возделывания культур к фоновым агроэкологическим типам. Для высоких агротехнологий в пределах полей севооборотов выделяются производственные участки с высокой агроэкологической однородностью. Выделенные сильноконтрастные типы земель отводятся под участки постоянного залужения.

Размер производственного участка определяется с одной стороны требованиями экологической однородности, а с другой социально-экономическими условиями. С уменьшением размеров участков увеличиваются удельные производственные затраты. В частности с уменьшением площади производственного участка с 20 до 5 га расход горючего на гектар условной пашни увеличивается на 12...15 %. Уменьшение длины гона при работе агрегатов с 500 м до 150...200 м снижает их производительность на 30...35 %.

Проектирование полей севооборотов и производственных участков выполняется на основе агроэкологических карт, сопоставление которых позволяет выявить группы культур с близкими требованиями по условиям возделывания и соответствующие им территории. Это делается путем взаимного наложения агроэкологических карт-слоев. При совпадении контуров одних категорий пригодности для разных культур выделяются типы земель, на которых размещаются соответствующие севообороты.

Вначале решают задачу размещения севооборотов с наиболее требовательными культурами, например, озимой пшеницей, сахарной свеклой, кукурузой, соей на землях первой категории пригодных для высоких агротехнологий, если позволяет их площадь. Если она невелика, в севооборотный массив вовлекают плакорные земли второй категории, пригодные для этих культур с умеренными ограничениями (микрорельеф, умеренные по контрастности и сложности микрокомбинации почв и др.). Тогда возникает проблема пространственной дифференциации агротехнологий, которая решается выделением производственных участков в пределах севооборотных полей. Эти участки могут включать контуры солонцовых, переувлажненных, переуплотненных, эрозионно-опасных и других почв и микрокомбинаций, для которых проектируются локальные осушительные, противозерозионные и другие мелиоративные мероприятия. В зависимости от мелиоративного состояния полей и производственных участков выбирается уровень интенсификации агротехнологий.

В случае неустраняемых лимитирующих факторов практикуется адаптационный подход. В частности, на полях с локально выраженным западинным микрорельефом выделяются наиболее однородные плоские производственные участки под интенсивные технологии возделывания озимой пшеницы, очень чувствительной к вымоканию в замкнутых микропонижениях. Еще более высокие агроэкологические требования к производственным участкам, выделяемым под точные агротехнологии.

8.2. Возможности применения технологий возделывания озимой пшеницы различного уровня интенсификации на землях разных категорий пригодности

Категории земель	Агротехнологии			
	Экстенсивные	Нормальные	Интенсивные	Высокоинтенсивные
I	П	П	П	П (ОП)
II-1	П	П	ПМ	ПМ
II-2	П (Э)	ПЭ	ПМЭ	ОПМЭ
III-1	ОП	ПМ	ПМ	ПМ
III-2	П	ПМ	ПМ	ОПМ
III-3	П (э)	ОПЭ	ПМЭ	ОПМЭ
IV	МП	НП	НП	НП
V	ПМ	ПМ	ПМ	ОПМ
VI	Н	Н	Н	Н

Примечание. Условные обозначения пригодности использования земель:
 П – пригодные без ограничений, ОП – ограниченно пригодные, ПМ – пригодные после мелиораций, ОПМ – ограниченно пригодные после мелиораций, ПЭ – пригодные с использованием противоэрозионных мероприятий, ПМЭ – пригодные в контурно-мелиоративной системе, П (Э) – пригодные с риском проявления эрозии, МП -- малопригодные, Н – непригодные.

Исчерпав возможности размещения наиболее прихотливых культур, проектируют севооборотные массивы для менее требовательных культур соответственно на менее благополучных землях. В числе плакорных земель таковыми могут быть, например, земли легкого гранулометрического состава, для которых можно составить севообороты с участием озимой ржи, картофеля, проса, люпина и т.п.

Проектирование использования эрозионных земель осуществляется с учетом нормативов допустимого смыва почвы, а стало быть затрат на его предотвращение, которые возрастают по мере усложнения ландшафта.

8.3. Ведомость категорий земель по пригодности возделывания под определенные группы культур

Код типа земель	Коды ЭАА, входящих в тип земель	Состав	Ограничивающие факторы	Культуры	Агротехнологии				Организация территории
					Э	Н	И	В	
1(2) 3.3	1,2,4,5(2) 3.3	Пятнистости и комплексы черноземов обыкновенных глинистых с черноземами смытыми и луговато-черноземными почвами на склонах 3-5° с ложбинным микро-рельефом	Водная эрозия средняя плоскостная, сильная линейная по ложбинам, запаздывание сроков созревания почв по днищам ложбин на 3...6 дней	Горох	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ПМЭ	Контурно-параллельная
				Озимая пшеница	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ОПМЭ	
				Сахарная свекла	Н	Н	ПМЭ	ОПМЭ	
				Ячмень	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ПМЭ	
				Просо	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ПМЭ	

Примечание: Код типа земель представляется в виде дроби, в числителе которой указывается порядковый его номер и в скобках номер агроэкологической группы земель; в знаменателе индекс категории земель в соответствии с группировкой видов земель.

В отличие от массивов плакорных земель, эрозионные земли характеризуются большой неоднородностью, что сильно осложняет проектирование полей севооборотов. Соответственно уменьшаются размеры полей, увеличивается количество производственных участков, сокращается набор культур, возрастает разнообразие технологий их возделывания по агроэкологическим условиям при ограниченных возможностях интенсификации. Это показано на примере среднеэрозионных земель (категория III-3) в таблице 8.3. Здесь организация севооборотов будет иметь совершенно разные решения в зависимости от уровня

интенсификации производства. При экстенсивной и нормальной агротехнологиях исключается возделывание пропашных культур. В этом случае целесообразно проектировать севооборот типа: горох – озимая пшеница – просо (гречиха) – ячмень. Далеко не всегда его удастся разместить на сплошном земельном массиве, чаще всего поля будут разобщены в пространстве, перемежаясь с другими группами земель. На контурах с более спокойным рельефом нередко имеется возможность выделить производственные участки для интенсивных агротехнологий.

При более интенсивном уровне интенсификации возможен севооборот типа: горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень при условии контурного размещения посевов в ландшафтных полосах, защищенных от эрозии валами, канавами и другими гидротехническими и лесомелиоративными мероприятиями. На отдельных производственных участках возможны высокие агротехнологии. Вопрос, однако, в экономическом обосновании такого уровня интенсификации. Экономические расчеты в таких случаях определяют выбор альтернативных решений в виде или ограничения интенсификации, или, наоборот, построения сложных контурно-мелиоративных систем земледелия.

Еще более сложную задачу представляет проектирование севооборотов на переувлажненных землях. Здесь приходится учитывать необычайное многообразие структур почвенного покрова и почв, сильно различающихся по своим свойствам. Присутствие в пределах севооборотных полей контрастных комбинаций почв резко снижает эффективность их использования, о чем свидетельствует печальный опыт известных кампаний по осушению этих земель. Необходимо особо точное проектирование производственных участков с заданными параметрами мелиорации почв и агротехнологий. При этом следует избегать включения в поля севооборотов мозаик вследствие неустранимой их контрастности, а также ташетов с близким подстиланием супесчаных почв глинами. После планировки таких полей в процессе гидротехнических мелиораций ташеты часто превращаются в мозаики.

При проектировании полевых севооборотов на солонцовых комплексах следует ориентироваться в основном на так называемые малосолонцовые земли, то есть комплексы черноземов с солонцами 10-30%. Поля и производственные участки в южной лесостепи и степной зоне могут быть довольно большими. При их организации учитывают необходимость выборочной мелиорации солонцовых пятен, затрудняющих эффективность использования фоновых почв. Из-за солонцовых пятен не только снижается урожайность, но и качество продукции вследствие неравномерности роста и развития растений, возрастают экономические издержки, ограничиваются возможности применения интенсивных агротехнологий. Производственные участки создаются на контурах с повышенной концентрацией солонцовых пятен, особенно при таком пестром их расположении, когда приходится ориентироваться на сплошное гипсование участка.

В сложных ландшафтах, где выделение однородных по агроэкологическим условиям участков невозможно и приходится включать различные контрастные комбинации почв, агротехнологии выбираются по худшему компоненту.

Нередко приходится выделять внесевооборотные участки, на которых предусматривается чередование культур во времени. Выбор культур определяется текущей конъюнктурой рынка, и это обеспечивает маневренность производства наряду с относительно стабильным производством растениеводческой продукции в севооборотах.

Помимо почвенно-ландшафтных условий формирования полей и производственных участков часто немаловажное значение имеют эколого-биологические критерии. Например, размеры производственных участков под гречиху, люцерну на семена в большой мере определяются условиями их опыления, а следовательно близостью и количеством естественных биоценозов с соответствующими энтомофагами, а также возможностью организации микрозаказников, пчелиных пасек и т.п.

Использование ГИС-технологий при проектировании севооборотов существенно облегчает учет и прогнозирование очагов деградации почв и ландшафтов, опасность заболачивания, вторичного засоления, эрозии, дефляции, оползней и других неблагоприятных процессов. Их предотвращение в первую очередь достигается за счет рационального размещения полей и производственных участков, оптимизации их размеров, конфигурации и обоснования агротехнологий.

Системы использования полей и производственных участков отражаются на плане внутрихозяйственного землеустройства и в ведомости производственных участков. Каждому полю и производственному участку присваивается номер; обозначается его площадь, агроэкологический тип земель, рекомендуемый агрокомплекс и агротехнологии.

8.2.6. Паспортизация полей и производственных участков

При устройстве территории севооборотов проводят паспортизацию полей и рабочих участков с агроэкологической и производственной оценкой земель. Агроэкологическая оценка земель выполняется по материалам базовой карты агроэкологических групп земель и элементарных ареалов агроландшафта и тематических электронных карт-слоев (форм и элементов мезорельефа, экспликации склонов, микрорельефа, микроклимата, почвообразующих пород, эрозии, солонцеватости, засоленности, кислотности, заболоченности, обеспеченности подвижными элементами питания, загрязненности тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами). Основные данные, отбираемые из этих карт с указанием номеров контуров, отмечаемых в границах полей и производственных участков, сводятся в таблицу 8.4. по предлагаемой форме.

Помимо агроэкологических сведений в этой таблице отражаются основные производственные характеристики, в особенности потенциальная урожайность основных культур, размеры полей и участков, сведения о мелиоративных мероприятиях, ограничения в использовании земель и др. Данная информация имеет важное значение для контроля за использованием земель, дифференциации цены земли, земельного налога и арендной платы за землю. Детализация агроэкологических и производственных характеристик полей и участков и их динамика отражаются в книге истории полей.

8.4. Сводные данные паспортизации поля №..., севооборота №..., площадь.. га, 2004 г.

Показатели	Номер производственного участка			
	1	2	3	4
Площадь, га				
Расстояние от производственного центра, км				
Агроэкологическая группа земель				
Порядковый № контура ЭАА				
Индекс ЭАА				
Категория пригодности (I-VI)				
Сумма активных температур				
Коэффициент увлажнения по Иванову				
Форма и элемент мезорельефа				
Уклон местности, град.				
Экспозиция склона				
Длина склона				
Почва				
Почвообразующая порода				
Гранулометрический состав почвы				
Мощность гумусового горизонта				
Мощность пахотного слоя, см				
Содержание гумуса, %				
pH				
Валовое содержание фосфора, P_2O_5 , мг/кг				
Валовое содержание калия, K_2O , мг/кг				
Подвижный фосфор, P_2O_5 , мг/кг				
Подвижный калий, K_2O , мг/кг				
Загрязненность, мг/кг				
Мышьяк				
Медь				
Хром				
Цинк				
Никель				
Свинец				
Марганец				
Кадмий				
Кобальт				
Бериллий				
Ванадий				
Молибден				
Стронций				
Ртуть				
Литий				
Мощность дозы радиоактивного излучения, мкр/г				
Пестициды, мг/кг				
Опасность эрозии				
Опасность дефляции				
Мелиоративное состояние				
Длина осушительной дренажной сети				
Способ орошения				
Наличие противозрозионных гидротехнических сооружений				
Площадь лесных полос				
Расстояние до лесных участков				

Потенциальная урожайность (среднеклиматически обеспеченная) озимой пшеницы, ячменя				
Наличие сервитутов				
Особый режим использования				

8.3. Особенности проектирования системы обработки почвы в севооборотах

Выбор оптимальной системы обработки почвы лежит в широком диапазоне всевозможных решений от традиционной системы вспашки до нулевой обработки через множество вариантов безотвальных, плоскорезных, отвальных обработок и их комбинаций при различных уровнях минимизации. Этот выбор определяется экологическим разнообразием условий, требованиями сельскохозяйственных культур и уровнем интенсификации производства, в частности обеспеченностью агрохимическими ресурсами.

Для принятия решения необходимо отчетливо представлять функции почвообработки.

Функции механической обработки почвы. В различных природных условиях они имеют весьма неодинаковое значение, а часть их могут выполнять другие агротехнические и агрохимические приемы. Рассмотрим основные функции почвообработки в различных условиях.

1. *Оптимизация плотности почвы и структурного состояния.* На почвах, равновесная плотность которых близка к оптимальной для возделывания тех или иных культур, рыхлительная функция почвообработки сокращается. Становится возможной нулевая обработка, если другие функции почвообработки заменяются соответствующими средствами. Более детально о возможности отмены или сокращения числа и глубины механических обработок можно судить по наличию в почве водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм. Детальные шкалы в этом отношении пока что не разработаны, однако известно, что при содержании водопрочных агрегатов более 40% в суглинистых почвах возможности минимизации обработки почвы резко возрастают. К таким почвам относятся большая часть черноземов и темно-серых лесных почв, окультуренные серые лесные и дерново-подзолистые и др. На уплотняющихся почвах (солонцовых, кислых, заболоченных и т.п.) предпосылки для минимизации почвообработки могут быть созданы путем химических, агротехнических и других мелиораций. Особую роль в данном отношении играет обогащение почвы органическим веществом.

2. *Регулирование водного баланса почв и ландшафтов.* Роль обработки в данном отношении заключается в обеспечении перевода осадков в почвогрунтовую толщу, сокращении поверхностного стока и уменьшении физического испарения с поверхности почвы, особенно в условиях проявления засух. Эта задача связана с первой и дополняется мульчированием поверхности почвы, противозерозионной организацией территории, лесными и другими мелиорациями.

На уплотняющихся почвах традиционная вспашка в различных вариантах (с почвоуглублением, лункованием, гребневанием и др.) в определенной мере решает задачи уменьшения поверхностного стока. Однако серьезным недостатком

ком вспашки являются заплывание поверхности, особенно на почвах с повышенной дисперсностью, подверженность смыву, размыву, дефляции. Более благополучны в этом смысле безотвальные обработки с сохранением на поверхности пожнивных остатков и соломы, которые сдерживают развитие эрозии и дефляции, уменьшают физическое испарение, способствуют задержке снега и соответственно уменьшению промерзания почвы. Глубина мульчирующих обработок зависит от количества осадков, уклона, водопроницаемости почвы. Минимизация обработки почвы на склонах, особенно крутых, усиливает сток, хотя плоскостная эрозия ослабляется. При этом энергия поверхностного стока с плоскости склона переносится на берега гидрографической сети, в результате чего усиливается рост оврагов. По мере усложнения ландшафтов усиливается роль глубоких рыхлений. В целом необходим дифференцированный подход к глубине обработки на различных элементах рельефа, так же как к высоте оставляемой стерни.

Глубокое рыхление необходимо на почвах с переуплотненным подпахотным слоем, особенно под пропашные и другие требовательные культуры; на почвах, подверженных временному поверхностному переувлажнению.

Нулевая или близкие к ней обработки эффективны в условиях более спокойного рельефа, более дефицитного водного режима и относительно благополучных в отношении фильтрационной способности почв, которая еще более усиливается за счет активизации биологического саморыхления.

Применение минимальных и нулевых обработок способствует снижению испарения с поверхности почвы за счет уменьшения аэрации пахотного слоя и мульчирующего эффекта растительных остатков при достаточном их количестве. Благодаря мульче эффективнее используется конденсационная влага.

Соломенная мульча оказывает благоприятное влияние на тепловой режим почвы в южных районах, снижая температуру почвы благодаря увеличению альбедо.

3. Предотвращение эрозии и дефляции почвы. Функция защиты почв от водной эрозии целиком связана с регулированием поверхностного стока, водопроницаемостью и структурным состоянием почв, т.е. с рассмотренными выше функциями. В защите почвы от дефляции главная задача – обеспечение на поверхности почвы определенного количества растительных остатков. Мульчирующие обработки в основном решают задачу защиты почвы от дефляции. Все другие известные противоэрозионные мероприятия имеют вспомогательное значение. Исходя из экологического императива плоскорезная обработка должна доминировать в дефляционно-опасных районах, а ее недостатки должны быть компенсированы соответствующими мерами.

Роль мульчирующих обработок в предотвращении водной эрозии далеко не исчерпывающая, во всяком случае менее значительная, чем в случае дефляции. Тем не менее в умеренно-эрозионных ландшафтах она может иметь определяющее значение. Проблема заключается в трудностях освоения мульчирую-

щих обработок, в преодолении их недостатков, наиболее активно проявляющихся в гумидных районах.

4. *Регулирование режима органического вещества и биогенных элементов, размещение удобрений и мелиорантов в пахотном слое.* Интенсивность минерализации органического вещества зависит от характера и частоты механической обработки почвы. Наиболее активно этот процесс происходит при использовании почвы в системе вспашки. В экстенсивном земледелии вспашка является важным средством, способствующим высвобождению биогенных элементов из органического вещества, которое, в частности служит главным источником азота. С этим связана традиционная забота о повышении биологической активности почвы, устранении дифференциации пахотного слоя, которая происходит в результате “прижимания” микрофлоры к поверхностным слоям почвы. Перемешивание почвы способствует инфицированию всего пахотного слоя и соответственно усилению процессов минерализации органического вещества во всем объеме почвы на фоне повышенной аэрации.

Безотвальная обработка наряду с предотвращением эрозионных потерь гумуса обеспечивает также уменьшение его биологических потерь. Дальнейшая минимизация обработки почвы еще более ослабляет процессы минерализации органического вещества. Соответственно уменьшается накопление минерального азота. В почвах степной зоны благодаря этому сокращаются потери нитратов в паровых полях вследствие их нисходящей миграции. На более увлажненных почвах, особенно в лесостепной и таежной зонах, при переходе на мульчирующие обработки снижается урожайность сельскохозяйственных культур из-за усиливающегося дефицита азота. Внесение азотных удобрений в этих условиях становится условием эффективного освоения безотвальных и тем более минимальных обработок.

При мульчирующих обработках отмечается повышение содержания подвижных форм элементов, особенно фосфатов, в верхней части пахотного слоя. Такая дифференциация его по агрохимическим показателям, усиливаясь со временем, особенно при поверхностном применении фосфорных удобрений, приводит к недобору урожая по сравнению со вспашкой, ибо при локализации питательных веществ в поверхностном слое снижается их позиционная доступность растениям, особенно в засушливые периоды. Данный факт рассматривается многими авторами как повод для периодического оборота пласта. Однако у этой точки зрения есть альтернативная позиция (особенно в условиях высокой опасности дефляции) – внесение удобрений в среднюю и нижнюю часть пахотного слоя комбинированными безотвальными орудиями.

Сложнее обстоит дело с внесением органических удобрений. По всем правилам они должны запахиваться плугом. Существуют однако попытки обоснования более высокой эффективности навоза при использовании его в качестве мульчи. Утверждается при этом, что потери азота при разложении навоза полностью компенсируются за счет усиления фиксации азота из атмосферы. Преимущества навоза-мульчи объясняются уменьшением расхода влаги через испа-

рение, ускорением прогревания почвы весной и предохранением ее от перегрева в жаркую погоду. Почва под навозом имеет большую воздухо- и водопроницаемость, хорошо поглощает ливневые осадки, сильно сокращается поверхностный сток. Данная позиция вызывает много вопросов и требует дифференцированного для различных условий изучения. Она полностью противоречит, например, сложившимся методам окультуривания дерново-подзолистых почв, при которых под влиянием органических удобрений происходит улучшение структурного состояния пахотного слоя на всю его глубину и т.д.

Вспашка нужна для заделки химических мелиорантов за некоторыми исключениями. Нередко возникает необходимость поверхностного внесения извести при подкислении почв в результате применения минимальной обработки, особенно при использовании азотных удобрений. Даже почвы с высокой буферностью, в том числе черноземы, при длительной минимизации обработки с поверхности подкисляются.

5. Регулирование фитосанитарных условий. До появления пестицидов обработка почвы наряду с севооборотом несла основные функции по борьбе с сорняками, болезнями и вредителями. При этом особую роль играет оборот пласта. Система вспашки наиболее эффективно справляется с подавлением вредных организмов. Замена ее бесплужной обработкой в большинстве случаев ухудшает фитосанитарную ситуацию. Повсеместно усиливается засоренность посевов при минимизации обработки. В гумидных районах весьма существенно возрастает развитие болезнетворных организмов, что является одной из главных причин “господства” вспашки в Германии, несмотря на рекомендации Г.Канта. Поэтому освоение мульчирующей обработки в эрозионно-опасных условиях, где она необходима в первую очередь, сопровождалось применением пестицидов, в первую очередь гербицидов. Такое пестицидное сопровождение минимизации почвообработки противоречит задачам ее биологизации. Избыточное применение пестицидов подавляет мезофауну, в результате не достигается главная задача – биологическое саморыхление почвы. При ближайшем рассмотрении противоречивость данной ситуации не представляется безвыходной, учитывая совершенствование химических средств защиты растений и еще в большей степени нереализованные возможности современных технологий. Преодоление засоренности посевов в значительной мере может достигаться за счет создания благоприятных условий для прорастания семян сорняков в ранневесенний и осенний периоды и последующего уничтожения их механическими способами, особенно в районах с достаточно длительным вегетационным периодом. В сочетании с рациональным чередованием культур в севообороте, оптимальной долей чистого или занятого пара, применением промежуточных культур, своевременностью выполнения полевых работ, исключаяющей, в частности, обсеменение сорной растительности в осенний период, данная задача во многих случаях может быть решена без гербицидов или при очень ограниченном их применении.

6. *Создание оптимальных условий для посева и получения дружных всходов.* Эта функция почвообработки, значение которой часто недооценивается, приобретает особо важное значение при использовании высоких агротехнологий, которые предъявляют жесткие требования к получению дружных однородных всходов. В системе вспашки данная задача не представляет больших трудностей, хотя нередко требуется применение планировщиков и фрез для достижения требуемых параметров поверхности пашни и припосевного слоя. В системе мульчирующих обработок в данном отношении возникают определенные трудности. Послеуборочные остатки являются существенным механическим препятствием для качественной заделки семян и получения дружных всходов, что сопровождается ослаблением кущения, изреживанием посевов озимых культур. Кроме того, в процессе разложения послеуборочных остатков образуется целый ряд вредных для растений веществ, таких как уксусная и коричная кислоты, фенолы и другие соединения. Некоторые из них токсичны не только для растений, но и для многих полезных микроорганизмов, в том числе связанных с мобилизацией питательных веществ почвы и послеуборочных остатков. При наличии большого количества послеуборочных остатков необходимы почвообрабатывающие орудия с большим клиренсом, а также специальные и приспособленные сеялки.

В условиях недостаточной теплообеспеченности мульча может задерживать появление всходов и созревание посевов из-за снижения температуры поверхностного слоя почвы в связи с повышенным альбедо.

В системе мульчирующей обработки важно обеспечить сохранение мульчи после посева. Известные образцы отечественных сеялок и комбинированных агрегатов не избавлены в достаточной степени от смешивания растительных остатков с почвой. Лучшие мировые образцы современных сеялок могут осуществлять прямой посев при любом количестве растительных остатков на поверхности, минимально разрушая мульчирующий покров только по следу прохода сошников. Растительные остатки в процессе посева изолируются от семян чистой почвой.

7. *Энергосбережение и экономичность.* Наряду с почвозащитной направленностью и стремлением к биологизации земледелия современные задачи повышения эффективности почвообработки включают энергосбережение, снижение затратности и экономию трудовых ресурсов. Указанным требованиям отвечает минимизация обработки почвы. Большим достоинством минимальных, особенно нулевых обработок в данном отношении является экономия горючего, сокращение затрат, проведение работ в сжатые сроки, высвобождение времени у товаропроизводителей. Эти преимущества, однако, в значительной мере нивелируются увеличением затрат на пестициды и дорогостоящие машины, особенно для нулевой обработки. Выбор оптимального решения связан с экономическими и энергетическим анализом технологий при экологическом императиве.

Важнейшим направлением минимизации почвообработки в том же аспекте является совмещение технологических операций. В стране имеется солидный

опыт использования комбинированных агрегатов и машин, позволяющих за один проход выполнять несколько операций. Экономический эффект их применения состоит в сглаживании так называемых пиков потребности в энергетических средствах и трудовых ресурсах, а это снижает затраты материальных и трудовых ресурсов на возделывание сельскохозяйственных культур.

В гумидных районах применение комбинированных агрегатов важно для снижения уплотнения почвы, в засушливых – для устранения разрыва во времени между отдельными видами полевых работ, благодаря чему удастся более эффективно бороться с ранневесенней засухой и дефляцией.

Перечисленные функции почвообработки, соотнесенные с различными природными условиями (климатическими, геоморфологическими, литологическими, гидрологическими, почвенными) и агроэкологическими требованиями культур и осмысленные с учетом местного опыта, могут служить ориентиром при альтернативном рассмотрении возможных вариантов обработки почвы.

Классификация систем обработки почвы. Исходя из анализа довольно обширной информации по стране с учетом мирового опыта, представляется возможным предложить классификацию почвообработки, включающую системы, подсистемы и приемы обработки почвы в севообороте.

Выделяются следующие системы: отвальная, мульчирующая, комбинированная, нулевая, гребне-грядовая.

Отвальная система обработки почвы в севообороте осуществляется с помощью отвальных орудий с полным или частичным оборачиванием ее слоев.

Данная система подразделяется на подсистемы: разноглубинную и минимальную. Отвальная разноглубинная система обработки почвы может включать в зависимости от культур в севообороте и других условий в качестве основной обработки глубокую отвальную обработку (согласно ГОСТу 16265-80 на глубину более 24 см), обычную обработку (18-24 см), а также, мелкую (8-16 см) и поверхностную (до 8 см), если они чередуются с более глубокими.

Отвальная минимальная система обработки ограничивается применением поверхностной или мелкой обработки почвы. Более глубокие обработки используются в исключительных случаях.

Набор приемов обработки в отвальной системе включает: вспашку (прием обработки почвы плугом, обеспечивающий крошение, рыхление и оборачивание обрабатываемого слоя почвы не менее, чем на 135°, ГОСТ 16265-80); культурную вспашку (плугом с предплужником); дискование почвы (прием обработки дисковыми орудиями, обеспечивающий крошение, частичное перемешивание почвы и уничтожение сорняков); гребнистую вспашку (вспашка поперек склона с поделкой гребней плугом с одним удлиненным отвалом); двухъярусную обработку (обработка почвы с оборачиванием верхней части пахотного слоя и одновременным рыхлением нижней части или взаимным перемешиванием верхнего и нижнего слоев); мелиоративная вспашка плантажными и трехъярусными плугами; боронование (прием обработки почвы зубовой бороной, обеспечивающий крошение, рыхление и выравнивание поверхности почвы, а

также частичное уничтожение проростков и всходов сорняков); фрезерование (прием обработки почвы фрезой, обеспечивающий ее рыхление, крошение и тщательное перемешивание); прикатывание.

В настоящее время большая часть пашни, за исключением восточных степных районов обрабатывается в отвальной разноглубинной системе с усиливающейся тенденцией минимизации.

Мульчирующая система обработки почвы в севообороте осуществляется с помощью безотвальных орудий, сохраняющих на поверхности почвы пожнив-ные остатки. По возможности мульчирующий эффект усиливается разбрасыва-нием измельченной соломы в процессе уборки урожая.

Эта система разделяется на три подсистемы: глубокую, разноглубинную и минимальную. Мульчирующая глубокая система обработки почвы предполагает применение систематической глубокой безотвальной обработки (глубже 24 см). Она применяется на солонцах, солонцеватых и других уплотняющихся почвах, а также в сложных эрозионных ландшафтах для уменьшения поверхностного стока и предотвращения эрозии. Чаще всего она выполняется стойками Си-БИМЭ, получившими наиболее широкое распространение в Сибири и Зауралье.

Мульчирующая разноглубинная система обработки почвы, предусматри-вает чередование мелкой и глубокой плоскорезных и других безотвальных об-работок на различную глубину в зависимости от культуры в севообороте и со-стояния почвы.

Разноглубинная плоскорезная система обработки почвы послужила осно-вой почвозащитной системы земледелия, разработанной под руководством А.И.Бараева для дефляционно-опасных районов с тяжелыми по гранулометри-ческому составу почвами.

Приемы обработки в этой системе первоначально включали: плоскорез-ную обработку культиватором-плоскорезом; глубокое рыхление культиватором-глубокорыхлителем; обработку штанговым противоэрозионным культиватором. В дальнейшем по мере дифференциации данной системы обработки почвы до-полнительно появились: чизелевание, обработка стойками СиБИМЭ, обработка параплау, щелевание. Применение параплау особенно эффективно на плотных пересохших почвах, чизелей – на полях чистых от корнеотпрысковых сорняков, стоек СиБИМЭ – на влажных почвах, на склонах повышенной крутизны.

В мировой практике все большее внимание уделяется чизелеванию. Его рассматривают как эффективный прием рыхления уплотненных слоев почвы, образующихся при обработке плоскорезами и разрушения плужной подошвы. Высокие почвозащитные показатели при чизелевании обеспечиваются в резуль-тате сохранения на поверхности основной массы послеуборочных остатков и резкого ослабления поверхностного стока. Чизелевание эффективно и как при-ем влагонакопления, особенно при влажной осени. После чизельной обработки с осени не происходит сплошного замерзания почвы, что обеспечивает благо-приятные условия для впитывания талых вод и уменьшение их стока, особенно если она проводится в возможно более поздние сроки на склонах.

В отдельные годы при сильном пересыхании тяжелосуглинистых и глинистых почв осеннюю обработку различными рыхлителями следует исключать во избежание образования глыб.

Мульчирующая минимальная система обработки почвы базируется на мелкой плоскорезной обработке. Она нашла широкое распространение на легких по гранулометрическому составу почвах восточных районов страны.

Ранневесеннее боронование в мульчирующей системе обработки почвы производится игольчатыми боронами, посев – специальными противоэрозионными (стерневыми) сеялками.

Комбинированная система обработки почвы. Данная система включает множество вариантов, сочетающих отвальные обработки с безотвальными на различную глубину в соответствии с экологическими условиями и требованиями культур.

Ее можно разделить на три подсистемы: глубокую, разноглубинную и минимальную.

В данной системе используются все приемы, составляющие первые две системы.

Различные варианты комбинированной обработки почвы возникли первоначально при попытках продвижения плоскорезной обработки в лесостепные эрозионные ландшафты Сибири и Зауралья. В условиях повышенного увлажнения сильнее проявлялись недостатки плоскорезных обработок, которые трудно было компенсировать в условиях дефицита азотных удобрений и пестицидов. Поэтому возникали различные комбинации плоскорезной обработки и вспашки. Они в известной мере сдерживают эрозионные процессы. Однако в годы прерывания мульчирующей обработки резко возрастает опасность эрозии.

По мере продвижения безотвальных обработок в различные зоны и регионы стали возникать всевозможные комбинации с использованием достоинств того или иного приема. Например, при окультуривании дерново-подзолистых и особенно болотно-подзолистых почв оказалось весьма эффективным периодическое применение глубокого рыхления.

Главным направлением совершенствования комбинированных систем обработки почвы в районах умеренного проявления эрозии или ее отсутствия является сокращение глубины и частоты обработки и совмещение технологических операций по соображениям энергосбережения и экономичности.

Нулевая система обработки почвы. При этой системе почва остается без механической обработки. Так называемый прямой посев проводят специальными сеялками, а для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями используются пестициды. Согласно данным полевых экспериментов в зональных НИИ эта система имеет большие перспективы, однако существенного практического применения пока что не получила. Она требует высокой квалификации специалистов и повышенной обеспеченности агрохимическими ресурсами.

Гребне-грядовая система обработки почвы. Данная система, включающая нарезку гребней и (или) гряд, имеет важное значение в условиях холодного

и влажного климата. Наибольшее распространение она получила в районах Дальнего Востока с муссонным климатом.

8.4. Проектирование систем удобрения сельскохозяйственных культур и химических мелиораций

8.4.1. Задачи и принципы проектирования систем удобрения

Задача решается в двух направлениях:

- регулирование круговорота веществ в агроландшафтах, оптимизация элементов земледелия системно зависимых от применения удобрений;
- управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах.

Вторая часть задачи выполняется при проектировании агротехнологий, первая – при формировании АЛСЗ в рамках проекта внутрихозяйственного землеустройства. В идеале такое проектирование должно осуществляться на основе моделей земледелия при различных уровнях обеспеченности агрохимическими ресурсами, которые разрабатываются зональными НИИ по результатам многофакторных полевых экспериментов. При отсутствии целевых экспериментальных исследований обобщаются данные различных научных и производственных опытов, материалы хозяйственной деятельности, экстраполируется опыт смежных областей, на основе чего разрабатываются алгоритмы, устанавливающие характер изменения структуры пашни, севооборотов, доли чистого пара, многолетних трав, системы обработки почвы, сроков посева и норм высева в зависимости от обеспеченности агрохимическими ресурсами.

В проектах АЛСЗ осуществляется ландшафтный подход к распределению и использованию удобрений с учетом рельефа (в особенности склонов различной крутизны, формы, длины, экспозиции), структуры почвенного покрова, смывости почв. Актуальна задача разработки соответствующих нормативов видов, доз, форм, сроков и способов) применения удобрений с учетом различных характеристик ландшафтов и особенно условий геохимического стока и аккумуляции биогенных элементов.

При формировании систем удобрения в первую очередь решаются задачи, связанные с осуществлением почвозащитных мероприятий. В числе таковых применение различных способов противоэрозионной обработки почвы, включая оставление на поверхности пожнивных остатков, введение промежуточных посевов, в том числе и сидератов. При оставлении соломы в целях усиления защиты почвы от эрозии дефицит азота под возделываемыми на таких участках культурами, как правило, еще более возрастает, что требует повышения доз азотных удобрений.

Сокращение чистых паров в эрозионных ландшафтах лесостепи также затруднительно без дополнительных затрат удобрений и пестицидов. Определенный уровень химизации необходим и для поддержания противодефляционной системы земледелия в степной зоне, особенно при минимизации обработки почвы.

Следует, однако, определить экономически и экологически целесообразные уровни интенсификации использования эрозионных ландшафтов различной сложности, отдавая приоритет более интенсивному использованию лучших земель. Применение интенсивных и высокоинтенсивных технологий возделывания зерновых и особенно технических культур на плакорных землях позволяет вывести из активного оборота эродирующие и другие неблагоприятные земли. Этот путь целесообразен как в экономическом, так и в экологическом отношении. Нарращивание продуктивности эрозионных земель чрезвычайно затратно, поскольку требует мелиоративных мер по регулированию стока. При этом полностью не устраняется риск проявления эрозии и усиливается опасность загрязнения аккумулятивных ландшафтов антропогенными компонентами геохимического стока.

Особое место в системе удобрений принадлежит органическим удобрениям, поскольку с их применением связано не только регулирование круговорота биогенных элементов и питания растений, но и оптимизация режима органического вещества почв. При этом важно ориентироваться не на схоластические расчеты баланса гумуса, а на поддержание в почве такого количества лабильного органического вещества, которое обеспечивает благоприятное структурное состояние почвы и оптимальную биологическую активность. Для этого следует руководствоваться региональными моделями режима органического вещества в севооборотах под различными культурами с учетом поступления его с растительными остатками, использования соломы, пожнивных посевов, сидеральных культур, навоза. Применение последнего следует планировать, используя модель круговорота органического вещества и биогенных элементов в системе: луг – ферма – поле.

Чрезвычайно важно пополнение органического вещества в зерно-паро-пропашных севооборотах при высокой доле пропашных культур. Под интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур на плакорных землях в таких севооборотах обязательно применение навоза или других органических удобрений.

Весьма важное значение в системе удобрения принадлежит и химическим мелиорантам, так как при квалифицированном применении их достигается оптимальный уровень реакции и степени насыщенности почв основаниями, симбиотической и несимбиотической фиксации азота и общей биологической активности большинства населяющих почву полезных микроорганизмов, беспозвоночных, насекомых, животных и растений, улучшается водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы почв. Применение мелиорантов необходимо не только на кислых и щелочных почвах, оно необходимо и на нейтральных и близких к таковым малобуферных и малоемких почвах, особенно при интенсивных технологиях возделывания культур при возрастании насыщенности посевов минеральными удобрениями, вызывающими значительное подкисление почв.

Наконец, невозможно переоценить в системе удобрений роль оптимальных доз и сочетаний различных видов и форм мелиорантов, органических и минеральных макро- и микроудобрений, а также сроков и способов их приме-

нения под каждой культурой принятого чередования в севообороте в конкретных природно-экономических условиях.

Принципиальные подходы к системе удобрения каждого севооборота и внесевооборотного участка имеют ряд общих обязательных требований:

- определение возможных уровней продуктивности сельскохозяйственных культур с учетом погодных, почвенно-агрохимических, организационно-экономических условий хозяйствования;
- наличие результатов почвенно-агрохимического обследования всех полей и участков (карты, картограммы, паспорта полей) для обоснования необходимости и очередности устранения лимитирующих факторов для достижения определенных уровней продуктивности возделываемых культур;
- определение возможностей накопления органических удобрений (навоз, компост, сидераты, промежуточные посевы, солома и т. д.), распределение их по имеющимся севооборотам и внесевооборотным участкам с учетом расположения, материально-технического обеспечения и структуры посевных площадей;
- обоснование оптимальных доз и мест внесения в принятом чередовании культур уточненных объемов и видов органических удобрений;
- определение нуждаемости и обоснование оптимальных доз, видов и мест внесения в принятом чередовании культур химических мелиорантов.

Важным критерием обоснованности системы удобрения севооборота наряду с агрономической и экономической эффективностью является баланс питательных элементов, количественные показатели которого обеспечивают прогноз возможных изменений обеспеченности почв питательными (и сопутствующими) элементами и, следовательно, экологической ситуации. Требования к балансу питательных элементов в каждом севообороте (агроландшафте) должны быть дифференцированы в зависимости от уровня продуктивности культур, почвенно-климатических условий и желаемого изменения регулируемых показателей плодородия почв.

Баланс азота в каждом агроландшафте теоретически должен быть нулевым (уравновешенным), хотя практически достичь этого чрезвычайно трудно, так как процессы азотфиксации, аммонификации, нитрификации, денитрификации и подвижность нитратов в почвах протекает неоднозначно в зависимости от множества факторов природного и антропогенного характера.

Баланс фосфора должен быть нулевым, если обеспеченность почвы его подвижными формами оптимально соответствует биологическим требованиям возделываемых культур. На более бедных почвах баланс фосфора может быть в разной степени положительным, а на более богатых – в разной степени отрицательным.

Баланс калия должен быть таким же как и фосфора, но с учетом известных факторов резкой мобилизации почвенных запасов калия при внесении удобрений и мелиорантов, нулевым он может быть уже тогда, когда обеспеченность почвы обменными формами калия на 1 класс ниже оптимальных требований культур к обеспеченности этим элементом.

Баланс кальция (а не редко и магния) поддерживается в оптимальном состоянии в каждом агроландшафте при квалифицированном применении в каждом агроландшафте соответствующих химических мелиорантов.

Баланс микроэлементов в каждом конкретном случае поддерживается в оптимальном состоянии при квалифицированном применении соответствующих микроэлементов с учетом потребностей в них возделываемых культур, обеспеченности ими почв и планируемых уровней продуктивности культур.

Определение оптимальных доз минеральных удобрений осуществляют с помощью различных методов, изложенных в учебниках (245) и рекомендациях.

Система удобрения ежегодно корректируется в годовых планах применения удобрений и мелиорантов с указанием доз, форм, сроков и способов их внесения под каждую культуру с учетом различий в плодородии отдельных полей и участков, фактического размещения культур по полям, погодных условий прошедшего года (через фактические урожаи предшественников), организационно-хозяйственных условий и конъюнктуры рынка.

8.4.2. Применение органических удобрений

Использование органических удобрений в хозяйствах осуществляется на основе системы применения удобрений в севообороте, которая включает: определение потребности в удобрениях, выход навоза, место внесения удобрений в севообороте, дозы, сроки и способы их внесения.

Выход навоза в хозяйстве зависит от вида и технологии содержания животных, обеспеченности кормами, количества подстилки, способа навозоудаления, продолжительности стойлового периода.

Расчет выхода навоза на ферме проводится по формулам:

$$\begin{array}{ll} \text{в стойловый период} & M_{\text{НС}} = n(M_{\text{Э}} \cdot K_{\text{К}} + M_{\text{П}}) \cdot T_{\text{С}} \cdot 0,85 \\ \text{в пастбищный период} & M_{\text{НП}} = n(M_{\text{Э}} \cdot K_{\text{К}} + M_{\text{П}}) \cdot T_{\text{П}} \cdot K_{\text{П}} \cdot 0,75, \end{array}$$

где: n – поголовье животных, гол.; $M_{\text{Э}}$ – норма выхода экскрементов от животного, кг/сут.; $K_{\text{К}}$ – поправочный коэффициент на обеспеченность кормами; $M_{\text{П}}$ – масса подстилки, кг на одну голову в сутки; $T_{\text{С}}$ – продолжительность стойлового периода, дней, $T_{\text{П}}$ – продолжительность пастбищного периода, дней; 0,85; 0,75 – поправочные коэффициенты, учитывающие естественную убыль навоза в стойловый и пастбищный периоды; $K_{\text{П}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий время нахождения животных в стойлах или выгульных дворах в летний период (0,85 – при кормлении животных на выгульно-кормовых дворах, 0,5 – при размещении животных в стойлах, 0,33 – в летних лагерях).

Суточный выход экскрементов от 1 головы животных определяется в соответствии с Нормами технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета НТП 17-99 (табл. 8.5, 8.6.).

Указанные нормы выхода экскрементов обеспечиваются при условии полнорационного и сбалансированного кормления животных.

Если обеспеченность кормами ниже нормативной, рекомендуется применять поправочные коэффициенты к выходу экскрементов (табл. 8.7).

Выход навоза от 1 овцы или козы составляет при продолжительности стойлового периода 220-240 дней – 1 т, 200-220 дней – 0,9 т, 180-200 дней – 0,7 т, менее 180 дней – 0,5 т; от одной лошади, соответственно, 7,5 т, 6 т, 5,0 т и менее 5 т.

8.5. Суточный выход экскрементов у крупного рогатого скота (НТП 17-99)

Группа животных	Выход экскрементов кг/гол. в сутки	Расчетная влажность, %
Быки производители	40,0	86,0
Коровы	55,0	88,4
Телята до 3 мес.	4,5	91,8
3-6 мес.	7,5	87,4
Телята на откорме до 4 мес.	7,5	87,4
4-6 мес.	14,0	87,2
Молодняк 6-12 мес.	14,0	87,2
6-12 мес. и нетели	27,0	86,7
Молодняк на откорме 6-12 мес.	26,0	86,2
Старше 12 мес.	35,0	84,9

8.6. Суточный выход экскрементов у свиней (НТП 17-99)

Группа животных	Выход экскрементов кг/гол. в сутки	Расчетная влажность, %
Хряки	11,1	89,4
Свиноматки: холостые	8,8	90,0
супоросные	10,0	91,0
подсосные	15,3	90,1
Поросята (возраст, дни): 26-42	0,4	90,0
43-60	0,7	86,0
61-106	1,8	86,1
Свиньи на откорме: до 70 кг	5,0	87,0
более 70 кг	6,5	87,5

8.7. Поправочные коэффициенты к нормативам выхода экскрементов в зависимости от обеспеченности кормами

Обеспеченность 1 условной головы скота кормами (с учетом пастбищных кормов), ц к.е.	Коэффициент
28-30	0,65
30-35	0,74
35-40	0,82
40-45	0,93
45-50	1,00
Более 50	1,05

Выход птичьего помета определяется по формуле:

$$M_{\text{ПП}} = n(M_{\text{Э}} + M_{\text{П}}) T_{\text{С}} \cdot K_{\text{У}},$$

где: n – поголовье птицы, голов; M_{Σ} - масса помета, кг/гол. в сутки; M_{Π} - масса подстилки, кг/гол. в сутки; T_c - продолжительность содержания, сут.; K_y - поправочный коэффициент, учитывающий усушку помета (0,7 – при клеточном и 0,50-0,65 – при напольном содержании птицы).

Нормативы выхода помета от 1 головы птицы представлены в табл. 8.8.

8.8. Суточный выход помета у птиц (НТП 17-99)

Виды и возрастная группа птиц	Выход помета, кг/гол. в сутки	Расчетная влажность помета, %
<i>Взрослая птица</i>		
Куры:		
яичные родительского стада	0,189	71-73
яичные промышленного стада	0,175	71-73
мясные родительского стада	0,276	71-73
Индейки	0,450	64-66
Утки	0,423	80-82
Гуси	0,594	80-82
<i>Молодняк ремонтный</i>		
Куры яичные (возраст, недель)		
1-4	0,024	66-74
5-9	0,097	66-74
10-12	0,176	66-74
Куры мясные (возраст, недель)		
1-8	0,140	66-74
9-18	0,184	66-74
19-26	0,288	66-74
Индейки (возраст, недель)		
1-17	0,378	70-72
18-33	0,480	70-72
Гуси (возраст, недель)		
1-3	0,330	76-78
4-9	0,480	76-78
10-30	0,495	76-78
31-34	0,495	76-78
Утки (возраст, недель)		
1-7	0,230	76-78
8-21	0,210	76-78
22-26	0,234	76-78
8-21 (тяжелый кросс)	0,234	76-78
22-28 (тяжелый кросс)	0,253	76-78
<i>Молодняк на мясо</i>		
Цыплята-бройлеры (возраст, недель)		
1-8 (в клетках)	0,135	66-74
1-9 (на полу)	0,158	66-74
Индейки (возраст, недель)		
1-8	0,175	70-72
9-16	0,364	70-72
9-23	0,420	70-72
Гуси (возраст, недель)		
1-3	0,352	76-78
4-9	0,480	76-78

Утки (возраст, недель) 1-8	0,230	76-78
-------------------------------	-------	-------

При гидравлических способах навозоудаления получают бесподстилочный жидкий навоз (помет), выход которого зависит от степени разбавления водой. В этом случае расчет выхода жидкого навоза (помета) проводится по формуле:

$$M_{\text{ЖН}} = \frac{n \cdot M_{\text{Э}} \cdot K_{\text{К}}(100 - W_{\text{Э}}) \cdot T_{\text{С}}}{100 - W_{\text{Н}}},$$

где: $W_{\text{Э}}$ - влажность экскрементов, %; $W_{\text{Н}}$ - влажность жидкого навоза (помета), %;
 $T_{\text{С}}$ - продолжительность содержания животных, сут.

Ориентировочный выход жидкого навоза на животноводческих комплексах представлен в табл. 8.9.

8.9. Выход жидкого навоза на животноводческих комплексах

Тип и размер комплекса	Объем жидкого навоза		Влаж- ность, %	Содержание в навозе, %		
	за сутки, м ³	за год, тыс. м ³		азот	Фосфор	калий
Свиноводческие комплексы						
Откорм 12 тыс. голов	111,8	40,8	95,8	0,21	0,09	0,11
Выращивание и откорм 12 тыс. голов	187,4	68,4	96,4	0,18	0,06	0,09
Откорм, 24 тыс. голов	223,6	81,0	95,8	0,21	0,09	0,10
Выращивание 24 тыс. го- лов	374,9	136,8	96,4	0,23	0,07	0,09
Производство и выращи- вание поросят, 24 тыс. го- лов	151,3	55,2	93,8	0,13	0,05	0,07
Выращивание и откорм, 54 тыс. голов	1300	474,6	98,3	0,08	0,04	0,04
Выращивание и откорм, 108 тыс. голов	2600	949,0	98,3	0,08	0,04	0,04
Комплексы по производству говядины и молока						
Выращивание нетелей тыс. ското-мест:						
3	84	30,6	93	0,22	0,14	0,22
6	168	648	93	0,22	0,14	0,22
Производство говядины, тыс.гол:						
3	123	44,9	93	0,22	0,14	0,22
5	205	74,8	93	0,22	0,14	0,22
10	410	149,7	93	0,22	0,14	0,22
Производство молока, коров:						
1200	93.8	34.2	90	0,29	0,18	0,28

Оплата урожаем 1 т подстилочного навоза в зависимости от почвенно-климатических условий, дозы внесения и сочетания с минеральными удобрениями составляет от 0,4 до 1,5 ц з.е.

Учитывая, что эффективность использования органических удобрений значительно повышается в пропашных севооборотах, в первую очередь, их вносят под картофель, овощи, кукурузу, сахарную и кормовую свеклу.

В связи с большими затратами на транспортировку и внесение органических удобрений пропашные севообороты, характеризующиеся большой потребностью в органических удобрениях, размещают, как правило, вблизи ферм и комплексов, где сосредоточено основное поголовье животных. В зернотравяных или зернопаровых севооборотах, размещенных на удаленных полях, поддержание оптимального режима органического вещества может осуществляться за счет пожнивно-корневых остатков культур и использования на удобрение соломы и сидератов в сочетании с минеральными удобрениями.

Дозы внесения органических удобрений устанавливаются с учетом вида возделываемых культур, планируемой урожайности, обеспеченности хозяйства органическими удобрениями и содержания в них питательных веществ, расстояния перевозки удобрений, экологических условий. Ориентировочные дозы внесения подстилочного навоза КРС приведены в табл. 8.10.

**8.10. Примерные дозы внесения подстилочного навоза КРС
под сельскохозяйственные культуры, т/га**

Почвы	Овощи, корне- плоды	Карто- фель	Куку- руза, подсол- нечник	Сахар- ная свекла	Ози- мые зерно- вые	Перио- дичность внесе- ния, лет
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	60-80	50-60	50-60	-	40-50	3-4
Дерново-подзолистые су- глинистые и глинистые	50-60	40-50	40-50	-	40-50	4-5
Серые лесные	40-60	40-50	30-50	40-60	30-40	4-5
Черноземы выщелоченные, обыкновенные, типичные	40-50	30-40	30-35	30-40	30-40	4-5
Черноземы южные, каштановые	30-40	30-40	20-30	30-40	20-30	5

Дозы остальных видов органических удобрений можно рассчитать, исходя из их удобрительной ценности по отношению к подстилочному навозу. Поправочные коэффициенты к дозам внесения подстилочного навоза КРС составляют для подстилочного навоза свиней – 1,1, овец – 0,8, лошадей – 0,9, птичьего помета сухого – 0,2, птичьего помета подстилочного – 0,3, торфо-пометного компоста – 0,7, полужидкого навоза – 1,8, полужидкого помета – 0,7, жидкого навоза – 5,0, жидкого помета – 2,0.

Бесподстилочный жидкий навоз и помет не рекомендуется вносить под овощи, лучше всего их использовать под кормовые культуры (кукуруза на силос, однолетние и многолетние травы и др.). Площадь сельскохозяйственных

угодий, необходимая для утилизации бесподстилочного навоза, ориентировочно устанавливается по азоту: без орошения – не более N200 кг/га, при орошении – не более N300 кг/га.

Важнейшими органическими удобрениями, особенно в условиях недостатка навоза, являются солома и сидераты. При урожайности зерновых 20-30 ц/га с соломой в почву может быть возвращено 10-15 кг азота, 5-8 кг фосфора, 20-35 кг калия. В связи с широким соотношением C:N недостаток азота в злаковой соломе необходимо компенсировать внесением азотных удобрений, доза которых рассчитывается по формуле:

$$D_N = (K \cdot N \cdot 0,04 - N) \cdot 10 \cdot M,$$

где: D_N - доза азотных удобрений, кг/га; K – соотношение C:N в соломе,

N - содержание азота в соломе, %; M – количество запахиваемой соломы, т/га.

В среднем на 1 т соломы злаковых культур необходимо вносить 10 кг азота.

Сидераты являются неисчерпаемым, постоянно возобновляемым источником органического вещества и элементов минерального питания. Культуры, возделываемые в сидеральных парах, должны быть преимущественно из семейства бобовых, обладать высокой азотфиксирующей способностью и обеспечивать максимальное накопление сидеральной массы ко времени посева озимых. Для пожнивных и поукосных посевов сидеральных культур важными факторами являются холодостойкость, морозостойкость и высокие темпы накопления вегетативной массы.

Наиболее обширной зоной, где сидераты дают хорошие результаты, является южно-таежнолесная с дерново-подзолистыми почвами, бедными гумусом и подвижными элементами питания. В этой зоне роль сидератов в окультуривании песчаных и супесчаных почв особенно велика. На территориях, расположенных южнее линии Санкт-Петербург-Тверь-Иваново-Нижний Новгород-Казань-Уфа, после уборки озимых и ранних яровых зерновых культур возможны пожвные посевы сидератов.

В Центральном Нечерноземье после уборки озимых зерновых культур пожвный период длится более 60 дней, в течение которых выпадает 150 мм и более осадков, а сумма биологически активных температур достигает 800-1000°C, что составляет 30-40% агроклиматических ресурсов всего теплого времени года. Этого количества тепла и влаги достаточно для выращивания в повторных (пожвных и поукосных) посевах таких быстрорастущих, устойчивых к заморозкам культур, как горчица белая, озимый и яровой рапс, редька масличная, фацелия. В пожвных посевах они дают по 150-200 ц/га зеленой массы.

На Северном Кавказе сидеральные культуры возделываются в повторных посевах на эродированных и орошаемых землях для улучшения агрофизических свойств и обогащения их органическим веществом, защиты почвы от смыва и выдувания. Для этих целей используются озимый рапс, озимая сурепица, зимующий и яровой горох, люпин, злаковые культуры в чистом виде и в смеси с бобовыми.

В Сибири сидераты успешно возделываются в самостоятельных посевах – многолетний и однолетний люпин на дерново-подзолистых почвах, донник – на солонцеватых. Возможны здесь и повторные посевы горчицы белой и других культур с коротким вегетационным периодом на корм и зеленое удобрение.

В районах Дальнего Востока, отличающихся достаточным количеством тепла и влаги, особенно во вторую половину лета и осенью, в качестве сидеральных культур целесообразно выращивание люпина многолетнего и однолетнего, сои, клевера.

К основным сидеральным культурам, возделывание которых возможно во многих природно-экономических зонах, относятся: из семейства бобовых – многолетний и однолетний люпин, донник, горох кормовой, вика яровая, сераделла; из других семейств – редька масличная, сурепица, рапс, фацелия, амарант, перко. В таблице 8.11 приводится их биологическая характеристика.

8.11. Биологическая характеристика сидеральных культур

Культура	Период от посева до максимальной продуктивности надземной массы, дней	Потребность в тепле – сумма активных температур, °С	Показатель засухоустойчивости культуры
Донник белый	85-95	1200-1400	Очень засухоустойчивая
Донник желтый	85-95	1200-1400	То же
Люпин многолетний	95-105	1400-1600	Слабо засухоустойчивая
Люпин однолетний	70-80	900-1100	То же
Сераделла	80-90	1100-1300	-«-
Горох кормовой	75-85	900-1200	-«-
Бобы кормовые	75-85	900-1200	-«-
Горчица белая	50-60	700-800	-«-
Сурепица яровая	40-50	600-750	-«-
Перко	85-95	1200-1400	-«-
Рапс яровой	50-60	750-850	-«-
Фацелия	55-65	700-800	-«-
Редька масличная	45-55	650-800	Средне засухоустойчивая
Амарант	70-85	850-1200	То же
Вика яровая	80-90	1100-1300	Влаголюбивая

8.4.3. Известкование кислых почв

Известкование является необходимым приемом повышения плодородия кислых дерново-подзолистых, серых лесных почв. Известь оказывает многостороннее действие на почву. Она устраняет кислотность почвы, уменьшает содержание подвижного алюминия, улучшает микробиологическую деятельность в почве (аммонификацию, нитрификацию, активность симбиотических и свободноживущих в почве азотфиксирующих микроорганизмов), повышает насыщенность почв основаниями и буферность, улучшает физические свойства

почв, их водный и воздушный режим, способствует переводу труднодоступных для растений фосфатов алюминия и железа в более доступные фосфаты кальция и магния.

Реакция почвенного раствора изменяется в результате выноса кальция и магния урожаем, их вымывания за пределы корнеобитаемого слоя, подкисления физиологически кислыми удобрениями, выпадения кислых дождей («вторичная кислотность», вызванная загрязнением атмосферы промышленными выбросами).

Потери кальция из корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами в среднем составляет 100...200 кг/га. Потери кальция и магния возрастают на лёгких почвах. Необходима постоянная компенсация отчуждаемого кальция повторным известкованием. Основным путём устранения избыточной кислотности – это применение оптимальных доз извести с рекомендуемой периодичностью.

8.12. Потери кальция и магния из почвы, кг/га в год

Место исследования	Почва	Вымывание из почвы	
		CaCO ₃	MgCO ₃
Московская обл.	Дерново-подзолистая супесчаная	75-580	-
Ленинградская обл.	Дерново-подзолистая супесчаная	580	67
Белоруссия	Дерново-подзолистая супесчаная	208	50
	Дерново-глееватая тяжелосуглинистая	408	88
Литва	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	576	147
	Дерново-подзолистая песчаная на тяжёлом суглинке	646	92

5.6. Вынос кальция и магния с урожаем сельскохозяйственных культур, кг/т продукции

Культуры	Продукция	CaCO ₃	MgO ₃	Сумма карбонатов*
Рожь озимая	Зерно + солома	8,8	6,0	14,8
Пшеница: озимая	«»	6,3	6,5	12,8
Ячмень яровой	«»	7,7	6,3	14,0
Овёс	«»	9,7	7,2	16,9
Гречиха	«»	18,0	8,5	16,5
Горох	«»	31,5	10,0	41,5
Лён-долгунец	Семена + солома	17,1	16,4	33,5
Сахарная свекла	Корнеплоды	2,9	1,3	4,3
Картофель	Клубни	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды	Корнеплоды	0,5	1,0	1,5
Кормовой люпин	Зеленая масса	2,9	1,5	4,4
Клевер красный	Сено	42,2	19,0	61,2
Люцерна	«»	45,5	7,8	53,3
Травы: многолетние	«»	27,0	12,5	39,5
однолетние	«»	30,0	10,6	40,6
Капуста	Кочаны	1,3	0,8	2,1
Луговые травы: бобово-злаковые	Сено	17,1	10,2	27,3
злаковые	«»	7,2	5,0	12,2

*Из известкованных почв вынос кальция и магния на 10...20 % выше, чем из неизвесткованных. Например, при урожайности сена клевера красного 5 т/га из почвы выносятся 211 кг/га CaCO₃ и 95 кг/га MgCO₃

Потери кальция и магния из почвы вследствие вымывания показаны в таблице 8.12., вынос с урожаем разных культур в таблице 8.13.

Избыточная кислотность почвы нарушает нормальный ход ферментативных процессов, углеводный и белковый обмен в растении, затрудняет образование белка при увеличении содержания небелкового азота. По отношению к кислотности почвы и известкованию основные сельскохозяйственные культуры объединены в четыре группы (таблица 8.14.).

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена по обменной кислотности: при рН_{KCl} менее 4,5 потребность в известковании сильная, при 4,6-5,0 – средняя, 5,1-5,5 – слабая, при рН более 5,5 – отсутствует.

Значительно точнее нуждаемость в известковании может быть установлена при учете насыщенности почв основаниями и гранулометрического состава (таблица 8.15). При известковании кроме свойств почвы учитывают особенности культур (таблица 8.14).

8.14. Группировка сельскохозяйственных культур по отношению к кислотности почв

Группа культур, оптимальный рН _{KCl}	Группы культур				
	Зерновые и зернобобовые	Технические	Овощные, корнеклубнеплоды, силосные	Травы	Плодово-ягодные
I группа, рН 5,8-6,5: наиболее чувствительные к повышенной кислотности	-	Сахарная свекла	Свекла кормовая и столовая, капуста белокочанная, лук, чеснок, сельдерей	Клевер красный, люцерна, донник, райграс, костёр, ежа сборная	Смородина
II группа, рН 5,3-6,0: чувствительные к повышенной кислотности	Пшеница озимая и яровая, ячмень, горох, пелюшка	-	Кукуруза, брюква, турнепс, огурцы, салат, капуста цветная, кормовая	Вика, лисохвост, овсяница луговая, мятлик	Яблоня, слива, вишня
III группа а) рН 4,5-6,0: менее чувствительные к повышенной кислотности б) рН 4,8-5,7: трудно переносящие избыток кальция	Овёс, рожь, гречиха	-	-	Тимофеевка	-
	-	Лён	Морковь, томаты, подсолнечник	-	Малина, земляника, крыжовник, груша
IV группа, рН 4,5-6,0: переносящие повышенную кислотность	-	-	Щавель, картофель, люпин	Сераделла	-

В севооборотах с большим насыщением картофелем, льном слабо нуждающиеся почвы не известкуют. В севооборотах с чувствительными к кислотности культурам и в первую очередь необходимо известковать не только почвы сильно нуждающиеся в известковании, но и средне нуждающиеся.

8.15. Нуждаемость почв в известковании в зависимости от гранулометрического состава, величины pH и степени насыщенность почв основаниями V

Гранулометрический состав	Нуждаемость в известковании							
	сильная		Средняя		слабая		отсутствует	
	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %
Тяжело и средне-суглинистая	<5,0	<45	5,0...5,5	45...60	5,5...6,0	60...70	>6,0	>70
	<4,5	<50	4,5...5,0	50...65	5,0...5,5	65...75	>5,5	>75
	<4,0	<55	4,0...4,5	55...70	4,5...5,0	70...80	>5,0	>80
Легкосуглинистая	<5,0	<35	5,0...5,5	35...55	5,5...6,0	55...65	>6,0	>65
	<4,5	<40	4,5...5,0	40...60	5,0...5,5	60...70	>5,5	>70
	<4,0	<55	4,0...4,5	45...55	4,5...5,0	65...75	>5,0	>75
Супесчаная и песчаная	<5,0	<30	5,0...5,5	30...45	5,5...6,0	45...55	>6,0	>55
	<4,5	<35	4,5...5,0	35...50	5,0...5,5	50...60	>5,5	>60
	<4,0	<40	4,0...4,5	40...55	4,5...5,0	55...65	>5,0	>65
Заболоченная торфянистая и торфяно-болотная почва	<3,5	<35	3,5...4,2	35...55	4,2...4,8	55...65	>4,8	>65

Различают основное и повторное (поддерживающее) известкование.

Основное известкование – обеспечивает заданную или оптимальную реакцию почвы. Количество извести, необходимое для доведения реакции кислых почв до значения pH солевой вытяжки более 5,5, называют полной дозой.

Ориентировочные дозы извести можно определить по величине pH_{KCl}. Для дерново-подзолистых почв, содержащих не более 3 % органического вещества, рекомендуемые дозы извести показаны в таблице 8.16.

8.16. Дозы извести в зависимости от pH солевой вытяжки и гранулометрического состава почв, т/га

Гранулометрический состав	pH _{KCl}					
	4,5 и менее	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4...5,5
Супесчаные и легкосуглинистые	Более 4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,0...2,0
Средне- и тяжелосуглинистые	Более 6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5...4,0

Более точно можно установить полную дозу извести по величине гидролитической кислотности. При расчёте дозы извести (в т/га CaCO₃) значение гидролитической кислотности (Нг, м-экв/100 г почвы) умножают на коэффициент 1,5:

$$Д = 1,5 Нг$$

Например, величина гидролитической кислотности 4 м-экв/100 г почвы. Доза CaCO₃ будет 1,5 х 4 = 6 т/га.

Дозу конкретных известковых удобрений (Д) вычисляют с учетом содержания в них суммы нейтрализующих кислотность веществ (в расчёте на CaCO₃), количества крупных частиц (более 1 мм), практически не участвующих в

нейтрализации почвенной кислотности и влажности материала по следующей формуле:

$$Д = \frac{\text{доза CaCO}_3 (т / га) \times 100 \times 100}{\% \text{CaCO}_3 \times (100 - \% \text{частиц})} \times \frac{100}{100 - \% \text{влажности}},$$

где $\% \text{CaCO}_3$ – содержание CaCO_3 в известковых удобрениях,
 $\% \text{частиц}$ – доля частиц мелиоранта размером более 1 мм.

Устанавливая дозу извести для конкретных условий, необходимо учитывать гранулометрический состав почвы и особенности культур севооборота. На тяжёлых почвах и под культуры очень чувствительные к повышенной кислотности (свекла, кукуруза, клевер, люцерна, капуста и др.) лучше вносить полную дозу извести, рассчитанную по гидролитической кислотности. На более лёгких малобуферных почвах и для культур, менее чувствительных к кислотности (картофель, люпин и др.), дозу извести уменьшают на $1/2 \dots 1/3$.

Реакция почвенного раствора и твёрдой фазы почвы не является постоянной. Она изменяется под влиянием образующихся в почве кислот, в результате биологических, химических и физико-химических процессов, выноса кальция и магния с урожаем, их вымывания за пределы корнеобитаемого слоя, подкисления физиологически кислыми удобрениями, потерь на эродированных почвах, а также выпадения кислых дождей вследствие загрязнения атмосферы промышленными выбросами.

Повторное (поддерживающее) известкование проводят для поддержания заданной или достигнутой реакции почвы.

Повторное известкование проводится через 7...10 лет, если первое известкование проводилось полными дозами (5...8 т/га). Если первое известкование проводилось заниженными дозами, то повторное известкование проводится через 3...5 лет. Дозы повторного известкования устанавливают по той же таблице, что и первого. Повторное известкование проводят до тех пор, пока не будет достигнуто оптимальное значение рН почвы. Кроме повторного (периодического) известкования целесообразно применять *нейтрализованные известью минеральные удобрения*. В настоящее время количество CaCO_3 (т), которое расходуется на нейтрализацию 1 т минеральных удобрений, принято считать следующим (данные ВИУА): Аммиачная селитра - 0,75; Мочевина - 0,80; Сульфат аммония - 1,25; Хлористый аммоний - 1,40; Безводный аммиак - 1,50; Калийные удобрения - 0,16; Суперфосфат - 0,20; Аммиачная вода - 0,50

Вредное действие кислотности на растения на торфяных почвах сказывается при очень низких значениях рН. Принятая группировка торфяных почв по степени нуждаемости в известковании показана в таблице 8.17., а рекомендуемые дозы извести, дифференцированные по массе пахонных горизонтов в таблице 8.18.

8.17. Группировка торфяных почв по степени нуждаемости в известковании (40)

Нуждаемость в известковании	pH _{ксл}	Степень насыщенности основаниями, %
Сильная	менее 3,5	менее 35
Средняя	3,5-4,2	35 - 55
Слабая	4,2-4,8	55 - 65
отсутствует	более 4,8	более 65

8.18. Потребность торфяных почв в известковании, т/га (40)

pH _{ксл}	Гидролитическая кислотность, ммоль (м-экв)/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Нормы CaCO ₃ при массе пахотного слоя мощностью 20 см	
			<500 т/га	>500 т/га
<3,90	>100	<25	10...12	12...6
3,90...4,30	100...60	25...50	4...6	6...8
4,31...4,70	60...40	50...65	2,5...4	3,5...5
4,71...5,00	40...30	65...75	1...2	2...3
>5,00	<3,0	>75	не нуждаются	

8.19. Нормы расхода извести, необходимые для сдвига реакции до оптимального уровня pH, на дерново-подзолистых почвах (171)

Исходное значение рН	Оптимальное значение рН	Разница рН между оптимальным и исходным значениями	Норма расхода СаСО ₃ , т/га	
			на 0,1 рН	на разницу рН
Пашня				
4,5	5,9	1,6	0,77	12,3
4,6...5,0	5,9	1,1	0,93	10,2
5,1...5,5	5,9	0,6	1,15	6,9
Сенокосы и пастбища				
4,2	5,6	1,3	0,75	9,8
4,6....5,0	5,6	0,8	0,93	7,4
5,1....5,5	5,6	0,3	1,15	3,4
Многолетние насаждения				
4,3	5,8	1,5	0,75	11,2
4,6...5,0	5,8	1,0	0,93	9,3
5,1...5,5	5,8	0,5	1,15	5,7

Для дерново-подзолистых почв рассчитаны нормы расхода извести, необходимые для сдвига реакции до оптимального уровня pH (таблица 8.19.).

Единых рекомендаций по известкованию выщелоченных и оподзоленных чернозёмов нет. Норму извести определяют по гидролитической кислотности.

В практике ряда стран (например, Германии) рекомендуется снижать дозу извести на почвах с повышенным содержанием гумуса. Основываясь на этих положениях, предложено наиболее целесообразным для разных (по содержанию гумуса) почв исходить при определении дозы извести из следующих долей от гидролитической кислотности:

почвы	содержание гумуса, %	доза извести (в долях Нг)
Дерново-подзолистые	1...3	0,66...0,75
Серые лесные	3...5	0,50
Темно-серые лесные	6...8	0,33
Черноземы оподзоленные	8...12	0,25

Известкование можно проводить в течение всего года. Зимой его следует планировать на полях, где затруднено внесение удобрений в другие периоды (на переувлажнённых почвах, отдаленных полях с плохими подъездными путями). При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- для известкования выбирать поля с ровным рельефом;
- глубина снежного покрова не должна превышать 20 см;
- нельзя известковать почву по озимым, могут вымерзнуть по колее;
- высота рассева из центробежных машин не менее 20 см от верхней отметки снежного покрова;
- нельзя вносить цементную пыль и удобрения, содержащие в своем составе соединения типа СаО;
- нельзя вносить известковые удобрения при скорости ветра 5...6 м/с;
- не рекомендуется вносить зимой известковые удобрения с влажностью выше 8 %, т. к. они смерзаются и плохо распределяются по поверхности;
- для предотвращения сноса ветром известковые удобрения необходимо заделывать шлейфом или лёгкой бороной на глубину 5...7 см.

При составлении плана известкования нужно принимать во внимание особенности действия удобрений на отдельные культуры, а также учитывать технологию возделывания культур в севообороте.

При известковании кислых почв лёгкого гранулометрического состава в севооборотах с люпином лучше применять магнийсодержащие известковые материалы, известь вносить в половинной дозе, добиваясь равномерного рассеивания. На связных почвах дозу извести можно увеличить и вносить её непосредственно под люпин. После известкования рекомендуется применять бор-магниевого удобрения.

На естественных лугах и пастбищах на кислых почвах известкование проводят поверхностно, лучше после укоса или осенью, полной нормой по гидролитической кислотности, перед дискованием, а посев трав после него. При создании долголетних культурных пастбищ и сенокосов известковые удобрения нужно вносить под предварительные культуры, если они возделываются первые 1...2 года освоения. Если перед посевом трав известкования не было проведено, то на средне- и слабокислых почвах нужно обязательно внести известковые удобрения поверхностно.

При известковании почв в овощных севооборотах известь можно вносить под любую культуру.

При необходимости под картофель известь лучше вносить тогда, когда вносится под эту культуру органическое удобрение, использовать борные удобрения и на 10...15 % увеличить дозы калийных удобрений.

Озимые и яровые зерновые хорошо отзываются на известкование не только на сильнокислых почвах, но и на среднекислых.

Наиболее отзывчивы на известкование бобовые культуры. Известь применяют в полной дозе и заделывают под покровную культуру.

В льняных севооборотах известковые удобрения можно вносить не только под зерновые культуры и многолетние травы, но, при необходимости, и под лён. При этом целесообразно вносить борные удобрения и повышенные дозы калийных удобрений.

Известкование кислых почв повышает эффективность удобрений на 30...40 %.

8.5. Фитосанитарная оптимизация агроценозов

8.5.1. Основные вредители и болезни сельскохозяйственных культур

Общее фитосанитарное состояние агроландшафтов определяется как совокупность частных показателей отдельных функциональных земельных участков по уровню распространения вредных и полезных организмов.

Среди вредителей широкое распространение получили виды многоядных вредных организмов, питающихся растениями различных ботанических групп и специализированные виды, повреждающие лишь отдельные группы растений. В группу многоядных отнесены вредители, которые быстро размножаются на бросовых землях или на пашне при низкой культуре земледелия. К группе многоядных вредителей относятся: луговой мотылек, стадные и нестадные саранчовые, мышевидные грызуны и суслики (на посевах озимых зерновых, в лесополосах), обыкновенная полевка (на посевах озимых, многолетних трав и в посадках плодовых), водяная полевка (на лугах, покосах, пастбищах), грызущие и подгрызающие совки, проволочники, кукурузный стеблевой мотылек.

Специализированные вредные организмы приурочены к конкретным растениям (группам растений определенных семейств).

Зерновые и зернобобовые. Перечень экономически значимых специализированных вредителей и возбудителей болезней растений представлен видами, указанными в таблице 8.20.

По отношению к зерновым колосовым культурам особо опасными, вызывающими чрезвычайные ситуации являются клоп вредная черепашка и фузариоз колоса. В годы массового размножения и распространения клопа черепашки при повреждении им зерна и ухудшении хлебопекарных качеств из разряда продовольственного в кормовое переводится свыше 5 млн. т зерна. В годы эпифитотий при поражении посевов фузариозом из-за загрязнения микотоксинами становится непригодным для пищевых и кормовых целей до 4-5 млн.т зерна.

8.20. Специализированные вредители и возбудители болезней зерновых и зернобобовых культур, способные нанести экономически значимый ущерб в агроландшафтах

Культура	Вредители	Болезни
Пшеница	Клоп вредная черепашка, хлебные клопики, блошки, тли, цикадки, трипсы, пьявицы, хлебная жужелица, хлебные жуки, злаковые мухи, зерновая совка, вредители запасов, клещи.	Пыльная, твердая, карликовая головня; стеблевая, бурая, желтая ржавчина; плесневение и гниль семян; обыкновенная, гельминтоспориозные и фузариозные корневые гнили; фузариозная снежная плесень; мучнистая роса; темнотурья пятнистость; офиоболез; фузариоз колоса; септориоз; церкоспореллез.
Ячмень	Пьявица, хлебные блошки, злаковые мухи, проволочники, тли, трипсы, стеблевые пилильщики, шведская муха.	Ложная пыльная, каменная и черная головня, гельминтоспориозная и фузариозная корневые гнили, церкоспореллез, темно-бурая пятнистость, ринхоспориоз, сетчатая пятнистость, фузариозы, мучнистая роса, ржавчина.
Рожь	Пьявица, злаковые мухи, тли, трипсы.	Церкоспореллез, мучнистая роса, класпориз, альтерналиоз, ржавчина бурая, стеблевая, септориоз, снежная плесень, фузариозная корневая гниль, стеблевая головня, ринхоспориоз, офиоболез, фузариоз колоса, ломкость стеблей.
Овес	Злаковые мухи, тли.	Пыльная, покрытая головня, фузариозная корневая гниль, корончатая ржавчина, красно-бурая пятнистость.
Просо	Комарики, тли.	Фузариозная и гельминтоспориозная корневые гнили, головня метелок, твердая и пыльная головня.
Кукуруза	Южный серый долгоносик, кукурузный мотылек, проволочники, тля листовая, цикадки.	Плесневение семян, пузырчатая головня.
Рис	Тли, комарики, прибрежная муха, щитень, эстерия, рисовый афеленхонд (нематода).	Фузариозная корневая гниль, пирикулярноз.
Зернобобовые	Гороховая плодоярка, гороховая зерновка, клубеньковые долгоносики, бобовая огневка, тли, совки, гороховый комарик, трипсы.	Фузариозная корневая гниль, фузариоз гороха, плесневение семян, аскохитоз, серая гниль.

В результате распространения вредителей в агроландшафтах потенциальные потери зернового производства в России оцениваются ежегодно на уровне 27,4 млн.т. зерновых единиц (з.ед.), возбудителей болезней - 34,9 млн.т. з.ед.

Технические культуры. Специализированные вредные организмы технических культур в агроландшафтах представлены в таблице 8.21.

8.21. Специализированные вредители и болезни технических культур, способные нанести экономически ощутимый ущерб в агроландшафтах

Культура	Вредители	Болезни
Сахарная свекла	Восточный, восточный полосатый и другие долгоносики, свекловичная листовая тля, свекловичная минирующая муха, свекловичная моль, свекловичные блошки, подгрызающие совки, луговой мотылек, цикадки, крошка, щитоноски, мертвоеды, свекловичная нематода.	Церкоспороз, корневые всходы, мучнистая роса, ржавчина, рамуляриоз, фомоз, при хранении (кагатная гниль, плесневение корнеплодов, фузариоз, фомоз, ооспороз, серебристая парша, ризоктониоз).
Лен	Блошки, плодоярки, льняной и другие трипсы, совка-гамма.	Антракноз, крапчатость, бактериоз, пасмо.
Конопля	Блошки, листовёртки, кукурузный мотылек.	
Кенаф	Клопы, тли.	
Подсолнечник	Луговой мотылек, клопы, тли.	Белая гниль, пероноспороз, фомосис.
Соя	Паутинный и другие клещи, тли, листоеды, луговой мотылек, соевая плодоярка.	Фузариозы, бактериальный ожог, септориоз, бактериоз, оливковая пятнистость.
Рапс	Рапсовый цветоед, крестоцветные блошки, клопы, белянки, тли, блошки.	Корневые гнили, пероноспороз, альтернариоз.
Мак масличный	Корневой скрытохоботник, скрытохоботник коробчатый, тли, листовёртки, галлицы, клещи, луговой мотылек, медяк.	Фузариозная корневая гниль.
Табак, махорка	Тли, трипсы.	Черная корневая гниль табака.
Хмель	Паутинный и другие клещи, тли, скосярь люцерновый.	Ложная мучнистая роса

Картофель и овощные культуры

По уровню потерь урожая от вредных организмов в ландшафтах картофелеводство и овощеводство занимают первое место. Ежегодные потенциальные потери картофелеводства от вредителей оцениваются 6,52 млн.т з.ед, от болезней – 15 млн.т з.ед ; овощных культур соответственно – 4,1 и 6,2 млн.т з.ед.

8.22. Специализированные вредные организмы картофеля и овощных культур, способные нанести ощутимый ущерб в агроландшафтах

Культура	Вредители	Болезни
Картофель	Колорадский жук, картофельная моль, картофельная коровка, тли, проволочники, стеблевая нематода.	Фитофтороз, ризоктониоз, фузариозное и вертицеллезное увядание, черная ножка, альтернариоз, бурая пятнистость листьев, рак картофеля, фузариозная сухая гниль, мокрая гниль клубней, фомоз, ооспороз.
Капуста	Хреновый листоед, капустная и репная белянки, капустная моль, огневки, капустная совка.	Черная ножка, полегание растений, сосудистый бактериоз, серая гниль, капустная кила.
Морковь	Морковная муха, листовые блошки.	Фомоз, белая, серая и сухая гнили, бурая пятнистость, септориоз, церкоспороз, альтернариоз.
Лук	Луковая муха	Пероноспороз лука, белая гниль донца и плесневение чеснока.
Огурцы	Паутинный клещ, табачный, западный цветочный трипсы, тепличная ростковая муха, белокрылка, тли, галловая нематода (теплицы).	Фузариозная, ризоктониозная и питиозная корневые гнили, фузариозное увядание, бактериоз, мучнистая роса, пероноспороз, бурая угловатая пятнистость, белая гниль, фузариоз, аскохитоз, “черная ножка” корнеед, черная корневая гниль, белая и серая гнили.
Томаты	Белокрылка, паутинный клещ, персиковая, бахчевая тли, табачный, западный цветочный трипсы, колорадский жук, подгрызающие совки, галловая нематода (теплицы).	Фузариозная, ризоктониозная, питиозная корневые гнили, бактериальное увядание, белая и серая гнили, антракноз, аскохитоз, фузариозное увядание, макроспориоз, бурая пятнистость листьев, фитофтороз, альтернариоз, мучнистая роса.
Арбуз, дыня, кабачки	Подгрызающие совки, дынная муха, клещи, тли, бахчевая коровка.	Пероноспороз, мучнистая роса, антракноз, аскохитоз.

Плодовые, ягодные культуры и виноград. В плодоводстве, как и в картофелеводстве и овощеводстве, основные площади культур находятся в личных подсобных хозяйствах. Вредные организмы, распространенные в агроценозах плодовых культур представлены в таблице 8.23.

Потенциальные потери урожая от вредителей в посадках плодовых культур оцениваются в пересчете на зерно – 2,2 млн.т з.ед.и от возбудителей болезней –2,1 млн.т. з.ед.

8.23. Специализированные вредители и болезни растений в посадках плодовых, ягодных культур и винограда, способные нанести ощутимый экономический ущерб

Культура	Вредители	Болезни
Яблоня	Кольчатый и другие шелкопряды, краснокрылый трубноверт, моль-малютка, тли, медяница, жуки, долгоносики, стеклянница яблонная, щитовки, паутинный и красный плодовой клещ, клещ Шлехтендаля, розанная, всеядная, сетчатая, ивовая, кривоусовая листовертки, бурополосовая пяденица, яблонная и плодовая моли, американская белая бабочка, тли, златогузка, листовертки, боярышница, яблонная плодоярка, совки, древесница вьедливая.	Мониллиальный ожог цветков и листьев, цитоспороз, млечный блеск, черный рак, филлостикоз, пятнистость кониотириозная, ржавчина парша, мучнистая роса, сажистый грибок "мухосед", чернорак, пятнистость, другие пятнистости листьев, мониллиоз.
Яблоня, груша	Клещи, тли, толстоножки, плодоярки, листовертки, пилильщики, щитовки, ложнощитовки, грушевая медяница, восточная плодоярка.	Мучнистая роса, парша, ржавчина груш, филлостикоз, пятнистость кониотириозная, ржавчина, пятнистость чернорак, мониллиоз, "млечный блеск", черный рак, цитоспороз, мониллиальный ожог цветков и листьев.
Вишня, черешня	Тли, долгоносики, плодоярки, пилильщики, вишневая муха, шелкопряды, моли, листоеды, пяденицы, щитовки.	Кластероспориоз, курчавость листьев, коккомикоз, мониллиоз, мониллиальный ожог.
Слива	Сливовая плодоярка, клещи, тли, пилильщики, долгоносики.	Кластероспориоз, курчавость листьев, коккомикоз, мониллиоз, мониллиальный ожог.
Персик	Клещи, тли, восточная плодоярка.	Курчавость, кластероспориоз, парша.
Смородина	Тли, моль, листовая и побеговая галлицы, листовертки, медяницы, пилильщики, щитовки, ложнощитовки, клещ Шлехтендаля.	Антракноз, американская мучнистая роса, септориоз, ржавчина.
Крыжовник	Паутинный клещ, листовая галлица, листовертки, крыжовниковая огневка, крыжовниковый пилильщик.	Американская мучнистая роса, ржавчина, антракноз, септориоз.
Малина	Малиновый жук, малинная почковая моль, малинно-земляничный долгоносик, клещи, тли, цикадки, листовертки, галлицы, пилильщики, клещи.	Пурпурная пятнистость, серая гниль.
Земляника	Белокрылка, малинно-земляничный долгоносик, пилильщики, клещи, крапивно-листовой долгоносик, земляничный листоед, земляничная листовертка, земляничный пилильщик, шелкокрытый пилильщик.	Мучнистая роса, вертициллезное увядание, кожистая фитофторозная гниль плодов, серая гниль.
Виноград	Гроздевая листовертка, мучнистый и другие червецы, листовая филлоксеры, филлоксеры, паутинный клещ, ложнощитовки.	Ильдю, оидиум, черная пятнистость, краснуха, антракноз, серая гниль, черная гниль.
Цитрусовые	Белокрылки, червецы, ложнощитовки, щитовки.	Парша, мальсекко, антракноз, бактериальный некроз, гнили плодов.

Кормовые культуры. Наиболее низкий уровень фитосанитарного состояния наблюдается на посевах кормовых культур на пашне и на естественных кормовых угодьях. Перечень наиболее опасных вредителей и болезней представлен в таблице 8.24.

8.24. Специализированные вредители и возбудители болезней на посевах кормовых культур, способные нанести ощутимый экономический ущерб

Культура	Вредители	Болезни
Люцерна	Луговой мотылек, совки, огневки, галлицы, долгоносики, фитономус и другие клопы, тли, толстоножки.	Бурая пятнистость, пероноспороз.
Эспарцет	Клопы, тли, толстоножки, долгоносики, луговой мотылек, совки, огневки, галлицы.	Рамуляриоз, септориоз, мучнистая роса.
Клевер	Долгоносики, клопы, листогрызущие совки.	Фузариозная корневая гнь, аскохитоз, бурая пятнистость, рак.
Люпин	Стеблевая минирующая муха, тли.	Аскохитоз, фузариоз, антракноз, серая гниль, фомопсис, плесневение семян.
Кормовые многолетние злаковые травы	Колосовые мухи тимоевки	Плесневение семян, аскохитоз, гельминтоспориоз, фузариоз, спорынья.

При значительных площадях кормовых культур в структуре агроландшафтов в абсолютном выражении велики потенциальные потери урожая от вредителей –4,0 млн.т и от болезней –2,4 млн. т в пересчете на зерно.

8.5.2. Наиболее вредоносные виды сорных растений

Сорный компонент агроландшафтов представлен 120 экономически значимыми видами. Наиболее опасными (10 видов) в посевах озимых зерновых являются: вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, бодяк полевой *Cirsium arvense*, осот полевой *Sonchus arvensis*, марь белая *Chenopodium album*, сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, виды щириц *Amaranthus* spp., ромашка непахучая *Matricaria inodora*, виды щетинников *Setaria* spp., овсюг обыкновенный *Avena fatua*, просо куриное *Echinochloa crus-galli*; в посевах яровых зерновых - осот полевой *Sonchus arvensis*, бодяк полевой *Cirsium arvense*, вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, овсюг обыкновенный *Avena fatua*, просо куриное *Echinochloa crus-galli*, виды щетинников *Setaria* spp., марь белая *Chenopodium album*, виды щириц *Amaranthus* spp., сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, ромашка непахучая *Matricaria inodora*; в посевах кукурузы- вьюнок полнвой *Convolvulus arvensis*, бодяк полевой *Sonchus arvensis*, виды щириц *Amaranthus* spp., марь белая *Chenopodium album*, сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, виды щетинников *Setaria* spp., просо куриное *Echinochloa crus-galli*, овсюг обыкновенный *Avena fatua*, гумай *Sorghum halepense*, пырей ползучий *Agropyron repens*; в посевах сахарной свеклы – марь белая *Chenopodium album*, виды щириц *Amaranthus* spp., сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, бодяк полевой *Cirsium arvensis*, осот полевой *Sonchus arvensis*, вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, просо куриное *Echinochloa crus-galli*, виды щетинников *Setaria* spp., овсюг обыкновенный

венный *Avena fatua*, пырей ползучий *Agropyron repens*, в посадках картофеля – марь белая *Chenopodium album*, осот плевой *Sonchus arvensis*, бодяк полевой *Cirsium arvensis*, пырей ползучий *Agropyron repens*, редька дикая *Raphanus raphanistrum*, мокрица средняя *Stellaria media*, виды пикульника *Galeopsis* spp., виды щириц *Amaranthus* spp., просо куриное *Echinochloa crus-galli*, подмаренник цепкий *Galium aparine*.

Ежегодные потенциальные потери урожая от сорных растений культур в агроландшафтах оцениваются 39,3 млн.т. з.ед.

Общие среднегодовые потери урожая от вредителей болезней и сорняков составляют 101,6 млн. з. ед. в среднем ежегодно.

В связи с высокими потерями урожая от вредных организмов защитные мероприятия в агроландшафтах представляют одно из важнейших направлений повышения их продуктивности.

Приведенные данные о видовом многообразии вредных организмов и пространственном размещении по элементам агроландшафтов позволяют определить стратегию и разработать основные принципы управления фитосанитарным состоянием на основе интеграции известных методов защиты растений с учетом критериев экономической эффективности и биобезопасности управляющих воздействий.

8.5.3. Экономическая оценка вредоносности и целесообразности применения защитных мероприятий

В качестве экономического критерия целесообразности проведения защитных мероприятий предлагается рассматривать уровень распространения вредных организмов, превышающий экономический порог их вредоносности.

Экономические пороги вредоносности позволяют оценивать уровни распространения вредителей, возбудителей болезней и сорняков на конкретных полях и участках в связи с определением целесообразности проведения защитных мероприятий. Все участки с численностью вредных организмов, превышающей экономический порог вредоносности подлежат воздействию защитных мероприятий. Разработка и использование экономических порогов вредоносности, подобно системе учета и оценки численности вредных организмов, - обязательный элемент системы управления фитосанитарным состоянием агроландшафтов.

Экономические пороги вредоносности (ЭПВ) рассчитываются для каждого конкретного агроценоза в агроландшафте. Порядок расчета ЭПВ следующий.

На первом этапе определяется величина дополнительного урожая (Д.У.), окупающая затраты на применение регулирующих мероприятий (например гербицидов), ц/га по формуле $ДУ = З/Ц$, где З - затраты на применение гербицидов (руб.), Ц - цена 1 ц урожая плановая или фактическая реализационная с конкретного поля, руб/ц. На втором этапе вычисляется экономический порог вредоносности сорняков (ЭПВ) по формуле: $ЭПВ = ДУ/в$, где в – коэффициент потерь урожая (ц/га) в расчете на 1 сорняк/ 1м². Коэффициент потерь урожая на 1 вредный организм (балл распространения) может выражаться в абсолютных цифрах (кг урожая/га/ особь на 1м²) или в относительных в % потерь на 1 сор-

няк на 1 м² от планируемого (на этапе планирования защитных мероприятий) или фактического урожая конкретного поля (в период проведения защитного мероприятия и оценки эффективности защитного мероприятия).

Расчетные показатели коэффициентов потерь, обычно разрабатываются научно-исследовательскими учреждениями, носят зональный характер. Для примерных расчетов разработаны общие показатели экономических порогов вредоносности, публикуемые в справочной литературе по культурам и вредным организмам.

Для иллюстрации приводятся исходные данные вредоносности сорных растений в виде показателей потерь урожая зерновых культур, представленные в таблице 8.25.

Приведенные данные показывают потери урожая в % для двух методов учета уровня распространения сорных растений: по числу сорных растений и по проективному покрытию. При известных затратах на проведение обработок гербицидами на уровне 700 руб/га на посевах озимой пшеницы с планируемой урожайностью 30 ц/га, засоренной ромашкой непахучей, экономический порог вредоносности сорняка составляет: $(750 \text{ руб/га} : 250 \text{ руб/ц}) : (30 \text{ ц/га} \times 1,47 \%) = 3 \text{ ц/га} : 0,44 \text{ ц/га/1 сорняк/м}^2 = 6,8 \text{ растений ромашки непахучей/м}^2$. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) при преобладании в посевах озимой пшеницы ромашки непахучей составляет 7 растений/м².

8.25. Коэффициенты потерь урожая зерновых колосовых культур от сорняков

Сорняки, виды	Снижение урожая (%) в расчете:	
	1 сорняк/м ²	1% проективного покрытия почвы
Горец вьюнковый	1,79	0,54
Мокрица	0,69	1,19
Пикульник	1,47	1,09
Подмаренник цепкий	1,16	0,69
Редька дикая	1,85	0,98
Ромашка	3,13	1,56
Костер	0,26	0,70
Метлица	3,13	1,56
Овсяг	0,26	0,61

При смешанном типе засоренности несколькими видами сорняков, ЭПВ определяется как средневзвешенный показатель с учетом коэффициентов потерь урожая от конкретных видов сорняков и доли фактического количества каждого вида сорняков в агроценозе, т.е. процент потерь на 1 средневзвешенный сорняк/м².

Экономический порог целесообразности защитных мероприятий (ЭПЦ) для конкретных хозяйственных условий, учитывающий не только окупаемость, но и прибыльность защитного мероприятия (например на уровне средней прибыли растениеводства или в конкретном случае зернового производства или другой наперед заданной величины показателя прибыли) рассчитывается с учетом четырех коэффициентов. Эти коэффициенты учитывают хозяйственную

производственно – экономическую деятельность, корректирующую ЭПВ в связи с прибыльностью мероприятия:

К1 – коэффициент затрат на уборку дополнительного урожая (на уровне расходов на уборку урожая в общей сумме затрат на производство зерна)- порядка 20-30%, соответственно;

К2 – коэффициент накладных расходов (с учетом процента накладных расходов от прямых затрат по конкретной культуре в хозяйстве, обычно 15-30%);

К3 – коэффициент экологичности защитных мероприятий (учитывающий, например, опасность применения пестицидов в связи с возможным отрицательным влиянием их на полезную фауну, флору и здоровье человека, принимаемый по показателю дополнительных затрат на их предотвращение: контроль выполнения работ, дополнительные мероприятия по защите пчел, мероприятия по мониторингу загрязнения, по предотвращению опасности и т.д.) порядка 10-30%;

К4 – коэффициент прибыльности (наперед заданная прибыль - средняя по культуре в хозяйстве, конкретная по культуре на поле, обрабатываемом гербицидами, обеспечивающая расширенное воспроизводство (обычно не ниже 40%).

Тогда ЭЦВ (экономический порог целесообразности активных защитных мероприятий) = ЭПВ х (К1 + К2 + К3 х К4) %; в конкретном примере с ромашкой непахучей на посевах озимой пшеницы (по максимальным показателям) составит:

$$/м^2 \text{ } 6,8 \text{ растений}/м^2 + 6,8 \text{ растений}/ м^2 \text{ х } (30\% + 30\% + 30\% + 40\%) = 6,8 + 6,8 \times 1,3 (130/100\%) = 6,8 + 8,8 = 15,6 \text{ растений}/м^2.$$

Пороговые уровни целесообразности применения химических средств защиты растений, как показывает обобщение отечественного и зарубежного опыта, соответствуют высокому и среднему уровням распространения вредных организмов в агроландшафтах.

8.5.4. Принципы формирования и возможности экологизации систем защиты растений

Защита растений от вредителей, болезней и сорняков в системах земледелия является важным звеном в ограничении действия факторов, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур и качество получаемого продукции.

Современная концепция защиты растений, имея своей целью обеспечение урожая требуемого качества при снижении затрат на его производство и уменьшении отрицательных действий на окружающую среду, связывает в единое целое использование иммунных сортов, адаптированных агротехнических приемов возделывания, методов биологической борьбы с вредными организмами, и сводит применение химических средств защиты растений к минимуму.

Эта стратегия определяет необходимость системного подхода и связывает экологические требования защиты внешней среды с экономическими целями растениеводства. На базе знаний о взаимосвязях между почвенно-

климатическими условиями места выращивания, требованиями культурных растений к ним, агротехническими приемами, вредными и полезными организмами такой подход наиболее полно реализуется в рамках адаптивно-ландшафтного земледелия.

Основой систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков должны служить, прежде всего, организационно-хозяйственные и агротехнические приемы, способствующие оптимизации фитосанитарной ситуации в посевах, которые при необходимости снижения вредоносности вредных видов могут дополняться различными биологическими и химическими методами. Для принятия решений о проведении таких мероприятий проводится мониторинг и прогноз состояния посевов на основе использования порогов вредоносности. Последние зависят от многих факторов, поэтому принятию решений о необходимости определенных мер борьбы способствует разработка компьютерных моделей.

Использование химических средств регламентируется экономической эффективностью, что значительно ограничивает объемы их применения. С целью экологизации защиты растений следует использовать селективные, щадящие полезную фауну, химические пестициды. Дифференцированное внесение пестицидов в соответствии с неравномерным распределением вредных организмов в агроценозах – это следующий этап в развитии природоохранных технологий. Применение средств с узким спектром действия расширяет шансы биологических препаратов. Для подавления вредителей, особенно на овощных культурах, можно использовать микробные инсектициды (на основе патогенных бактерий или вирусов), которые вызывают не только гибель насекомых, но и снижают их устойчивость к паразитам, хищникам и другим патогенам. Для обработки семян и посадочного материала, а также растений по вегетации в некоторых случаях целесообразно применять препараты на основе микробов - антагонистов фитопатогенов, а также различные биологически активные вещества природного происхождения, которые успешно конкурируют с химическими фунгицидами. Так, в настоящее время для обработки семян пшеницы широко используются препараты на основе псевдомонад, которые выделяют антибиотики, ингибирующие развитие фитопатогенов, а также вещества тритерпенового ряда, выделенные из лапок пихты сибирской.

Используя ловчие культуры, также можно значительно снизить объемы и площади применения инсектицидов. Как показали исследования СибНИИЗХим, ловчая культура семейства капустовых с более коротким вегетационным периодом в сравнении с рапсом, способствует локализации и концентрации насекомых-фитофагов. После заселения ловчей культуры насекомыми, ее обрабатывают инсектицидом для предотвращения расселения вредителей на рапс. При соблюдении всех технологических требований ловчие культуры, занимающие около 10% площади основного посева, вполне надежно защищают рапс от заселения и повреждения его насекомыми-фитофагами при этом расход инсектицида уменьшается на 90%. Для использования в качестве ловчих культур пригодны сурепица и горчица сарептская. Преимуществом первой является возможность одновременного проведения всех технологических операций при посеве. Существенно и то, что эти культуры трудно скрещиваются между собой даже

при принудительном опылении, вследствие чего сурепицу можно выращивать до созревания и уборки на маслосемена. Однако ее использование обеспечивает защиту рапса только от рапсового цветоеда. С помощью горчицы можно защитить посев основной культуры от комплекса специализированных вредителей. Недостатком горчицы, как ловчей культуры, является необходимость более раннего сева, что несколько осложняет технологические операции по подготовке почвы и посеву основной культуры, а также необходимость ее скашивания до наступления фазы цветения у рапса с целью предотвращения переопыления.

Выращивание устойчивых сортов в настоящее время рассматривается как основополагающий метод борьбы с болезнями и вредителями, поскольку он прекрасно сочетается с другими способами защиты растений. При наличии сорта с групповой или комплексной устойчивостью и положительной оценки по критерию ЭПВ оказывается возможным лишь соблюдая сортовую агротехнику и дополнительно ничего не предпринимая выйти на желаемый результат, получив защищенный агроценоз. В настоящее время известно достаточно много сортов пшеницы и других культур, обладающих генетической устойчивостью к конкретным возбудителям болезней или вредителям.

В то же время необходимо учитывать, что сортовая устойчивость не обеспечивает абсолютной защиты. Здесь возможно такое же давление отбора, как и при применении пестицидов и, если оно достаточно сильно, быстро появляется определенный биотип, способный выжить на устойчивом сорте. Обычно за 3-5 лет сорт теряет свою устойчивость, что определяет необходимость постоянной селекции на устойчивость к вредным организмам. Для преодоления этого в системе агроценоза, особенно в полевом кормопроизводстве, необходимо формировать полисортовые (сорта с различным типом устойчивости) или поливидовые посевы. Кроме того, для повышения устойчивости растений к вредным организмам целесообразно использовать индукторы иммунитета, а также природные или синтетические регуляторы роста растений.

Все мероприятия по защите растений следует проводить таким образом, чтобы сохранить многообразие и стабильность агроэкосистем для усиления механизмов саморегуляции природной биоты путем создания оптимальных условий для активизации полезных организмов и неблагоприятной обстановки – для вредных. Эти проблемы можно решить лишь с помощью долгосрочной агроэкологической регуляции соотношения вредных и полезных видов в системе рационального природопользования и землепользования. Особую роль здесь играет повышение экологической значимости биотопов, примыкающих к сельскохозяйственным – лесополос, микрозаповедников, живых изгородей и т.д., в том числе посев аттрактивных и фуражных культур для дополнительного привлечения энтомоакарифагов. За счет изъятия неперспективных пахотных земель можно создавать биотопы разнообразных видов полезных диких животных и растений, в том числе за счет интродукции и акклиматизации полезных видов из других местообитаний. Но какую долю площади они должны занимать, какой минимальный размер и какую структуру должны иметь такие биотопы, об этом мнения пока сильно расходятся и наши знания еще недостаточны для обосно-

ванных рекомендаций. Но свою экологическую функцию такие биотопы выполняют только в том случае, если они защищены от сноса пестицидов.

8.5.5. Применение биопрепаратов

В России как и во всем мире возрастающее внимание уделяется разработке экологически безопасных альтернатив агрохимикатам. В системе биоценологических связей находят свое место инсектицидные, акарицидные, родентицидные и фунгицидные биопрепараты, созданные на основе микроорганизмов с соответствующими хозяйственно ценными свойствами. Технологии производства и применения таких биопрепаратов интенсивно разрабатываются в отечественных институтах и, при соблюдении рекомендаций разработчиков, они в состоянии стать надежной альтернативой пестицидам химического синтеза, превосходя последние по экологическим и социальным показателям. Согласно современным представлениям по сравнительным экономическим и экологическим характеристикам химических и биологических инсектицидов есть все основания считать последние социально приоритетными. Так, если длительность разработки инсектицидного препарата составляет в среднем 10 лет (как для химического, так и микробиологического), то уже по окупаемости затрат химическое СЗР характеризуется величиной 2,5-5 раз, а микробиологическое (МСЗР) – до 30 раз. Селективность действия химического СЗР – незначительная, тогда как МСЗР – высокая. Напротив, риск выработки резистентности к химическому инсектициду – высокий, а к микробиологическому он практически отсутствует. И, наконец, категория вредных побочных явлений (сюда в первую очередь относятся загрязнения сельскохозяйственной продукции и агроландшафтов, а также действия на нецелевые объекты) многообразны в случае химических СЗР и незначительны либо вовсе отсутствуют у МСЗР. Проблема заключается в дефиците таких биопрепаратов как по объемам применения, так и по ассортименту, хотя служба защиты растений остро нуждается в таких средствах.

Эффективное применение биопестицидов против вредителей обусловлено взаимоотношениями между растением, вредителем-фитофагом и патогеном последнего. Очевидно, что применение препарата микроорганизма будет удачным в случаях подбора наиболее вирулентного для данного объекта штамма-продуцента и при применении препарата против наиболее уязвимой, чувствительной фазы развития вредителя. В каждом конкретном случае эти общие соображения специфически преломляются в соответствующих рекомендациях практике. Так для снижения вредоносности насекомых фитофагов (листогрызущие чешуекрылые, колорадский жук и другие) рекомендуется применение различных биопрепаратов энтомоцидного действия на основе *Bacillus thuringiensis* (BT) в период преобладания личинок младших возрастов (как наиболее восприимчивых к энтомотоксическому и энтомопатогенному действию BT). Рекомендуется повторение такой обработки через 7-8 суток для подавления личинок, отрождающихся из яйцекладок более поздних сроков откладки. Такого рода конкретизация рекомендаций, учитывающая экологические особенности, вредоносность и фенологию вредителя, с поправкой на условия данного сезона, абсолютно необходимы для успешного использования биопрепаратов в качестве

полноценной альтернативы пестицидам. Предлагая рекомендации по применению биопрепаратов против того или иного вредителя (или их комплекса), необходимо исходить из механизма действия данного микробного средства. Последнее определено не только видом штамма-продуцента, но и тем, что входит в состав действующего начала препарата. Это могут быть живые микроорганизмы (споры, конидии и другие), токсические метаболиты или сочетание всех этих факторов энтомоцидного действия. Так, при наличии у *Bacillus thuringiensis* спор, дельта-эндотоксина, а у некоторых разновидностей и термостабильного экзотоксина, при конструировании биопрепаратов, путем их комбинации, из одного и того же штамма ВТ можно получить семь разных препаратов, каждый из которых будет иметь свой механизм действия и, соответственно, свой спектр активности.

Иллюстрацией возможностей биопрепаратов альтернативных пестицидам различного назначения являются разработки ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Преобладающая часть из нижеследующего перечня создана с использованием энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis*. На ее основе во всем мире разрабатывается наибольшее количество наименований инсектицидных биопрепаратов, поскольку ВТ характеризуется высоким биоразнообразием свойств и ее различные разновидности имеют разный спектр действия. Так, Битоксибациллин (БТБ) высоко эффективен против многих (около 70 видов) вредных насекомых. Преимущественно, это листогрызущие чешуекрылые: совки, моли, белянки, шелкопряды, златогузка, американская белая бабочка и другие, а также ряд иных вредителей: колорадский жук, паутинные клещи и другие. Ранее в СССР выпуск БТБ достигал нескольких тысяч тонн в год и сильно сократился с общим падением конъюнктуры и реорганизацией крупнотоннажного производства биопрепаратов. Новая разработка ВНИИСХМ Бацикол – биоинсектицид избирательного действия, ориентирована на применение в борьбе с жесткокрылыми вредителями-фитофагами: колорадским жуком и другими листоедами (в том числе с крестоцветными блошками), долгоносиками, пядевидными и другими. Все это опасные массовые вредители таких важнейших культур как картофель, крестоцветные овощные, зерновые, ягодники. Бактокулицид также созданный во ВНИИСХМ на основе ВТ эффективен против кровососущих двукрылых – комаров и мошек, имеющих значительное эпидемиологическое и ветеринарное значение, а в сфере защиты растений может использоваться для защиты риса от рисового комарика и промышленной культуры грибов – от шампиньонных комариков – сциарид.

К другим препаратам ВНИИСХМ относится Бактороденцид – препарат селективного действия для борьбы с мышевидными грызунами, но безопасный для человека и нецелевых объектов, и Актинин – препарат на основе стрептомицета, высокоэффективный против паутинных клещей, тлей, а также колорадского жука.

Все перечисленные биопрепараты, разработанные во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, являются экологически безопасными, безвредными для теплокровных животных и относятся к IV классу опасности. В ряде научных учреждений созданы биосредства на основе энтомопатогенных грибов и их токсинов инсектицидного действия, энтомопатогенных вирусов. В по-

следнее время в фокус внимания науки и практики защиты растений попали также и актиномицеты инсекто-акарицидного действия. Аналогичные тенденции наблюдаются в других странах.

Наличествующий в мире перечень биопрепаратов способен подавить многих опасных массовых вредителей сельскохозяйственных растений, представленных насекомыми, клещами и грызунами. Освоение этих препаратов в должных объемах могло бы существенно улучшить экологическую обстановку в АПК и способствовать улучшению качества урожая и его сохранению. Однако отечественный и мировой ассортимент МСЗР охватывает далеко не весь перечень вредных объектов, имеющих первоочередное экономическое значение для АПК России, поэтому приоритетной задачей разработчиков биосредств для защиты растений является расширение ассортимента биопрепаратов, увеличение объемов их применения и совершенствования их качества. Одним из направлений по увеличению роли биопрепаратов в АПК России стала разработка микробных препаратов с комплексным действием, основанном на множественности биологических функций микроорганизмов. В ходе разработки нового биопрепарата Бацикола, о котором упоминалось выше, было обнаружено, что помимо энтомоцидного действия этот препарат обладает также фунгицидным эффектом, распространяющимся на важные в практическом отношении фитопатогенные грибы. Установлено, что Бацикол подавляет развитие возбудителей серой гнили *Botrytis cinerea*, а также некоторых представителей р.р. *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Alternaria* и других. В различной степени это же явление было установлено и для других препаратов энтомоцидного действия на основе *Bacillus thuringiensis*. Обнаружение комплексного действия биопрепаратов позволяет расширить область использования микробных препаратов, рационализировать технологии их применения и тем самым снизить потребление пестицидов химического синтеза.

Внедрение биопрепаратов в АПК России и расширение их использования тормозятся рядом объективных и субъективных причин. На пути внедрения в практику защиты растений экологически безопасных безвредных для человека биосредств стоит во многом несовершенная, коммерциализированная система государственной регистрации. Для её полного прохождения и внесения препарата в Список разрешенных к применению СЗР разработчик должен заплатить сумму, нереальную для современного состояния финансирования научных учреждений Россельхозакадемии.

В условиях спада активности крупнотоннажного микробиологического производства представляется необходимым развитие региональной системы производства и применения биопрепаратов в малотоннажном формате. Такая инфраструктура, ориентированная на местную специфику сельскохозяйственного производства и на региональные потребности в биопрепаратах в России, функционирует и насчитывает десятки биолaborаторий разного уровня, но объемы выпуска и ассортимент их продукции все еще не в состоянии преодолеть острый дефицит в биопрепаратах для АПК. ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии разрабатывает широкий ассортимент фитозащитных, а также почвоудобрильных и других биопрепаратов в расчете на региональные малотоннажные предприятия по их выпуску и применению; ведет селекцию штаммов-

продуцентов для снабжения местных биолaborаторий, и осуществляет все формы научного сопровождения по разработке и внедрению биопрепаратов для региональных предприятий, включая стажировки специалистов биолaborаторий во ВНИИСХМ.

Аналогичные работы проводятся во ВНИИ защиты растений, ВНИИ прикладной микробиологии, ВНИИ фитопатологии, ВНИИ биометода и в других учреждениях.

Нет сомнения, что биологические СЗР, включая биопрепараты, при всех их многочисленных преимуществах в аспекте охраны природы не смогут полностью вытеснить химический метод. Однако в целом ряде сфер аграрного сектора применение биосредств признается преимущественным. Сюда относятся: курортные и водоохранные зоны, сырьевые зоны детского и диетического питания, защищенный грунт.

Наглядным примером беспестицидных технологий служит применение биопрепаратов для защиты крестоцветных культур от вредителей. В первый год возделывания капусты при высадке рассады в грунт применяется Бацикол против крестоцветных блошек (комплекс видов *p. Phyllotreta*). При необходимости на том же участке в конце вегетации применяют Битоксибациллин против листогрызущих чешуекрылых (белянки капустная и репная, совка), поскольку в период выборочного сбора урожая применение инсектицидов нежелательно. На капусте второго года возделывания (семенники) можно использовать Бацикол против рапсового цветоеда. На такой высокорентабельной культуре, как горчица (которая является высокоаттрактивной для вредителей) эффективно применение Бацикола как против крестоцветных блошек, так и против восточного горчичного листоеда (с эффективностью свыше 90%), при этом отмечено действие этого препарата также и в снижении численности крестоцветных клопов (эффективность свыше 70%).

Укрепление крупнотоннажного и регионального малотоннажного направлений производства и применения микробных средств защиты растений (без противопоставления одного другому), в тесном контакте с научными учреждениями – разработчиками биопрепаратов, будет способствовать экологизации сельского хозяйства России.

8.5.6. Проектирование систем защиты растений

Проектирование систем защиты осуществляется на основе определения видового состава вредных организмов в рамках агроэкологической группы земель и их потенциальной вредоносности, которая устанавливается с помощью долгосрочного и краткосрочного прогноза. Эти показатели определяются как почвенно-климатическими условиями, так и набором возделываемых культур. В зависимости от преобладающих видов вредителей, болезней и сорняков подбираются сорта сельскохозяйственных культур, обладающие толерантностью к выделенным вредным объектам, агротехнические приемы, способствующие снижению их вредоносности и средства защиты. Последние могут включать химические, биологические препараты, биологически активные вещества (БАВ). Организационно-хозяйственные мероприятия и агротехнические приемы планируются на основе долгосрочного прогноза развития вредных видов.

Применение фитосанитарных средств регламентируется фитосанитарной ситуацией, складывающейся в течение периода вегетации, и осуществляется только при превышении экономических порогов вредоносности.

В зависимости от уровня интенсификации агротехнологий формируются системы защиты растений, различающиеся уровнем использования фитосанитарных средств:

1. В экстенсивных технологиях оптимизация фитосанитарного состояния посевов достигается подбором толерантных сортов; чередованием культур и пара в севооборотах; системой основной, предпосевной и послепосевной обработки почвы, обеспечивающей оптимальное сложение пахотного слоя и выравнивание поверхности поля, воздушно-тепловым обогревом семян, оптимизацией сроков посева, норм высева, глубины заделки семян. Химические средства защиты применяются эпизодически, в условиях эпифитотий, при вспышках массового размножения вредителей и сорняков, которые могут привести к существенным потерям или даже уничтожению урожая.

2. Второй уровень интенсификации (нормальный) предусматривает, наряду с организационно-хозяйственными и агротехническими мероприятиями по оптимизации фитосанитарного состояния посевов, использование протравителей семян при заражении семенного материала возбудителями заболеваний выше порога вредоносности и гербицидов при высокой засоренности посевов двудольными сорняками. В технологиях подготовки пара одну-две механические обработки целесообразно заменить химической, с использованием гербицидов сплошного действия или для удешевления мероприятия - их смесью с противодвудольными препаратами. При опасности возникновения эпифитотий листовых и стеблевых инфекций в период вегетации на семенных и наиболее продуктивных посевах применяются фунгициды. Возможно использование инсектицидов в случаях вспышек массового размножения вредителей, особенно на всходах культур, в частности, на сахарной свекле, рапсе, ячмене и т.п.

3. В интенсивных технологиях, обеспечивающих существенное повышение продуктивности культур, вредоносность вредных видов усиливается. В дополнение ко второму уровню в системах защиты здесь применяются гербициды против мятликовых сорняков. Проводится опрыскивание вегетирующих посевов фунгицидами при первых признаках проявления заболеваний. Наряду с защитой всходов от вредителей, инсектициды применяются также для защиты вегетативных и генеративных органов. Обязательным приемом следует признать и использование регуляторов роста для предотвращения полегания зерновых. В случаях задержки созревания целесообразно проводить сеникацию.

4. Высокие технологии, обеспечивающие получение продукции требуемого качества при исключении отрицательных воздействий на окружающую среду, значительно усложняют системы защиты. В этом случае необходимо не только осуществлять надзор за состоянием посевов, но и оказывать влияние на примыкающие к ним биотопы – следить за развитием полезной биоты, формировать насаждения таким образом, чтобы обеспечить привлечение на поля паразитов и хищников вредителей, в том числе и с помощью подсева энтомофильных растений (донник, фацелия, пустырник и т.п.). С другой стороны лесополосы и лесные насаждения не должны быть рассадником сорных растений. В основе си-

стем защиты при высоких агротехнологиях лежит использование новых сортов с комплексной устойчивостью к вредным видам, в том числе генмодифицированных, индукторов иммунитета, современных селективных химических и биологических препаратов, новой техники их внесения, учитывающей неравномерность распределения вредных объектов. Здесь же целесообразно конструировать агроценозы с подсевом ловчих культур с целью отпугивания вредителей либо их привлечения на небольшие площади.

8.6. Организация территории сельскохозяйственного предприятия

Размещение сельскохозяйственных объектов на территории хозяйства (сельскохозяйственных угодий; полей севооборотов, сенокосо-пастбищеоборотов, производственных участков; лесных насаждений, мелиоративных систем, участков и сооружений; полевых дорог и других коммуникаций) должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить регулирование поверхностного и грунтового стока; предотвращение водной и ветровой эрозии, переноса токсикантов и вредных организмов; улучшение фитосанитарной ситуации (участие птиц, полезных энтомофагов в регулировании численности вредителей) и условий опыления посевов, улучшение микроклимата. Решение этих задач связано с регулированием энергомассопереноса, которое осуществляется на основе изучения ландшафтных связей. В общем виде иерархия этих связей отражается почвенно-ландшафтной картой хозяйства, агроэкологическими характеристиками каждого ЭАА, включая сведения о принадлежности к той или иной категории геохимического ландшафта (элювиальные, трансэлювиальные, трансэлювиально-аккумулятивные, супераквальные, транссупераквальные) и о геохимических барьерах. Уже само название агроэкологических групп земель часто определяет положение их в ландшафте: плакорные (элювиальные), эрозионные (транзитные), переувлажненные, засоленные (аккумулятивные). Агроэкологические типы земель отражают почвенно-ландшафтные связи внутри агроэкологической группы земель. На верхнем уровне ландшафтной иерархии устанавливается связь между агроэкологическими группами земель и местом их в геосистемах более высокого ранга в рамках природно-сельскохозяйственной провинции. Для этого используется классификация природных ландшафтов (рис. 2.1). В системе этой классификации агроэкологическая группа земель соответствует виду природного ландшафта или местности, а в крупных ландшафтах – урочищу или даже подурочищу. Чем сложнее ландшафты, тем важнее количественная идентификация вещественных потоков, в особенности оценка направленности и интенсивности геохимического стока – жидкого, твердого, ионного. Необходимо агроэкологическое нормирование поверхностного и грунтового стока по категориям ландшафтов и их элементам. В случае гидротехнических мелиораций ландшафтный подход соотнобразуется с бассейновым и определяет мелиоративную организацию территории.

В эрозионных ландшафтах первоочередная задача оптимизации земледелия связывается с противозерозионной организацией территории.

Эта задача в той или иной мере касается всех групп земель, помимо эрозионных, поскольку процессы эрозии развиваются уже при крутизне $1,5^\circ$ особенно на длинных склонах, что должно учитываться при установлении размеров и формы полей. С усложнением рельефа организация территории становится определяющим условием в формировании систем земледелия. Каждое поле должно быть вписано в природно-территориальный комплекс, идентифицированный в рамках водосборного бассейна. С этой целью для различных категорий ландшафтов должны применяться дифференцированные способы проектирования линейных рубежей.

В зависимости от предполагаемой интенсивности регулирования поверхностного стока (полного или частичного его задержания) и условий ландшафта используются следующие типы противоэрозионной организации территории: контурная (включая прямолинейную, прямолинейно-контурную, контурно-параллельную и собственно контурную), контурно-полосная, контурно-мелиоративная.

Прямолинейное размещение продольных границ возможно в пределах приводораздельного (плакорного) ландшафта.

Прямолинейно-контурное размещение границ целесообразно на склонах крутизной до $3-5^\circ$. При этом в местах «перелома» прямых участков границ вписываются круговые кривые таких радиусов, которые позволяют «уложить» границу близко к изменению горизонтали. Минимальный радиус кривых - 60 м. Расстояние между продольными границами зависит от крутизны склона, почвенного покрова, степени защищенности растительностью, лесополосами и другими мероприятиями.

Контурно-параллельный способ проектирования линейных рубежей целесообразен на склонах $5-7^\circ$. При таком значительно более трудоемком проектировании обеспечивается достаточно близкое к горизонталям расположение продольных границ полей и в то же время исключается образование клиньев. Таким образом достаточно полно учитываются условия рельефа и обеспечивается высокопроизводительное использование машинно-тракторных агрегатов.

Собственно контурное размещение границ полей в строгом соответствии с направлением горизонталей может обеспечить наилучшие условия по задержанию стока и уменьшению смыва почвы, но сильно осложняет условия механизации технологических процессов, поскольку из-за резкого изменения расстояния между горизонталями при обработке образуются клинья самой разнообразной формы.

Контурная организация территории во всех ее вариантах может дополняться полосным размещением культур. Тогда она будет иметь название *контурно-полосной*.

Контурно-мелиоративную организацию территории проектируют в условиях высокой эрозионной опасности, если агротехническими приемами на фоне контурной организации территории не удастся предотвратить эрозию. В этом случае предусматривается создание системы гидротехнических сооружений для задержания и безопасного отвода избыточного стока. В основе контурно-мелиоративной организации территории лежит единая водорегулирующая сеть линейных рубежей, строго увязанных с рельефом местности.

8.7. Проектирование агролесомелиоративных мероприятий

8.7.1. Ландшафтно-экологические принципы формирования агролесомелиоративных комплексов

Современное лесомелиоративное проектирование должно быть направлено на обеспечение устойчивости агроландшафтов, оптимизацию их функционирования по многим параметрам: регулирование ветрового режима и снегозадержание; уменьшение поверхностного стока; поддержание грунтового стока; улучшение гидрогеологического режима почвы; повышение влагообеспеченности агроценозов; улучшение микроклимата; предотвращение эрозии; дефляции; заболачивания; регулирование водности рек и предотвращение их заиливания; сохранение флоры и фауны, в том числе птиц, полезных видов энтомофагов. Наряду с экологической ролью важное значение имеют социальные аспекты защитного лесоразведения, в частности облесение водоемов, поселков, полевых станов, защиты их от снежных заносов и пыли, не говоря уже об их рекреационном и эстетическом значении.

Многообразные достоинства лесоразведения проявляются с разной полнотой и эффективностью в зависимости от того, насколько полно учитываются системные взаимодействия проектируемых мероприятий с элементами ландшафта, его структурой и функционированием.

В отличие от гидротехнического мелиоративного сооружения лесомелиоративное насаждение полифункционально и представляет собой сложную биологическую систему. В результате взаимодействия лесонасаждения с участками ландшафта создаются различные биоценозы. Их агрономическая эффективность зависит от множества условий, в том числе от конструкции насаждения. Например с увеличением ширины лесополос формируются биоценозы с более развитой лесной подстилкой, более богатым видовым составом фауны, в частности птиц, полезных энтомофагов, которые все более приближаются по богатству и устойчивости к типичным лесным биогеоценозам. В результате водорегулирующие лесополосы, весьма эффективны в отношении сокращения поверхностного стока и эрозии, а также в отношении благоприятного фитосанитарного влияния на посевы. Там где не могут сформироваться устойчивые лесные сообщества энтомофагов, часто происходит размножение вредителей.

Непонимание особенностей функционирования создаваемых агролесоландшафтов в условиях сложного рельефа, строения почвообразующих и подстилающих пород, глубины залегания грунтовых вод и т.п. может приводить к негативным результатам. К числу таковых относится, в частности, появление мочаров при размещении стокорегулирующих лесополос в местах, где в результате таяния избытка снега формируется верховодка, выклинивающаяся на поверхность на склоне при близком залегании водоупорного слоя. При наличии солей в последнем вторичный гидроморфизм сопровождается вторичным засолением. Более банальным примером негативных последствий шаблонного проектирования является развитие эрозии вдоль полевых защитных лесных полос, посаженных в направлении склона, что отмечается довольно часто. Эта «оплош-

ность» усугублялась другой «небрежностью» - плохим уходом за лесополосами, в результате чего полезащитные полосы превращались в непродуваемые. В них скапливались сугробы снега, который должен был бы равномерно распределяться по полю, чему призваны служить полезащитные лесные полосы непременно продуваемой конструкции. Повсеместно отмечались негативные явления на участках полей в непосредственной близости от лесных полос: затенение, переувлажнение, заболачивание, иссушение корневыми отпрысками деревьев, повышение засоренности посевов, снижение урожайности полевых культур. Этих недостатков в большинстве случаев можно избежать, располагая посевы многолетних трав вдоль лесной полосы шириной $1,6 \times H$ (полторы высоты деревьев).

Противоречия между перечисленными достоинствами лесоразведения, его возможностями и реальными практическими достижениями проявлялись постоянно.

Со времен сталинского плана преобразования природы в стране декларировались агролесомелиоративные комплексы различных уровней. Проектировались различные комбинации полезащитного лесоразведения с травопольными севооборотами и т.п. Термин «система» часто эксплуатировался как ключевой. Однако на практике предпринимались наборы различных мероприятий, как правило, не интегрированных. Планы посадки лесных полос, преимущественно почвозащитных выполнялись лесным ведомством независимо или почти независимо от агрономической деятельности. Одновременно происходила вырубка лесов, уничтожение колков, рощ, в лесостепной и степной зонах, имеющих важное водоохранное значение, неуклонно развивалась овражная сеть, чему нет никакого оправдания.

За всю историю защитного лесоразведения в России было посажено 5,2 млн га лесных насаждений на сельскохозяйственных землях. Фактическая их площадь составляет лишь 3,2 млн га, в том числе 1,2 млн га полезащитных лесных полос. Разница объясняется большим ежегодным отпадом лесокультур из-за нестабильности и неорганизованности проведения посадочных работ и ухода за посадками, которые велись кампанейскими методами.

Наиболее сложные противоречия в реализации традиционных приемов агролесомелиорации сложились в сухостепной зоне.

Новая методология адаптивно-ландшафтного земледелия в принципе исключает традиционные шаблоны. Лесонасаждения, обладая ярко выраженными ландшафтно-стабилизирующими свойствами, в определенной мере выполняют роль экологического каркаса территории. Агролесомелиоративные комплексы (АЛК) наиболее эффективны при охвате целиком водосборных бассейнов или районов дефляции и опустынивания, независимо от границ кооперативных или фермерских хозяйств, районов или других административно-хозяйственных формирований. Тогда достигается максимальное их стабилизирующее влияние.

Реализация агролесомелиоративных мероприятий осуществляется через землеустроительное проектирование всех уровней от генеральных схем природопользования на крупные территории до землеустроительных проектов на отдельные хозяйства. ЗЛН проектируются в полной согласованности с организационно-техническими, гидротехническими, гидромелиоративными и другими

элементами ландшафтного комплекса. Размещение и ориентация отдельных лесонасаждений должны удовлетворять, с одной стороны, требованиям лесомелиоративной защиты агротерриторий и удобствам функционирования аграрного производства, а, с другой, лесорастительным требованиям самих насаждений.

Последнее обстоятельство имеет особое значение для полезащитных лесополос, поскольку их экономическая эффективность определяется защитной высотой и жизнеустойчивостью древостоев. Наибольшей высоты, а, следовательно, и дальности влияния они достигают в районах с благоприятными лесорастительными условиями.

По мере движения с северо-запада на юго-восток полезащитные полосы из высокоствольных деревьев уступают место насаждениям из низкорослых деревьев или кулисам из кустарников. На комплексных засоленных почвах полупустынь агролесомелиорация может строиться исключительно на кустарниковых кулисах — прямолинейных, контурных, в зависимости от условий рельефа.

На орошаемых землях защитные насаждения ветроломного назначения создаются из высокорослых деревьев во всех зонах страны, в том числе и аридных, если там гарантируется их периодический полив.

Насаждения на склонах, имеющие стокорегулирующее значение, создаются в благоприятных почвенно-климатических условиях из деревьев и кустарников, в аридных зонах только из кустарников.

Создание ЗЛН в гидрографической сети и на горных склонах, сопровождаемое нередко устройством гидротехнических сооружений разной сложности и залужением отдельных участков, является специальным видом проектирования, предусматривающим местные нормативы применения, отдельный породный состав и соответствующие технологии создания.

Защитные насаждения в полупустыне на твердых пастбищах и песках должны носить преимущественно колковый, куртинный характер, приурочиваясь к локальным понижениям, блюдцам, потяжинам.

Агролесомелиорация рассматривает всю совокупность условий создания ЗЛН и их функционирования в едином ландшафте, ограниченном естественными рамками водосборных бассейнов или других геоморфологических структур.

Главными компонентами, составляющими агролесомелиоративную часть ландшафтного комплекса защитных мероприятий, служат системы лесонасаждений, расположенные на пахотных землях приводораздельного и присетевого фондов водосборов и системы овражно-балочных насаждений, расположенные преимущественно в гидрографическом фонде. В них также входят ЗЛН разных видов и породного состава вдоль дорог, каналов, вокруг ферм, полевых станов, населенных пунктов и т. п.

Первоочередными задачами агролесомелиорации должны быть очаги деградации, а затем соответствующим образом ранжированные участки экологического напряжения.

8.7.2. Проектирование защитных лесонасаждений

8.7.2.1. Проектирование полевых (ветроломных) лесных полос

Нормативные документы, регламентирующие размещение лесных полос основаны, главным образом, на учете двух важнейших факторов – лесорастительных условий и размера эффективных ветрозащитных зон с наветренной и наветренной сторон лесных полос. Первый из этих факторов определяет проектную и фактическую защитную высоту лесных полос, долговечность лесонасаждений, а второй обуславливает нормативную величину межполосного пространства, равную $30 H$ (проектная высота насаждения), или с учетом проектной высоты лесных полос – 200...600 м. Продольные (основные) полевые лесные полосы располагаются перпендикулярно к господствующим в данной местности вредоносным ветрам (суховейным, метелистым, вызывающим пыльные бури), а поперечные (вспомогательные) – как правило, перпендикулярно продольным. Отклонение продольных лесных полос от указанного выше положения допускается до 30° .

Расстояние между продольными полевыми лесными полосами на землях, не подверженных или слабо подверженных дефляционным процессам, не должно превышать: на серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах – 600 м, типичных и обыкновенных черноземах – 500 м, южных черноземах – 400 м, темно-каштановых и каштановых почвах – 350 м, светло-каштановых почвах – 250 м, песчаных почвах лесостепи – 400 м, степи – 300 м, полупустыни – 200 м. Для проезда сельскохозяйственных агрегатов и машин с одного поля на другое в местах пересечения основных и вспомогательных лесных полос оставляют разрывы шириной 30 м. Полевые дороги проектируют вдоль лесной полосы с наиболее освещенной стороны.

Расстояние между поперечными полосами на всех почвах, кроме песчаных, не должно превышать 2000 м, на песчаных почвах – 1000 м.

В зависимости от ветропроницаемости и размеров деревьев во взрослом состоянии полевые лесные полосы создают в лесной и лесостепной зонах из 2...3 рядов, степной – 3...4, сухостепной – 2...3 и полупустынной из 3 рядов древесных пород с междурядьями 3 м. Ширину лесных полос устанавливают по этим зонам соответственно: 6...9 м, 9...12 м, 6...9 м и 9 м с закрайками 1,5 м.

Лесные полосы проектируют с учетом их наибольшего мелиоративного влияния на одно или несколько хозяйств в границах водосбора или района.

На землях, подверженных дефляции, отмеченные выше межполосные расстояния должны корректироваться с учетом почвенно-климатических и ортографических условий развития дефляционных процессов.

Проектирование систем лесополос в этом случае осуществляется следующим образом. На подготовительном, полевом и камеральном этапах проектирования ЗЛН собираются необходимые фондовые материалы: план землеустройства и топокарта ($M = 1:10000$), почвенная карта, характеристики ветрового режима, в том числе и по пыльным бурям (не менее, чем за 20 лет), материалы инвентаризации ЗЛН, данные по экономике защитного лесоразведения, динамике роста главных древесных пород. Решается вопрос о проектной высо-

те. В качестве придержек по проектной высоте древостоя можно принять следующую раскладку: на выщелоченных и тучных черноземах лесостепи – 18 м, на обыкновенных черноземах степи – 16 м, на южных черноземах засушливой степи – 12 м, на каштановых почвах сухой степи – 6-8 м. Эти величины должны корректироваться в связи с конкретными лесорастительными условиями.

Камерально, с учетом данных полевых обследований и фондовых материалов, определяются и рассчитываются следующие агроклиматические характеристики и параметры ЗЛН:

1. Скорость ветра V_0 во время пыльных бурь с вероятностью превышения 20%;

2. Годовая норма дефляции, покрываемая почвообразовательным процессом (равная в зависимости от типа почв 3-4 т/га в год);

3. Направление ветра и продолжительность пыльных бурь в году;

4. Дефлируемость почв в функции от скорости ветра;

5. Допустимая скорость ветра в межполосном пространстве проектируемой системы лесных полос, которая определяется следующим образом. Сначала определяется удельный вынос мелкозема с поверхности открытой почвы при скорости ветра V_0 . Затем находят годовые потери почвы путем умножения удельного выноса мелкозема при скорости ветра V_0 на суммарную годовую продолжительность пыльных бурь. Разделив годовые потери почвы от дефляции на допустимые (3-4 т/га в год) определяют степень превышения фактического выдувания над допустимыми. Уменьшая во столько же раз удельный вынос мелкозема, определяют сначала допустимую дефлируемость почвы, а затем по ней и допустимую скорость ветра в межполосном пространстве систем лесных полос;

6. Защитная проектная высота насаждения определяется по данным инвентаризации, из литературных источников или по указанным выше придержкам с их корректировкой при необходимости;

7. Число рядов в лесополосах берется равным 2-4 в зависимости от природной зоны.

Скорректированная ширина межполосного пространства определяется исходя из соотношения:

$$L = 3H + 29H(1 - \sin \beta) \cdot \left(\frac{V_g}{V_0}\right)^{2,5} \left(\frac{H}{Z_0}\right)^{0,1}, \text{ где}$$

V_g – максимальная допустимая скорость ветра в межполосном пространстве;

V_0 – скорость ветра во время пыльных бурь с вероятностью превышения 20% на открытом пространстве;

H – проектная высота лесных полос;

Z_0 – параметр шероховатости поверхности открытой почвы (на полях под паром равен 1-2 см).

Ориентировочно, для случаев, когда не используются в межполосных пространствах дополнительные агрономические средства защиты почвы от дефляции, можно брать следующие придержки изменения величин межполосных

пространств в зависимости от активности проявления дефляции: в зоне слабого проявления дефляции межполосные расстояния уменьшаются на 10...16%, в зоне среднего – на 22%, сильного – на 23-35%, очень сильного – на 36-50%.

В буферно-полосных агроландшафтах полезащитно-ветроломные (противодефляционные) лесные полосы дополняются кустарниковыми кулисами, буферными и полосными посевами. При возделывании зерновых культур применяется почвозащитная технология обработки почвы, которая включает безотвальное рыхление почвы с оставлением стерни, комбинированные обработки и приемы минимизации. В этом случае алгоритм расчета параметров систем лесных полос остается таким же, как описано выше. Корректировка осуществляется лишь удельных потерь почвы от дефляции в зависимости от почвозащитной эффективности того или иного агрономического приема.

На орошаемых землях имеются свои особенности проектирования и размещения ЗЛН. Это связано прежде всего с габаритами (т. е. длиной крыла) и перемещением поливной техники по площади (фронтальное, круговое, вдоль оросителей каналов). Основные же принципы лесоводственного и сельскохозяйственного характера аналогичны богарным.

Критериями размещения лесных полос являются: высота насаждений, которая зависит от породного состава, водообеспеченности и природно-климатических условий; дальность мелиоративного влияния полос, равная $30H$; габариты поливной техники; состояние почвенного покрова; организация территории, одним из звеньев которой являются система ЗЛН, создаваемая по границам севооборотных участков и полей севооборотов, вдоль оросительных и сбросных каналов, полевых трубопроводов и лотков, по периферии круга у дождевальных машин кругового действия и т. д.

Лесные полосы обычно размещают по границам полей севооборотов и севооборотных участков, вдоль дорог и каналов. Располагают их в двух взаимно перпендикулярных направлениях: продольные (основные) лесные полосы – поперек преобладающих в данной местности ветров (суховейных, вызывающих пыльные бури, метелистых), и поперечные (вспомогательные) – преимущественно перпендикулярно продольным полосам. Такое размещение дает наибольший мелиоративный эффект. Однако поперечные лесные полосы могут отклоняться от перпендикулярного направления при совпадении их с дорогами, линией электропередач, естественными водотоками и т. п.

Проектируя поля севооборота и расположение оросительной сети, нужно учитывать не только рельеф местности и принятое направление полива и обработки почвы, но и принцип размещения полезащитных насаждений. Поэтому при организации территории орошаемых земель нужно стремиться к тому, чтобы поля севооборотов и отдельные поливные участки длинной стороной, вдоль которой создаются продольные полезащитные лесные полосы, располагались поперек направления вредоносных ветров при допустимом отклонении не более 30° .

Во взаимодействующей системе расстояния между продольными лесными полосами зависят от высоты полос и не должны превышать эффективной дальности влияния каждой из них на ветер в летнее время ($30 H$). В засушливой степи на оросительных системах с поливом по бороздам, полосам и дождевани-

ем высота взрослых насаждений может быть принята 20 м, в сухой степи и полупустыне – 17...15 м на рисовых оросительных системах – 25...20 м. На оросительных системах с поливом по бороздам, полосам и дождеванием на черноземах, лугово-черноземах, лугово-болотных и подобных им почвах оно составляет 600 м, на почвах каштанового типа – 500 м, на бурых полупустынных почвах – 450 м. При поливе затоплением чеков на рисовых оросительных системах (при посадке тополей) на черноземах, лугово-черноземах, лугово-болотных и подобных им почвах – 800 м, на почвах каштанового типа – 700 м, на бурых полупустынных почвах – 600 м.

В районах сильной ветровой деятельности на подверженных дефляции площадях, а также при наличии неблагоприятных для выращивания насаждений почвенно-грунтовых, гидрогеологических и прочих условий указанные выше предельные расстояния могут быть уменьшены.

Наряду с продольными лесными полосами важно правильно разместить поперечные полосы. Они также выполняют защитные функции и создают законченность системы. Максимальные защитные функции поперечных полос проявляются при расстоянии до 1000...1500 м, что соответствует длине картовых и временных оросителей (1000...1200 м), а также одинарной и удвоенной длине полей при использовании на поливе широкозахватных дождевальных машин, работающих от напорного трубопровода. Однако, принимая во внимание незначительное снижение защитных функций этих полос при размещении их на расстоянии более 1500 м, в районах слабой ветровой деятельности или с ясно выраженным господствующим направлением ветра, на участках орошения дождевальными машинами «Волжанка», «Днепр» и «Фрегат», а также на рисовых оросительных системах при систематической обработке посевов ядохимикатами и длине полей менее 1000 м допускается окаймление поперечными лесными полосами спаренных по длине полей. Во всех случаях расстояние между поперечными лесными полосами в условиях орошения не должно быть более 2000 м, а на песчаных почвах – 1000 м.

В этих условиях между продольными и поперечными полосами формируется прямоугольная площадь поля, отвечающая требованиям орошаемого земледелия.

Параметры размещения лесных полос при разных способах полива имеют свои особенности. Если полив по бороздам и полосам не вызывает каких-либо затруднений при размещении ЗЛН на участках орошения, то при поливе дождеванием лесные полосы приходится создавать, рассчитывая на поливную технику, а при поливе затоплением – на летательные аппараты, используемые при обработке полей ядохимикатами. Основная часть сельскохозяйственных культур поливается дождеванием – наиболее перспективным способом полива.

На межполосных полях с указанными выше расстояниями могут применяться дождевальные машины «Волжанка» (одно крыло) с учетом однорядной посадки вдоль полевого трубопровода и дождевальный агрегат ДДА-100 МА. Дождевальные машины «Фрегат» и «Днепр» в дефляционноопасных районах используются с уменьшенным количеством секций и опор.

Лесные полосы с учетом всей ширины захвата этих дождевальных машин размещают в районах с благоприятным ветровым режимом и лесорастительны-

ми условиями. На участках, где для полива применяют дождевальную машину «Фрегат», их размещают параллельно границам поля или по периферии круга, при использовании «Волжанки» – параллельно, на стыке крыльев, вдоль гидрантов и в конце поля, при эксплуатации машин «Днепр», «Кубань» – на стыке крыльев и в конце поля, а дождевального агрегата ДДА-100 МА – между оросителями и в конце их.

Продольные полезащитные лесные полосы проектируют из 2...3, а поперечные – из двух рядов древесных пород с междурядьями 3 м. На рисовых оросительных системах соответственно из 1...2 и одного ряда. Однорядные полосы проектируют также вдоль полевого напорного трубопровода на участках орошения дождевальной машиной «Волжанка», где ширина межполосных полей будет равна примерно 400 м.

Для орошения участков, проектируемых для полива дождевальным агрегатом ДДА-100 МА, перед закладкой лесных полос устанавливают их точное месторасположение на местности, производят тщательное измерение расстояния между осью дороги вдоль оросителей и первым рядом полосы с обеих сторон поля. Это расстояние при посадке узкокронных (пирамидальных) древесных пород должно быть не менее 58 м и ширококронных – 60 м. Оно складывается из длины крыла (консоли) дождевального агрегата, равного 55 м, и защитной зоны между концевой частью крыла и первым рядом полосы, которая составляет не менее 3 м для узкокронных и 5...6 м для ширококронных древесных пород.

Размещение полос относительно каналов увязывается с зоной фильтрационного увлажнения, а следовательно, и ростом древесных пород, потерями воды из каналов, отводом ценной орошаемой пашни, ролью насаждения как фактора биодренажа и защитой каналов от заносов продуктами эрозии, размерами и типами канала и его положением на местности, состоянием канала (с облицовкой или в земляном русле) и, наконец, с обеспечением прохода механизмов, намечаемых к использованию на работах по чистке и ремонту каналов. В каждом конкретном случае при размещении лесных полос с учетом главных факторов и должны быть даны оптимальные решения. Рекомендуются следующие параметры и типовые схемы размещения полос и каналов.

Расстояния между:

подошвой дамбы (откосом выемки каналов) и стволами крайнего ряда лесополосы при высоте дамбы (глубине выемки):	<3 м.....	3 м
	>3 м.....	4...5 м
продуваемой полосой и внутрихозяйственными каналами при выполнении лесными полосами: полезащитных функций.....		1,5 м
	противодефляционных функций.....	3 м
лесополосой и краем лотка, полевым трубопроводом, бровкой кювета дороги.....		2,5...3 м

Полезащитные лесные полосы на богарных и орошаемых землях в районах с мягкой зимой и часто страдающих от пыльных бурь проектируют ажурной, а в районах с холодной и снежной зимой – продуваемой конструкции.

Вдоль каналов внутрихозяйственной сети и на рисовых системах – только продуваемой конструкции.

8.7.2.2. Автоматизированное проектирование систем стокорегулирующих лесополос

Для автоматизации проектирования системы стокорегулирующих лесополос требуется оценка параметров функции формы склона (ФФС) и расчет величин в любой точке склона (текущего смыва).

ФФС выражается уравнением логистической кривой (логфункции):

$$H = (H_{\max} - H_{\min}) / (1 + \exp(-a + bL)) + H_{\min}, \text{ где} \quad (2)$$

H, H_{\max}, H_{\min} – текущая, максимальная и минимальная отметки поверхности склонов;

L – длина склона (горизонтальное проложение);

a и b – параметры.

Уравнение для расчета текущего смыва имеет вид:

$$W_T = \alpha[K] (h_c)^s (\varphi_1 P^2)^n L^p, \text{ где} \quad (3)$$

α – коэффициент размерности и пропорциональности;

$[K]$ – произведение коэффициентов, характеризующих противоэрозионные свойства почв и агрофонов;

h_c – слой стока;

$\varphi_1 = bc\varphi / \Delta P$, $\varphi = \exp(-bL)$, $c = \exp(a)$,

$P = \Delta H \cdot P_D = \Delta H[1 - H_{\min}] = \Delta H / (1 + c\varphi)$, $\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$, $P_D = 1 / (1 + c\varphi)$;

n, p, s – параметры ($n \approx 1-2$, $p \approx 0,5-2$, $s = 0,95$).

Производные для функции падения $P(L)$ имеют вид:

$$I = P' = \Delta P b c \varphi P_{\Delta}^2, \quad (4)$$

$$P'' = \Delta P b^2 c \varphi (c \varphi - 1) P_{\Delta}^3, \quad (5)$$

$$P''' = \Delta P b^3 c \varphi ((c \varphi - 1)^2 - 2c \varphi) P_{\Delta}^4, \quad (6)$$

$$P^{IV} = \Delta P b^4 c \varphi ((c \varphi - 1)^3 - 2^3 c \varphi (c \varphi - 1)) P_{\Delta}^5, \text{ где} \quad (7)$$

I – уклон;

$P = H_{\max} - H$ – абсолютное падение отметок склона (численные значения производных отметок H и их падений P совпадают, они позволяют определять основные морфометрические характеристики рельефа).

Первая производная есть функция текущих значений уклонов, вторая производная падения (а также выражение a/b) позволяет расчетом определять положение точки перегиба (перехода выпуклой части склона в вогнутую, эрозионной части склона в эрозионно-аккумулятивную) и строить морфоизографы. Третья производная определяет положение бровки гидрографической сети (ложбин, лощин, суходолов) и границу перехода ее берегов в днища, четвертая – границу между приводораздельным и присетевым фондами. Положение тальвегов и нижней границы нерасчлененного плакора определяется по первой производной функции отметок (падения). Экстремумы функций соответствуют не только указанным точкам и границам между земельными фондами (ланд-

шафтными полосами), но и, как правило, максимальным скоростям изменения почвенно-микроклиматических и эрозионно-гидрологических характеристик.

Расстояние между стокорегулирующими лесными полосами ($L_{МП}$) определяют из неравенства:

$$L_{МП} = (L_{\partial i} + L_{\text{в}}) \leq L_{\text{сi}} \leq L_{\text{р}}, \text{ где} \quad (8)$$

$L_{\partial i}$ – длина отрезков склона, м, на каждом из которых текущий смыв W_T достигает допустимой величины W_{∂} , т/га;

$i = 1, 2, 3, \dots$ – порядковый номер (от водораздела) межполосного пространства;

$L_{\text{в}}$ – суммарная ширина прилегающих к верхней и нижней опушкам лесополосы поясов, в пределах которых темпы восстановления почвенного плодородия превышают темпы смыва, м;

$L_{\text{сi}}$ – расстояние между основными лесными полосами с учетом уменьшения дальности их ветрорегулирующего влияния на склонах, м;

$L_{\text{р}}$ – расстояние между основными лесными полосами, м, на территории с отсутствием эрозии и не превышающей допустимых величин.

Расчет расстояний $L_{\text{сi}}$ выполняется по уравнению

$$L_{\text{сi}} = L_{\text{р}} \cdot \left(1 - 3 \tan \bar{\alpha}_i \right), \text{ где} \quad (9)$$

$L_{\text{р}}$ – дальность ветрорегулирующего влияния основных лесополос на равнине, м; $\bar{\alpha}_i$ – средняя крутизна склона между верхней и нижней лесополосами i -го межполосного пространства (при $\bar{\alpha}_i \geq 2^\circ$).

Параметры уравнений (3-8) для расчета расстояний между стокорегулирующими лесополосами определяются в соответствии с нижеприведенными нормативами.

8.26. Величина параметра α уравнения

Зябь	0,02250
Озимые	0,00650
Многолетние травы:	
1-го года	0,00650
последующих лет	0,00020
Выгон с задержанием:	
хорошим	$5,4 \cdot 10^{-6}$
средним	$1,6 \cdot 10^{-4}$
слабым	0,00210

8.27. Коэффициенты K_T , характеризующие относительную податливость смыву почв разных типов и подтипов

Чернозем типичный ($Ч_{\text{т}}$), выщелоченный ($Ч_{\text{в}}$), обыкновенный ($Ч_{\text{об}}$)	1,00
Чернозем оподзоленный ($Ч_{\text{оп}}$) и южный ($Ч_{\text{ю}}$), темно-серая лесная и темно-каштановая ($К_{\text{т}}$)	1,07
Серая лесная ($С_{\text{л}}$), каштановая ($К$)	1,15
Светло-серая лесная, дерново-подзолистая ($Д_{\text{п}}$), светло-каштановая ($К_{\text{с}}$)	1,23

8.28. Коэффициенты K_r , характеризующие влияние гранулометрического состава почв на их относительную податливость эрозии

Глинистые	0,90	Легкосуглинистые	1,07
Тяжелосуглинистые	0,95	Супесчаные	1,15
Среднесуглинистые	1,00	Песчаные	1,20

8.29. Коэффициенты K_s , характеризующие влияние степени смытости почв на их относительную податливость эрозии

Несмытая	1,00
Слабосмытая	1,03
Среднесмытая	1,08
Сильносмытая	1,14
Весьма сильносмытая	1,20

8.30. Величины предельно допустимого среднегодового смыва W_d , т/га, в зависимости от типа почв и степени их смытости

Степень смытости почв	D_p, C_l	$Ч_v, Ч_{оп}$	$Ч_{об}$	$Ч_{ю}$	K, K_r	K_s
Несмытые и слабосмытые	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
Среднесмытые	1,5	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
Сильносмытые	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0

В таблице 8.31. даны ориентировочные межполосные расстояния для стокорегулирующих лесополос, с учетом почвенных условий.

8.31. Ширина межполосных пространств $L_{мп}$ (м) для стокорегулирующих лесных полос на почвах разных типов на выпуклой части склона длиной 1000 м ($\Delta H = P_m = 100$ м; $a=5$; $b=0,005$; $\bar{\alpha}^\circ = 2,86^\circ$; агрофон: 50% зябь, 50% озимые)

№ лесополосы от водораздела	Серые лесные	Черноземы			Темно-каштановые	Светло-каштановые
		выщелоченные	обыкновенные	южные		
1*	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>250</u>	<u>200</u>	<u>175</u>	<u>125</u>
	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
2	<u>360</u>	<u>400</u>	<u>470</u>	<u>400</u>	<u>350</u>	<u>250</u>
	3,1	3,7	4,1	2,9	2,2	1,1
3	<u>210</u>	<u>240</u>	<u>250</u>	<u>270</u>	<u>350</u>	<u>250</u>
	5,9	6,7	7,0	6,3	6,4	3,4
4	—	—	—	—	—	<u>250</u>
						6,6

* Для первого межполосного пространства приводится расстояние от водораздела. В знаменателе – крутизна склона на верхней границе пояса восстановления плодородия почвы.

Для усиления водопоглощения в стокорегулирующих лесных полосах применяются простейшие гидротехнические сооружения, мульчирование, посев люпина и др. Параметры гидросооружений и эффективность приемов усиления водопоглощения в лесополосах приведена в таблице 8.32.

Оптимальная ширина лесных полос как с водозадерживающими, так и с водонаправляющими гидротехническими сооружениями дифференцирована по природным зонам и крутизне склона. Расстояние между рядами рекомендуется в степи 3 м, в лесостепи 2,5 м, а в нижнем междурядье, в котором устраивается канава, 3 м. Во всех случаях общая ширина лесных полос, включающая верхнюю закрайку и гидротехническое сооружение (канава, основание вала), не должна превышать 12 м.

Конструкция лесных полос в лесостепной зоне РФ должна быть продуваемой, в степной – ажурной.

Ассортимент пород лесных полос определяется почвенно-климатическими условиями. Как правило, лесные полосы создают из одной главной породы и одной-двух сопутствующих. По ложбинам вводят кустарник (до 50 % от числа посадочных мест).

8.32. Зависимость ширины лесных полос от типа гидротехнических сооружений и крутизны склонов

Крутизна склонов, °	Тип сооружений	Рабочая высота земляного вала, м	Ширина лесополосы, м ¹	
			степь	лесостепь
1...2 ²	Водозадерживающий или водонаправляющий земляной вал	0,3...0,4	9	8
2, 1...3	Канава с валом	0,4...0,5	9	8
3, 1...4	Канава с валом	0,5...0,7	9	8
4, 1...5	Канава с валом увеличенного размера при подсыпке грунта бульдозером	0,7...0,9	6	6
5, 1...6	То же	0,9...1,1	6	6
Примечания: ¹ Уменьшение ширины лесных полос с увеличением крутизны склонов проводят при одновременном сокращении междурядных расстояний; ² для районов интенсивного проявления водной эрозии.				

Способы трассирования стокорегулирующих лесных полос показаны на рис. 8.1.

Технология проектирования (САПР) стокорегулирующих лесополос автоматизирована.

Модульный принцип создания САПР предполагает возможность включения и исключения отдельных проектных процедур без нарушения функции САПР, что позволяет при необходимости заменить одни проектные программные модули другими. Создание баз данных является обязательным условием реализации модульного принципа, поскольку в этом случае исключение отдельной программы не нарушает целостность информационного взаимодействия программных средств. Все это позволяет рассматривать САПР как комплекс программ, который должен обеспечивать управление в диалоговом режиме

процессом проектирования; создание и ведение нормативно-технической базы; выполнение комплекса проектных работ, машинной графики, инженерных и сметных расчетов, выпуск и хранение документации.

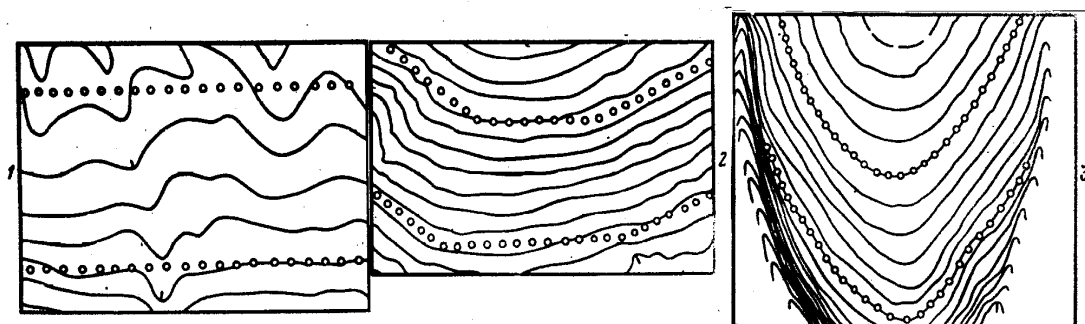


Рисунок 8.1. Способы трассирования лесных полос на склонах разной формы:

- 1) прямолинейно-параллельный на нейтральном склоне;
- 2) контурно-параллельный на рассеивающем склоне с субпараллельными горизонталями;
- 3) контурный на рассеивающем склоне с непараллельными горизонталями.

Для выполнения работ машинной графики используются широко применяемые для ЭВМ пакеты Surfer, AutoCad, MapMaker, Grapher и др.

САПР обеспечивает выполнение следующих функций: ввод картографической информации (горизонталей топокарты, координат ситуации – границ хозяйства, полей, почвенных контуров, поселков, дорог и т. д.); проложение линий тока; выполнение необходимых инженерных расчетов (значений величин уклона, смыва и т. д.); построение карт уклонов, смыва; размещение рубежей (лесополос), составление расчетно-технологических карт (РТК) и выполнение сметно-финансовых расчетов.

Технологический процесс (последовательность этапов проектирования рубежей – лесополос), используемые при этом технические и программные средства приведены в таблице 8.33.

Наиболее перспективно получение компьютерных образов топокарт с использованием сканера с последующим фильтрованием изображения, его векторизацией и проведением линий наискорейшего спуска – линий тока, определение формы склона, расчет параметров функции формы склона, величин уклонов (крутизны склонов) и текущего смыва, построение соответствующих их карт, расчет противоэрозионных рубежей (валов-террас, лесополос) на допустимый (1,5...2,0 т/га) уровень смыва, проектирование системы контурно-прямолинейных рубежей лесополос. Кроме того, создаются различные расчетно-технологические карты, в т. ч. для выращивания лесополос, составляются выборки материальных и денежных затрат, различные поясняющие схемы и рисунки, типовая пояснительная записка. Это значительно облегчает и ускоряет (в 3...5 раз) выполнение проектных работ и выдачу технической документации при высоком их качестве.

8.33. Технологическая схема обработки топокарт, расчета смыва и лесных полос

Технологическая операция	Пакет прикладных программ	Тип файла	Примечание
Сканирование топокарты	DeskScan II	BMP	Можно использовать любой графический формат
Векторизация по координатам X и Y	R2V for Windows		Предварительная фильтрация изображения в графическом редакторе
Привязка к Z-координате	R2V for Windows	XYZ	
Восстановление карты по координатам X, Y, Z	Surfer 6.04	GRD	
Получение расчетной матрицы	Surfer 6.04		Формат файла GS ASCII
Построений линий тока	Отлаживаемая программа		Используется полученная матрица
Построение продольных профилей склона	Karta		
Регрессионный анализ профилей склонов	Karta		
Расчет текущих значений величин уклонов и смыва	Karta		
Построение карт текущих величин уклонов и смыва	Surfer 6.04		
Расчет противоэрозионных рубежей–лесополос	Karta		

8.7.2.3. Проектирование ЗЛН на склоновых землях присетевого и гидрографического фондов

Прибалочные лесополосы проектируют в увязке с использованием площади балочных склонов. Вдоль бровок балок, где есть угроза размыва берегов (например, при изреженном травостое или его коренном улучшении), проектируют лесополосы шириной 9...12 м ажурной (по ложбинам стока – плотной) конструкции. По нижней опушке лесополосы проектируют обвалование.

Приовражные лесополосы во всех природных зонах проектируют вдоль бровок крупных оврагов, не подлежащих выполаживанию или облесению. В их состав вводят корнеотпрысковые виды деревьев и кустарников, а также виды, способные легко размножаться семенами (клен ясенелистный, робиния, лжеакация, осина и др.).

При комплексном освоении овражно-балочных земель важнейшим является определение оптимальных площадей и размещения защитных лесных насаждений, лугомелиоративных мероприятий и гидротехнических сооружений с целью прекращения смыва и размыва земель и экономически обоснованного освоения. Для более правильного решения этих вопросов устанавливается степень эродированности всего водосбора и гидрографической сети. Для этого используют следующие критерии:

- размер водосбора, характеризующий в целом объем мероприятий,

необходимых для предотвращения образования поверхностного стока;

- форма водосбора, указывающая на степень концентрации поверхностного стока и величину его максимальных расходов;
- длина и форма склонов водосбора, по которым устанавливают перечень мероприятий по регулированию поверхностного стока;
- относительная площадь гидрографической сети, по которой определяют объемы размещения здесь противоэрозионных мероприятий;
- глубина местного базиса эрозии, определяющая скорость поверхностного стока и его эродирующую силу;
- густота гидрографической сети, характеризующая степень расчлененности территории.

На участках балок с очень слабой степенью пораженности оврагами под защитные лесные насаждения отводят 10% площади, слабой – 15%, средней – 35%, сильной – 60% и очень сильной – 90 и более.

С целью предотвращения эрозионных процессов на гидрографической сети и вовлечения разрушенных оврагами земель и межовражных выступов в интенсивное использование применяют коренную мелиорацию размытых оврагами склонов и отсыпку откосов.

8.7.2.4. Размещение защитных лесных насаждений на аридных пастбищах

Особенности размещения ЗЛН на пастбищах определяются двумя главными факторами: фитоэкологической мозаичностью природных пастбищных угодий и многообразием функций, возлагаемых на лесонасаждения.

Разработана специальная лесомелиоративная (фитомелиоративная) классификация пастбищ, в полной мере отражающая как природные условия зоны распространения данного вида сельхозугодий, так и особенности адаптивного лесомелиоративного их освоения. В ее основу положены следующие основные ландшафтные критерии: подверженность пастбищ ветровой эрозии (дефляции), водно-солевой режим территории, состояние растительного покрова. Выделены четыре лесомелиоративные категории (ЛМК):

1. Очаги опустынивания с мелко- и среднебарханными песками и сильно-развеваемыми почвами, лишенные растительного покрова. Дефлируемость >200 т/га-ч.

2. Пастбища на заросших и слабозаросших песках разных форм рельефа в разных стадиях почвообразовательного процесса, часто с разобщенными язвами дефляции. Дефлируемость 50...200 т/га-ч.

3. Площади с супесчаными светло-каштановыми, бурыми полупустынными и другими почвами, предрасположенными к дефляции при сплошной распашке. Дефлируемость 4...50 т/га-ч.

4. Пастбища на суглинистых и глинистых почвах, практически не подвергающиеся ветровой эрозии не только при интенсивном выпасе, но и при сплошной распашке. Дефлируемость < 4 т/га-ч.

В пределах каждой ЛМК выделены четыре лесомелиоративных типа (ЛМТ), разнящихся между собой по обеспеченности создаваемых лесонасаждений физиологически доступной влагой, что в аридных условиях определяется

наличием дополнительных к атмосферным осадкам источников увлажнения. По данному признаку различают следующие ЛМТ: «а» – пастбища с доступными грунтовыми водами (ГВ); «б» – с ограниченно доступными ГВ; «в» – угодья с дополнительным увлажнением за счет перераспределения атмосферных осадков (поверхностный сток, снегонакопление) или орошение; «г» – территории пастбищ, лишенные указанных источников увлажнения.

В результате многофакторной лесомелиоративной классификации все природное разнообразие пастбищных массивов может быть представлено совокупностью 16-ти возможных сочетаний – лесомелиоративных категорий и типов.

Основными видами лесонасаждений применяемых для восстановления и улучшения пастбищ являются пастбищезащитные лесные полосы, мелиоративно-кормовые насаждения, древесные зонты, затишковые, прифермские и защитно-хозяйственные насаждения. Эти насаждения различной конструкции и породного состава могут вводиться в формируемые лесопастбищные экосистемы в различном сочетании в зависимости от фитоэкологии мелиорируемого пастбища.

Пастбищезащитные лесные полосы создают с целью предохранения угодий от дефляции и эрозии, а также повышения продуктивности кормовых растений и условий выпаса животных через улучшение микроклимата в приземном слое воздуха. Опавшая листва служит дополнительным кормом. Полосы закладывают в виде системы, размещая их на расстоянии, кратном 15 Н (I и II мелиоративные категории), 20...25 Н (III и IV категории) друг от друга поперек направления эрозионно-опасных или метелистых ветров.

Пастбищезащитные полосы выращивают, главным образом, на пастбищах с доступными и ограниченно доступными грунтовыми водами. Особенно выгодны они в местах выпаса молодняка.

Древесные зонты служат для защиты животных (особенно молодняка) от избыточной солнечной радиации в местах дневного отдыха у водопоя, вблизи ферм и кошар. Они представляют собой группу деревьев, занимающих площадь, достаточную для свободного размещения на ней отары овец или гурта крупного рогатого скота (0,5...1 га). Один зонт размещают на 500...1000 га пастбищ. Основное требование к конструкции зонта – наиболее полное затенение и активный воздухообмен в подкронном пространстве. Поэтому зонты создают из деревьев и крупных кустарников с густой широкой кроной, размещенных на расстоянии 4...5 м друг от друга.

Мелиоративно-кормовые насаждения – один из главных компонентов лесопастбищ. Их выращивают на пастбищах всех ЛМК и ЛМТ для предотвращения дефляции и опустынивания территорий, а также как источник дополнительного корма. Как правило, эти насаждения создают из кустарников и полукустарников, имеющих кормовую ценность и способных использовать недоступную для травянистых растений влагу. Располагают их равномерно или кулисами, занимая 10 % и более от общей площади мелиорируемой территории. На площадях с комплексными зональными почвами создают мелиоративно-кормовые насаждения редкостойно-куртинного «саванного» типа, которые занимают 10...15 % площади пастбища, относящейся к ЛМТ «а», «б» или «в».

Чтобы сформировать трехъярусное лесопастбище, мелиоративно-кормовые насаждения создают в сочетании с пастбищезащитными полосами или вводят в них древесные породы из расчета 25...50 шт/га.

Защитно-хозяйственные насаждения выполняют почвозащитную функцию, служат источником древесины, а также объектом рекреации. Они дают листовой корм и сырьё для хвойно-витаминной муки. Такие насаждения создают в виде широких кулис и массивов различной конфигурации.

Затишковые насаждения создают на пастбищах и скотопрогонных трассах для временной защиты животных в период неблагоприятной погоды. Их закладывают в виде пересекающихся 3...5-лучевых лент-полос или в форме кольца шириной 20-30 м общей площадью 1...3 га там, где из-за неудовлетворительных условий невозможно создать пастбищезащитные лесные полосы, но имеются локальные местоположения с дополнительным увлажнением (ЛМТ «в»). Радиус обслуживания каждого насаждения 3...5 км.

Прифермские и прикошарные насаждения предназначены для защиты ферм, кошар, выгульных дворов, откормочных площадок и самих животных от заноса песком, мелкоземом, снегом, а также для улучшения микроклимата и санитарно-гигиенической обстановки внутри производственных секторов.

8.7.3. Ассортимент деревьев и кустарников для создания защитных лесных насаждений

Ассортимент деревьев и кустарников для защитного лесоразведения подбирается в зависимости от лесорастительных условий, целей создания искусственных насаждений и их видов. Основой правильного размещения и определения видов древесных пород является агролесомелиоративное районирование территории России, разработанное ВНИАЛМИ. Для равнинных районов страны выделено 21, а в горных – 6 агролесомелиоративных районов (АЛМР). Важнейшим лимитирующим фактором произрастания того или иного вида являются условия увлажнения АЛМР.

Гумидный регион России (лесная и лесостепная зоны) характеризуется лучшими агроэкологическими условиями и, как следствие, большим ассортиментом деревьев и кустарников. Поэтому главная задача при проектировании выбрать в зависимости от видов создаваемых насаждений (полезащитных, противозрозионных, сазоазащитных и пр.) единичные породы, в максимальной степени выполняющие своё назначение: ветроломное, стокорегулирующее, почвоулучшающее, рекреационное и др.

Аридный регион (степь, сухая степь, полупустыня и пустыня) характеризуется пестротой почвенных, гидрологических и топографических условий, которые определяют большую разнокачественность лесорастительных условий. Неоднородность этих условий обуславливает пестроту состояния древесной растительности по продольному профилю линейных насаждений: хорошее и удовлетворительное на выщелоченных интразональных почвах понижений, раннее усыхание на микроповышениях с солонцами и почвами с близкими к поверхности солевыми горизонтами и среднее на зональных почвах между ними с глубиной залегания солевых горизонтов свыше 2 м.

Виды, гибриды и формы подбирают здесь дифференцированно в зависимости от почвенно-гидрологических условий:

I – виды, представляющие наибольшую хозяйственную и экологическую ценность и отличающиеся самой высокой долговечностью (дуб, ясень обыкновенный, плодовые, лекарственные и пр.);

II – селекционно улучшенные, комплексно устойчивые к неблагоприятным природным условиям (гибридный вяз, морозоустойчивая форма робинии, бесколючковая форма гледичии и др.) в сочетании с кустарниками в рядах;

III – засухо-, морозо- и солеустойчивые кустарники (тамарикс, акация жёлтая, скумпия, смородина золотая и др.).

В сухостепной и полупустынной зонах наиболее распространённым (до 70 %) является вяз приземистый (мелколистный), который имеет короткий срок жизни (до 15...20 лет). Между тем разные виды, гибриды и формы ильмовых сильно отличаются по отношению к лимитирующим факторам среды (засухе, морозу, содержанию солей). По нисходящей степени устойчивости к этим факторам установлены следующие ряды:

Неблагоприятный Фактор	Ряд устойчивости
Засуха	берест > вяз гибридный* > вяз гладкий > вяз приземистый
Засоление	вяз гладкий > берест > вяз гибридный > вяз приземистый
Графиоз (голландская болезнь)	вяз приземистый > вяз гибридный > берест > вяз гладкий

Ассортимент деревьев и кустарников сильно отличается в зависимости от географического положения, высоты местности и категорий насаждений.

Ответственность за выбор наиболее экономически и экологически ценных видов несут проектные организации. Заказывать проект закладки лесных насаждений следует за 2...3 года до посадки, чтобы вовремя вырастить лесопосадочный материал запроектированных видов.

Лесомелиорация аридных пастбищ проводится в соответствии с классификацией ВНИАЛМИ, в которой учитываются: состояние почвенно-растительного покрова, водно-солевые характеристики почвогрунтов, наличие и виды дополнительных источников увлажнения. По этой классификации аридные пастбища делятся на 4 лесомелиоративные категории (ЛМК), различающиеся между собой по состоянию почвенно-растительного покрова:

I – опустыненные пастбищные территории с мелко- и среднебарханскими песками и сильноразвееваемыми почвами, такыры;

II – пастбища на развеваемых почвах;

III – пастбища на почвах, податливых дефляции;

IV – пастбища на почвах, устойчивых к дефляции.

В пределах ЛМК выделяют лесомелиоративные типы пастбищ (ЛМТ). Они отличаются между собой по обеспеченности лесонасаждений физиологически доступной влагой, что в аридной зоне определяется дополнительными ис-

* образовался спонтанно от переопыления интродуцированного вяза приземистого с местным берестом.

точниками увлажнения: а) территории с доступными грунтовыми водами (ГВ); б) с ограниченно доступными ГВ; в) с перераспределёнными атмосферными осадками (поверхностный сток, снегораспределение, орошение); г) территории без дополнительных источников увлажнения.

В пастбищезащитных лесных полосах используют следующие породы: вяз приземистый, робинию, шелковицу, тополь черный, сосну обыкновенную и крымскую (ЛМТ а); вяз, робинию, шелковицу, тополь черный и белый, лох и тамарикс (ЛМТ б); вяз, робинию, сосну крымскую, тополь белый, лох и тамарикс (ЛМТ в). В состав древесных зонтов входят породы, выдерживающие длительный контакт с животными и обладающие фитонцидными свойствами: вяз, робиния, тополь белый, айлант, тамарикс, клен ясенелистный, груша. В мелиоративно-кормовые насаждения вводят преимущественно кустарники, обладающие ценными кормовыми качествами, почвозащитными свойствами и способностью к регенерации при периодическом стравливании животными: джужгун, терескен, кок-пек, карагану, унаби. Защитно-хозяйственные насаждения создают с участием долговечных и быстрорастущих пород, учитывая их солеустойчивость. На площадях с корнедоступными пресными и слабоминерализованными грунтовыми водами в таких насаждениях выращивают тополя, вяз приземистый, дуб, сосну крымскую и обыкновенную. Ассортимент пород в затишковых насаждениях аналогичен составу древесных зонтов. В прифермские насаждения, в дополнение к этим породам, вводят плодовые деревья и кустарники: абрикос, шелковицу, смородину, лох, грушу, унаби, яблоню и др.

8.7.4. Технологии создания защитных лесных насаждений.

8.7.4.1. Создание полезащитных (ветроломных) лесонасаждений на богарных и орошаемых землях

На богарных землях лесонасаждения создают в основном рядовым способом. В отдельных регионах применяют диагонально-групповой и шахматный способ посадки. На солонцеватых почвах сухой степи используют куртинный способ по микрозападинам, а на почвах подверженных ветровой эрозии – кулисный из кустарников. Почву под лесные полосы готовят (с учетом почвенно-климатических особенностей) в лесостепи, как правило, по системе раннего пара, а в степи по системе черного пара. На чистых от сорняков полях в лесостепи европейской части страны допускается посадка лесных полос по глубокой зяби.

На серых лесных почвах основную вспашку проводят на глубину до 18...20 см с доуглублением на 35 см. На типичных, обыкновенных и южных черноземах вспашку проводят на глубину 27...30 см с одновременным доуглублением до 35...40 см плугом ПЛН-4-35. На темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почвах с наличием солонцов до 25% в качестве основной обработки применяют безотвальное рыхление на глубину 50...60 см рыхлителем РН-60 и отвальную вспашку на 27...30 см плугом ПЛН-4-35. Почву с уплотненным карбонатным горизонтом рыхлят на глубину 70...80 см. На комплексных светло-каштановых почвах с наличием солонцов 25% и больше проводят плантажную вспашку на 50...60 см плугами ППН-50 и перепашку пара на такую же глубину. На участках с наличием дефляции лучшей подготовкой поч-

вы является глубокое рыхление орудием РН-80Б. Предпосадочная обработка почвы проводится культиватором КПЭ-3,8Г.

Наиболее благоприятное время для посадки – ранняя весна. Посадка по весновспашке не рекомендуется. В европейской части страны при достаточной влажности почвы допускается осенняя посадка лиственных пород, но не позднее 30 дней до наступления устойчивых морозов.

Для создания лесных полос применяют сеянцы, укорененные черенки и саженцы. Сеянцы высаживают машинами ССН-1 и МЛУ-1А, саженцы – МПЛК-1. Сеянцы и черенки используют 1...2-летнего и саженцы 2...3-летнего возраста. При рядовом способе в лучших лесорастительных условиях (выщелоченные, типичные, обыкновенные черноземы) древесные породы высаживают в рядах через 1,5...2,0 м, в худших (южные черноземы, почвы каштанового типа) – через 1,0...2,0 м, в междурядьях через 3 м. При диагонально-групповом и шахматном способах расстояние между посадочными местами в рядах устанавливают 6...8 м. При строчно-луночных посевах дуба, проводимых сеялками СЖН-1 и СКБ 3/5, расстояние между лунками составляет 1 м, а группами лунок 3 м. Саженцы ореха размещают через 6...8 м.

Уход за почвой в полезащитных лесных насаждениях начинают сразу же после посадки или посева. Первое рыхление после посева проводят сплошь легкими зубовыми боронами. В междурядьях и рядах почву рыхлят в 1-й год – 4...5, во второй год – 3...4, в 3-й и последующие годы по 2...3 раза. Сроки и количество уходов устанавливают в зависимости от состояния почвы, интенсивности роста сорняков и их количества. Уходы за почвой в рядах проводят по мере надобности до смыкания крон, а в междурядьях в лесостепной зоне – до 4...6 лет, в степной зоне на черноземах – до 8...10 лет и на почвах каштанового типа – 10...12 лет и более. Ежегодно в возрасте до 3...5 лет проводят осеннее рыхление почвы в междурядьях на глубину до 16...20 см с уменьшением глубины в последующие годы. В течение вегетационного периода глубину рыхления в междурядьях изменяют: на черноземах (кроме южных) – от 8 см (первая культивация) до 12...14 см (последняя культивация), на каштановых почвах и южных черноземах – от 14 до 16 см (первая культивация) до 8...10 см (последняя культивация). Почву в рядах и группах рыхлят на глубину 6...8 см, в зависимости от состояния и механического состава, количества и высоты сорняков. Для ухода за насаждениями в рядах используют культиваторы КРЛ-1А, КБЛ-1А и КВЛ-1, в междурядьях КЛ-2,6 и ПРВМ-3, одновременно в рядах и междурядьях универсальные культиваторы КУН-4, КЛП-2,5 и культиваторы с приспособлением ПРО-1.

На орошаемых землях лесные полосы создают из 2...3 рядов, а вспомогательные – из 2-х рядов древесных пород, реже – однорядные. Вдоль магистральных каналов полосы сажают с двух сторон из 4...5 рядов с опушкой из кустарников. Вдоль междоусобных каналов – из 3...4 рядов, хозяйственных и участковых – из 2...3 рядов. Все полосы вдоль каналов, проходящих по орошаемой площади, создают в основном с одной стороны каналов. Расстояние между рядами принимают 3 м, в ряду – 2...3 м. Допускается посадка полос сближенными рядами 1,3 м, обеспечивающими уход лесным культиватором КРЛ-1А.

Почву под насаждения готовят после предварительной планировки поверхности. Вспашку осуществляют в степной зоне – на глубину 27...30 см, в сухой степи и в полупустыне – 50...60 см. На засоленных землях проводят промывные поливы.

Лесные полосы выращивают с обязательным применением полива. Поливной режим для лесных насаждений устанавливают в зависимости от почвенно-климатических условий и поливного режима выращиваемых сельскохозяйственных культур. В районах с небольшим количеством атмосферных осадков и глубоким залеганием грунтовых вод проводят влагозарядковый полив. Для лучшей приживаемости растений проводят послепосадочный полив. В дальнейшем осуществляют вегетационные поливы: в первый год посадки нормами до 600 м³/га, во второй 600...800, в третий и последующие годы 800...1000 м³/га. Примерное количество поливов в первый год – 3...5, во второй – 2...4, в третий – 2...3, с четвертого года 1...2.

Полив лесных насаждений проводят по бороздам или дождеванием одновременно с поливом сельскохозяйственных культур. При существенном отличии в водопотреблении лесной полосы и сельскохозяйственных культур проектируют автономный полив с подводом воды к полосам. К созданию лесных полос приступают через год после начала эксплуатации и освоения поливной техники, а вдоль каналов в земляном русле (при отсутствии полива) через 2...4 года, в зависимости от типа канала в расчете на установившийся уровень фильтрационно-грунтовых вод.

Уход за почвой начинают сразу после посадки, в первые два года проводят 4...6 культиваций почвы в междурядьях и рядах, соответственно культиваторами КЛ-2,6, ПРВМ-3 и КРЛ-1А, в третий 3...5, в четвертый 2...4, а в последующие годы 1...2 универсальным культиватором КУН-4. Уход за почвой в полосах со сближенными рядами проводят со стороны закраек. Количество культиваций при этом сокращается на 1...2 за вегетационный период, а продолжительность ухода – на 1...2 года. В рядах лесных полос при большой засоренности, как и в богаре применяют химическую борьбу с сорняками. Почву опрыскивают гербицидами почвенного действия (из группы триазинов) рано весной по безлистным растениям. Оставшееся после механических уходов и вновь отрастающие сорняки обрабатывают гербицидами контактного действия. Чаще применяют смесь почвенных и контактных гербицидов, например симазин в дозах 1...1,5 и далапон в дозах 2...3 кг/га д. в. на почвах каштанового типа и соответственно 2...2,5 и 4...5 кг/га д. в. на черноземных.

8.7.4.2. Создание противоэрозионных лесных полос

Стокорегулирующие лесополосы создают по вынесенным в натуру проектным трассам. Система обработки почвы аналогична вышеописанной. Лесополосы по ложбинам стока усиливают земляными гидротехническими сооружениями: земляными валами, валами-канавами. Гидросооружения располагают по нижней опушке или в нижнем междурядии. При наличии продольного уклона по верхней опушке устраивают стоконаправляющие рубежи, обеспечивающие поступление стока в лесополосу.

Под закладку прибалочных и приовражных лесных полос в лесостепной

зоне проводят сплошную обработку почвы на незасоренных землях по системе зяблевой вспашки, а на засоренных и задернелых – по системе черного пара. В степной зоне обработку почвы проводят плантажными плугами по системе черного пара.

На овражно-балочных землях в зависимости от категорий площадей подготовку почвы проводят путем вспашки полосами, созданием борозд или напашных и нарезных террас.

Обработку почвы под защитные лесные насаждения в лесостепной зоне проводят полосами и бороздами. На склонах до 12° ее осуществляют плугами ПЧС-4-35, ПЛН-4-35, а в степной и полупустынной зонах в дополнение к названным плугам – ПРН-40 и плантажными плугами ППН-40 и ППН-50.

На склонах такой же крутизны, изрезанных промоинами глубиной до 0,5 м, проводят напашное террасирование. Вначале бульдозером ДЗ-42Г проводится заравнивание промоин. Устройство напашных террас осуществляют плугами ПУС-4-35, ПЛН-4-35 с отваливанием пласта почвы вниз по склону. Плуги регулируют так, чтобы задний корпус работал на полную глубину, а первый – на одну треть или половину. На участке с щебнистыми и мергелистыми почвами вспашке предшествует глубокое рыхление почвогрунтов рыхлителями РН-60 и РН-80Б.

Напашные террасы в лесостепной зоне на склонах $6...8^\circ$ строят шириной 2,2 м за два-три прохода агрегата, на склонах $8...12^\circ$ – за три-четыре прохода, на склонах $12...20^\circ$ – за пять-семь проходов. На второй год проводят предпосадочную обработку полотна террас плугами на глубину 40 см.

В степной и полупустынной зонах строят напашные террасы шириной 3,5...4,0 м плантажными плугами. На второй год полотно террас рыхлят и дважды культивируют с одновременным боронованием.

На склонах с крутизной свыше 20° защитные лесные насаждения создают по нарезным террасам. В лесостепной зоне их строят с шириной полотна 2,5 м, в степной – 3,5-4,0 м. В зависимости от геологического строения, гидрологического режима и свойств почв террасы строят горизонтальными или с допустимыми неразмываемыми (до 2°) уклонами по длине и с обратным (до 8°), естественным (до 4°) и нулевым уклонами полотна. По профилю угол выемочного откоса составляет $60-70^\circ$, насыпного – $34-40^\circ$.

На склонах до 35° со среднекаменистыми почвами в лесостепной зоне террасы с шириной полотна 2,5 м нарезают террасами ТС-2,5, а в тех же условиях степной зоны террасы шириной 3,5 м строят террасером ТК-4, а на более легких почвах – бульдозером.

Почву на полотне ступенчатых террас в лесостепной зоне обрабатывают по системе раннего, а в степной – черного пара. Предварительно полотно террас рыхлят плугами ПЛН-4-35 со снятыми отвалами на глубину 30-35 см, а на сильно каменистых почвах – рыхлителями за два прохода (вперед и назад) на глубину 50 см. Уход за паром (уничтожение сорняков и рыхление почвы) выполняют культиваторами-рыхлителями КРГ-3,6 и КРТ-3.

На террасах с шириной полотна 2,5 м высаживают один ряд растений по центру террасы, а на террасах шириной полотна 3,5-4,0 м – один (в насыпную часть) или два ряда с междурядием 2,5 м. Сеянцы высаживают лесопосадочной

машиной МЛУ-1А и МУЛ-1, а саженцы – лесопосадочным агрегатом ЛПА-1 с расстоянием в ряду сеянцев через 1,5-2,0 м, саженцев – 2,0-2,5 м. Агротехнический уход на террасах с шириной полотна 2,5 м проводят культиваторами КЛП-2,5, КЛБ-1,7, КДС-1,8 путем седлания ряда агрегатом, а на террасах с шириной полотна 3,5-4,0 – культиватором КРТ-3 путем вписывания агрегата в междурядья. Для проведения ухода в рядах используют мотоинструмент ИМС-0,3 и культиваторы КВЛ-1 и КВЛ-2.

8.7.4.3. Создание защитных лесных насаждений в экстремально засушливых условиях

Новая концепция лесоразведения в аридном регионе включает следующие положения:

- тщательное картографирование и выделение в натуре участков на трассе будущих линейных насаждений с различными условиями лесопригодности: I – лучшие (большие и малые выщелоченные западины с тёмноцветными интразональными почвами с корнедоступными пресными грунтовыми водами или дополнительным водопитанием за счёт перераспределения поверхностного стока, около 10...15 % площади), II – средние (зональные почвы на ровных участках или слабых склонах с глубиной залегания токсичных солей глубже 1,5 м, 60...65 % площади), III – худшие (пятна солонцов или участки с залеганием токсичных солевых горизонтов до 1,0...1,5 м от поверхности, около 25 % площади);

- строгое соблюдение технологий выращивания искусственных лесных насаждений (глубокая мелиоративная вспашка, парование почвы, тщательный уход за ней в период выращивания лесных культур, устройство водонаправляющих валов и т. д.);

- дифференцированная посадка строго определённого состава древесных видов: на участках I категории лесопригодности – наиболее ценные высокорослые и долговечные деревья (дуб, ясень, плодовые и др.), на II – селекционно улучшенные, комплексно устойчивые виды, формы и гибриды деревьев (ильмовые, робиния, гледичия и др.) в сочетании с кустарниками в ряду, на III – засухо- и солеустойчивые кустарники (тамарикс, акация жёлтая, скумпия, смородина золотистая и др.);

- создание чистых кустарниковых кулис в особо трудных условиях произрастания (солонцов и засоленных участков свыше 25 %) – тамарикс, акация жёлтая, скумпия, терескен и др.;

- организация собственной постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) для производства семян с ценными наследственными признаками и выращивание из них посадочного материала с высокими биологическими и морфологическими признаками (в селекционно-семеноводческих центрах).

Эффективность применения нового способа лесоразведения определяется долговечностью созданных лесонасаждений и удлинением срока экономического и экологического воздействия их на прилегающие территории. Доказатель-

ством большой эффективности способа являются существующие в настоящее время лесные объекты в различных природных зонах аридного пояса.

8.7.4.4. Лесохозяйственные приемы формирования защитных лесных насаждений

Лесохозяйственные мероприятия включают: рубки ухода, ремонтно-реконструктивные и восстановительные работы. ВНИАЛМИ совместно с ЦОК-Блесхозмаш для этих целей разработали новый комплекс технических средств: МОВ-4,2 – машина для обрезки боковых ветвей и наклонных стволов, УСД-0,25 – устройство для выборочного срезания деревьев, УСК-1 – кусторез, КНД-1,1 – корчеватель непрерывного действия, МФ-0,9 – фрезерная машина, ПТУ-2,1 – подборщик-трелевщик универсальный и машина для срезания вершин и стволов деревьев.

Потребность в рубках ухода защитных лесополос определяют при ежегодном рекогносцировочном обследовании с учетом состояния, сохранности и выполнения ими защитных функций. В случае превышения древесного отпада над запасом наращивания, рубки ухода проводят безотлагательно.

Разреживание старовозрастных древостоев, в которых не проводились рубки ухода, выполняются по следующим основным признакам:

- по сомкнутости крон деревьев 0,9-1,0, где более 51% деревьев главных пород отстают по высоте от лидирующих экземпляров на 1,0-2,0 м и наблюдается обильное отмирание нижних ветвей по стволу деревьев;

- по наличию суховершинных и сухостойных экземпляров, составляющих до 2% в верхнем пологе насаждения и 10-15% в нижнем.

Разреживание порослевых генераций деревьев назначается на 3-4-й год после проведения лесовозобновительных рубок при значительном уплотнении лесных полос, а также в насаждениях, в которых в подавляющем большинстве порослевых экземпляров деревьев сильно замедлился прирост по высоте и диаметру. Критерием интенсивности разреживания является сохранение наиболее ценных стволов деревьев с оптимальной общей полнотой на 1 га.

Внешними признаками необходимости проведения лесовозобновительных рубок служит состояние деревьев и кустарников, при котором более 30% составляют суховершинные или усыхающие экземпляры. Вырубки необходимо закладывать в один или два приема, если лесная полоса имеет не более 3-х рядов. Единовременная, а также двух- или многоприемная вырубка проводится в многорядных лесополосах. Примыкание лесосек проводят через 3-4 года в зависимости от высоты нового поколения деревьев.

Осветление поросли проводят, как правило, начиная с заветренных сторон вырубок, по мере восстановления высоты порослевых деревьев на 75-80% от высоты материнских деревьев.

Работы по реконструкции, направленные на коренное изменение состава, рядности и аэродинамических свойств лесных полос, осуществляются до середины второго возрастного периода развития древостоев.

Раскорчевку кустарников и деревьев, а также расширение междурядий проводят по известным технологическим приемам механизированным способом с применением фрезерной машины МФ-0,9 и корчевателя КНД-1,1.

При лесовосстановительных и реконструктивных работах в насаждениях предусматривается посадка или дополнение новыми древесными породами.

В противоэрозионных насаждениях хороший рост и состояние обеспечивается своевременным разреживанием. Причем нельзя обрезать нижние сучья у главных и сопутствующих древесных пород.

В зоне возможного обрушения части оврага, где произрастают корнеотпрысковые породы, для ликвидации изреженности необходимо в местах отсутствия поросли проделывать борозды или канавки ручным инструментом для стимулирования отрастания новых побегов в местах поранения корней, а также лучшего обсеменения откосов.

В куртинно-контурных противоэрозионных лесонасаждениях, на участках куртин, представленных кустарниковой растительностью, необходимо каждые 3-5 лет проводить посадку на пень с целью их омоложения и продления срока службы за счет последующих генераций.

В лесонасаждениях на песках рубки ухода планируют к моменту смыкания крон. В зависимости от породного состава, густоты посадки и лесорастительных условий этот возраст равняется 3-6 годам.

Для быстрорастущих пород (тополь, робиния, гледичия и др.) возраст осветления равен 5 годам, прочистки – до 10, прореживания – до 15 лет и проходных рубок с 16 лет и выше. При рубках ухода полнота насаждений по сомкнутости крон не должна снижаться ниже 0,8 единиц.

В порослевых насаждениях при осветлении древесных пород в возрасте 2-3 года на пнях оставляют не более 5-6 побегов, равномерно размещенных по окружности пней. При прочистке в 6-7 лет сохраняют на пнях по 3-4 побега, в возрасте прореживания (8-10 лет) – по 2-3 лучших побега.

Проходные рубки в порослевых насаждениях проводят с 12-15-летнего возраста с интенсивностью каждого приема 20% от количества стволов, или 8-15% от запаса. Полнота порослевых насаждений не должна снижаться в возрасте осветления и прочисток ниже 0,8, а в возрасте прореживания и проходных рубок – ниже 0,7.

8.8. Проектирование оросительных и осушительных мелиораций

8.8.1. Экологическая роль и место гидротехнических мелиораций в адаптивно-ландшафтном земледелии

Мелиорация земель и последующее более интенсивное их сельскохозяйственное использование оказывают влияние на составные элементы ландшафта и прежде всего на почву, водные ресурсы, флору и фауну, условия жизни и здоровье людей, санитарно-эпидемиологическую обстановку территорий.

Положительные воздействия оросительной и осушительной мелиорации, ради достижения которых она проводится, многообразны: повышается плодородие почвы, возрастают урожаи и объемы получаемой продукции, расширя-

ются площади сельскохозяйственных угодий, улучшается и оздоравливается климат прилегающих земель, создаются новые рабочие места и растут доходы землепользователя (землевладельца), ослабевает воздействие засух и почвенных засух, дефляции и эрозии почвы, повышается рекреационная значимость местности и ее видовое разнообразие.

Степень возможных отрицательных последствий от проведения мелиорации зависит от особенностей природных условий объекта и прилегающих земель, конструкций и параметров мелиоративных сооружений, системы земледелия, уровня хозяйствования на мелиорируемых землях и, не в последнюю очередь, от качества проекта.

Многих негативных последствий мелиорации можно избежать или минимизировать их влияние на окружающую среду, если строго руководствоваться современными требованиями по предпроектной агроэкологической оценке объекта мелиорации и тщательном соблюдении требований действующих нормативных документов при проектировании мелиоративных систем для условий адаптивно-ландшафтного земледелия.

Среди экомелиоративных мероприятий особое значение на современном этапе приобретают технологии, связанные с восстановлением природной среды: очистка, детоксикация и рекультивация почвенного покрова, обессоливание дренажного стока, улучшение качества воды в водоисточниках, восстановление функционирования малых рек и т.д. Это новое направление в мелиорации требует проведения фундаментальных и прикладных научных исследований по обоснованию и разработке методов и технологии воссоздания ресурсовоспроизводящих и средообразующих функций ландшафта.

8.8.2. Нормативная база и стадии проектирования мелиорации

В соответствии с существующим порядком оросительные и осушительные системы вместе с гидротехническими сооружениями входят в состав инженерных сооружений. Согласно утвержденному Госстроем России СНиП 10-011-94 «Система нормативных документов в строительстве (200). Основные положения» при проектировании должны соблюдаться следующие обязательные требования:

- обеспечение безопасности жизни и здоровья людей;
- охрана окружающей природной среды;
- надежность возводимых зданий и сооружений;
- совместимость и взаимозаменяемость элементов конструкций и применяемых в строительстве технических решений.

Как отмечается о упомянутых СНиП, вновь разрабатываемые документы в первую очередь должны быть направлены на защиту прав и охраняемых законом интересов потребителей строительной продукции, общества и государства и не сдерживать самостоятельность и инициативу предприятий и специалистов. Средство решения этой задачи – новый методический подход, нашедший распространение в практике международной стандартизации. В отличие от традиционно сложившегося, так называемого описательного или предписыва-

ющего подхода, когда в нормативных документах приводят подробное описание конструкции, методов расчета, применяемых материалов и т.д., вновь создаваемые строительные нормы и стандарты должны содержать, в первую очередь, эксплуатационные характеристики строительных изделий и сооружений, основанные на требованиях потребителя. Нормативные документы должны не предписывать, как проектировать и строить, а устанавливать требования к строительной продукции, которые должны быть удовлетворены, или цели, которые должны быть достигнуты в процессе проектирования и строительства. Способы достижения поставленных целей должны носить рекомендательный характер.

Для стимулирования инициативы специалистов проектных и строительных организаций в решении технико-экономических задач, в нормативных документах предусмотрено сокращение числа обязательных требований и увеличение числа правил рекомендательного характера, определяемых нормами технологического проектирования, которые в свою очередь включают режимы орошения и осушения, агромелиоративные мероприятия, промывку земель, устройство полезащитных лесных полос и др. Ранее эти нормативы излагались в СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения».

Как следует из приведенных материалов, ныне, в условиях рыночной экономики при разработке проектов мелиорации поощряется самостоятельность и инициатива проектировщиков и тем самым усиливается связь их с наукой.

В разрабатываемые новые нормативные документы уже включены результаты новейших исследований по агроэкологической оценке объектов мелиорации и прилегающих к ним территорий. В числе этих документов необходимо назвать: Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (2002); Водный кодекс Российской Федерации (1995); Федеральный закон «О мелиорации земель» (1996); Закон Российской Федерации «Об экологической экспертизе» (1995) и другие.

Помимо законодательных документов федерального уровня следует руководствоваться ведомственными и региональными нормативными документами, в том числе ВСН «Экологические требования при обосновании проектов мелиорации сельскохозяйственных земель» (2004).

Усилия разработчиков нормативных документов и проектировщиков направлены на обоснование обязательных и рекомендательных правил применительно к условиям мелиоративного проектирования и строительства, сбор, анализ зарубежных нормативных документов, которые могли бы помочь сформулировать новые методические принципы и подходы, и соответствующие методические рекомендации по частным вопросам проектирования орошения и осушения.

Социально-экологическое обоснование мероприятий по мелиорации представляет собой совокупность доказательств и научных прогнозов, позволяющих при проектировании учитывать взаимоотношения между гидромелиоративной системой и окружающей средой и объективно оценивать возможные положительные и отрицательные стороны намечаемой хозяйственной деятельности для экосистемы и человека.

Основными признаками экологически безопасных гидромелиоративных систем, то есть систем, обеспечивающих социо-экологический баланс, являются:

- гармонизация мелиоративной системы с окружающей средой (решается на предпроектных стадиях при рассмотрении всего речного бассейна, если площадь объекта составляет более 10% площади бассейна малой и средней реки);
- рациональное преобразование природных ландшафтов в пределах объекта мелиорации (детально решается при разработке проектной документации);
- минимизация негативного влияния мелиоративных мероприятий на прилегающие территории (решается на предпроектных стадиях с детализацией при разработке проектной документации).

Проектирование должно сопровождаться прогнозом воздействия объекта на окружающую среду, оценкой возможных экологического и социального ущерба при его строительстве и эксплуатации и разработкой необходимых природоохранных мероприятий.

Состав и детальность экологического обоснования определяется этапом инвестиционно-строительного процесса. По мере перехода от одного этапа к следующему степень детализации обоснования должна возрастать.

Согласно СП 11-10-95 проектная подготовка строительства в инвестиционном процессе состоит из трех основных этапов:

- разработки и представления Ходатайства о намерениях;
- разработки Обоснований инвестиций в строительство;
- разработки согласований, экспертизы и утверждения проектной документации.

Экологическое обоснование включает следующие позиции:

- оценку современного состояния природной среды при существующих формах хозяйственной деятельности;
- характеристику инвестируемого объекта;
- прогнозную оценку состояния природной среды при функционировании объекта;
- предложения по природоохранным мероприятиям;
- программу организации экологического мониторинга.

8.8.3. Мелиоративные системы и их составляющие

Состав мелиоративных систем. Мелиоративные системы и сооружения на них воздействуют на природную среду и человека через элементы, выполняющие конкретные рабочие функции.

В проектировании и строительстве мелиоративных систем и сооружений выделяются четыре блока:

- А. Оросительные системы (орошение);
- Б. Осушительные системы (осушение);
- В. Гидротехнические и другие сооружения вне оросительных и осушительных систем;

Г. Эксплуатация, освоение и использование мелиорируемых земель и мелиоративных сооружений. В будущем, возможно, появится необходимость выделения пятого блока (Д) по строительной базе мелиоративных объектов (заводы, полигоны, транспорт и пр.).

Важнейшей составляющей оросительных и осушительных систем является режим орошения (осушения), ибо от его обоснования и соблюдения на практике зависят возможные отрицательные воздействия на почву, гидрологию, гидрогеологию, природные комплексы, здоровье людей и т.д. Режим орошения и осушения определяет параметры оросительной и осушительной сети, насосных станций и других гидротехнических сооружений, которые непосредственно воздействуют на окружающую среду.

Названные выше четыре блока включают компоненты, показанные в таблице 8.34.

В задачу проектирования входит анализ (на основе материалов проведенных изысканий и исследований) возможных воздействий проектируемого элемента мелиорации на природно-социально-экономическую структуру мелиоративного объекта (включая прилегающую территорию), с учетом требований СНиП, рекомендаций научных учреждений и материалов, полученных на объектах-аналогах, определение рациональных параметров каждого элемента системы и оценка возможных изменений в окружающей среде.

Минимизации возможных отрицательных последствий по любому элементу мелиоративного сооружения можно добиться только используя показатели благоприятного экологического состояния почв, поверхностных и подземных вод, ландшафтов и т.п. и допустимых глубин залегания грунтовых вод (норм осушения, критических глубин и пр.), а также допустимых масштабов мелиорации по природным зонам страны. По этому вопросу в последние годы учеными много сделано, многие требования уже конкретизированы на уровне СНиП и ведомственных норм технологического проектирования.

Следует исходить из того, что правильно выполненная мелиорация повышает устойчивость агроэкосистем, приводит к оптимальному соотношению тепла и влаги и стабилизирует воспроизводство почвенного плодородия. Для обоснования степени воздействий мелиоративных сооружений на природную среду в табл. 8.35 (по данным Н.И. Парфеновой (156), дополненным материалами И.П. Айдарова и др. (4), Л.В. Кирейчевой (73); Б.С. Маслова (111), приведены основные показатели благоприятного экологического состояния почв и ландшафтов.

Одним из основных показателей, определяющих норму осушения в гумидной зоне, критическую глубину на орошаемых землях при борьбе с засолением почв, включая дренаж, является экологически допустимая глубина залегания грунтовых вод, рекомендации по которой в зависимости от степени минерализации грунтовых вод по природным зонам страны имеются в литературе и технологических нормативах.

8.34. Типизация оросительных и осушительных систем и их элементов для ландшафтно-экологического проектирования

<p>А. Оросительные системы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Режим орошения; 2. Водоисточник (река, озеро, водохранилище, подземные воды); 3. Водозаборные сооружения; 4. Насосные станции; 5. Система поверхностного орошения; 6. Рисовая система; 7. Система дождевания; 8. Система капельного орошения; 9. Система подпочвенного и внутрипочвенного орошения; 10. Система лиманного орошения; 11. Система с использованием сточных вод и животноводческих стоков; 12. Магистральные каналы – распределители; 13. Оросительная сеть. Хозяйственные каналы; 14. Лотковая сеть; 15. Трубопроводы; 16. Водосборно-сбросная сеть; 17. Дренаж (горизонтальный, вертикальный, комбинированный) и промывка почв; 18. Сооружения на сети (сопрягающие и др.); 19. Планировка почв; 20. Природоохранные сооружения и мероприятия (без рыбозащиты); 21. Рыбозащитные сооружения и устройства; 22. Защитные лесные насаждения; 23. Средства автоматизации. <p>Б. Осушительные системы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Режим осушения; 2. Водоприемник; 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Насосные станции; 4. Оградительные дамбы; 5. Проводящая сеть (магистральные и другие транспортирующие каналы); 6. Регулирующая сеть; 7. Ограждающая сеть (ловчие каналы и др.); 8. Агромелиоративные мероприятия; 9. Осушительно-увлажнительная сеть; 10. Культуртехнические работы; 11. Планировка почв; 12. Природоохранные сооружения и мероприятия; 13. Противопожарные мероприятия. <p>В. Гидротехнические и другие сооружения (отдельно расположенные)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Плотины; 2. Водоохранилища; 3. Режим водоподачи и водоотведения; 4. Электрические сети и подстанции. <p>Г. Эксплуатация, освоение и использование мелиорируемых земель</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Эксплуатационные сеть и сооружения; 2. Дороги эксплуатационные; 3. Химическая мелиорация (известкование, гипсование почв); 4. Севообороты (монокультура); 5. Удобрения; 6. Агротехника; 7. Средства по борьбе с сорняками; 8. Средства по борьбе с вредителями растений.
--	---

Приведенные в табл. 8.35 значения уровня грунтовых вод по природным зонам (от 4...5 до 8...10 м) характерны для автоморфного процесса почвообразования, в реальных условиях орошения при обеспечении автоморфно-гидроморфного режима глубина залегания грунтовых вод на разных почвах составляет 3...4 м.

Многие критерии в практике мелиорации не использовались (например, по миграции населения, переселению, региональному развитию, экологии болезней и др.), но литературы по этим вопросам, особенно зарубежной, имеется достаточно; задача в том, чтобы на ее основе сформулировать необходимые критерии и принять правильное решение.

8.35. Критерии благополучного экологического состояния почв и ландшафтов

Показатели	Природная зона				
	Лесостепная	Степная	Сухо-степная	Полупустынная	Пустынная
Содержание гумуса в почве, %	2...3	5...7	3...4	2...3	1,5...2
Плотность почвы, г/см ³		0,10...0,18			
Степень засоления почвы, %	0,1...0,3	0,1...0,3	0,2...0,3	0,3...0,4	0,3...0,4
pH	6...7	7...7,5	7...8	7,5...8	7,5...8,3
Окислительно-восстановительный потенциал	450...600	400...600	350...500	350...450	350...450
Степень осолонцевания (состав ППК)					
Na ⁺		< 3			
Mg ²⁺		< 15			
Кальциевый режим, отклонение от природного, %		< 5			
Глубина до грунтовых вод, м	4...5	8...10	5...7	5...6	4...5
Пределы регулирования влажности почвы, доли НВ	0,7...0,9	0,7...0,8	0,7...0,85	0,7...0,85	0,7...0,9
Отношение оросительной нормы к осадкам	0,1...0,2	0,3...0,5	0,6...1,0	1,5...2,0	—
Оросительная норма М, мм	60...100	130...270	400...590	500...670	690...880
Минерализация поливной воды, г/л	1...2	0,5...0,7	1	—	—
Нисходящий ток воды, мм	40...60	30...40	40...80	80...100	100...110
Ирригационное питание на уровне грунтовых вод, доли М	0,08...0,1	0,1...0,15	0,20...0,25	0,25...0,50	0,25...0,50
Инфильтрационное питание, доли М	0,05...0,25	0,05...0,08	0,08...0,13	0,13...0,20	0,13...0,20
Отношение дренажного стока к питанию грунтовых вод	0,68...0,95	0,75...0,93	0,85...0,91	0,80...0,87	0,80...0,87
Влагообмен между почвой и грунтовыми водами, доли испарения	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,15	0,10...0,15
Допустимые пределы изменения УГВ, м					
Подзоны: бессточная	0,3...0,5	0,3	0,5	0,5	—
Дренажная	0,5...1	0,5...1	1...1,5	1...3	—
интенсивно дренажная	1...3	1...2	1...1,5	1...3	—

8.8.4. Состав агроэкологического обоснования мелиорации на предпроектных стадиях

Ходатайство (Декларация) о намерениях Ходатайство (декларация) о намерениях составляется по всем объектам мелиорации вне зависимости от их площади. Этап связан с выбором места размещения объекта и определением его границ, при этом должна быть выполнена его оценочная природно-экологическая характеристика. Исходными данными для этой оценки являются опубликованные и фондовые материалы специально уполномоченных государственных органов по охране окружающей среды и их территориальных подразделений, Росгипрозема, Комплексных схем охраны и использования водных ресурсов, земельных и водных кадастров, фондовые материалы почвенных, геологических и гидрологических изысканий, рекогносцировочное обследование.

При небольшой площади объекта, когда, как правило, недостаёт исходных данных, выполняется рекогносцировочное обследование объекта, а также

(по возможности) используются материалы объектов-аналогов, функционирующих в сходных природных условиях.

Экологическая часть Ходатайства должна предусматривать следующие проработки.

- Если объектом инвестирования является оросительная система, намечается потенциальный водоисточник (водоём, водоток, местный сток, подземные воды), оценивается качество воды в нём и место расположения водозабора, устанавливается предварительный расход воды для лет расчётной обеспеченности и объём водозабора.
- Для осушительной системы и дренажа орошаемых земель ориентировочным расчётом или по объектам-аналогам оценивается качество сбросных и дренажных вод, их расход и объём в годы расчётной обеспеченности, намечаются места сброса этих вод в водоприемник (водоисточник).
- При необходимости намечаются мероприятия и сооружения по очистке дренажных и сбросных вод, а также по утилизации продуктов очистки.
- При использовании для полива подготовленных сточных вод или животноводческих стоков границы объекта назначаются с учётом санитарно-защитных зон.
- На основании ориентировочных расчётов определяются зоны влияния мелиоративной системы на окружающую территорию (подъём уровня грунтовых вод при орошении, снижение уровня грунтовых вод при осушении) и мероприятия по предотвращению возможных отрицательных последствий.
- Оценивается потенциальная опасность водозаборного (водосбросного) сооружения на воспроизводство рыбных запасов в водоисточнике (водоприемнике).
- Рассматривается опасность водной эрозии при отведении сбросных и дренажных вод в местные понижения (тальвеги, овраги и т. д.).
- В зависимости от намечаемой конструкции мелиоративной системы оцениваются возможные последствия в случае техногенных аварий и природных катаклизмов (прорыв плотин, дамб, затопление территории в случае интенсивных дождей или весенних половодий редкой повторяемости, оползневые явления на склонах и т.д.).

Все экологические составляющие Ходатайства о намерениях, имеющие плановую привязку (границы объекта, водоохранные, санитарно-защитные зоны, места водозаборов и др.), отмечаются на общей ситуационной карте объекта и прилегающей территории масштаба 1:10000–1:100000.

На основании полученных прикидочных показателей определяется *экологический риск* мелиоративно-хозяйственной деятельности в районе расположения объекта мелиорации. Результаты природно-экологической оценки района размещения используются при рассмотрении Ходатайства о намерениях органами исполнительной власти. При рассмотрении Ходатайства природоохранными органами уточняются условия природопользования и могут выдвигаться дополнительные технические требования (условия) природопользования, которые должны реализовываться на последующих стадиях.

Обоснование инвестиций. Обоснования инвестиций разрабатываются для всех видов мелиоративных систем при осуществлении строительства полностью или частично за счёт средств федерального бюджета. По отдельным несложным объектам и при финансировании строительства из средств местного бюджета и частных инвесторов Обоснования инвестиций могут не разрабатываться, в этом случае необходимые согласования с природоохранными органами в полном объеме должны быть оформлены в Ходатайстве о намерениях.

Обоснование инвестиций дается в разделе «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), целью которого является определение возможных нежелательных экологических и санитарно-эпидемиологических последствий реализации проекта, оценка инвестиционных затрат на обеспечение экологической безопасности мелиорируемой и прилегающей к ней территории. Разработка ОВОС ведется на бассейновой основе (на локальном уровне), т.е. в пределах агроландшафта бассейна реки (озера) устанавливается взаимовлияние различных компонентов экосистемы и определяется оптимальное соотношение между площадями, занятыми лесом, пашней, лугом, мелиорируемыми угодьями, водными объектами, заповедниками и т.д.

В разделе ОВОС должна быть отражена только специфика объекта мелиорации и не повторяться характеристики, освещённые в других разделах «Обоснования инвестиций».

ОВОС должен включать следующие подразделы:

1. Характеристика района размещения хозяйственной деятельности:

– характеристика природной среды (особенности природно-климатических условий, рельеф, ландшафты, почвы, водные объекты, растительный и животный мир, наличие редких и исчезающих животных и растений);

– объекты историко-культурного наследия и охраняемые природные объекты (культурные, исторические и природные памятники, заповедники, заказники, национальные парки и т.д.);

– наличие и характер антропогенных нагрузок, основные источники загрязнения (животноводческие и бытовые стоки, удобрения, ядохимикаты, котельные, транспортные средства, сельхозтехника и т.д.);

– наличие на территории очистных сооружений, санитарно-защитных и водоохраных зон, их состояние и эффективность.

2. Современное экологическое состояние территории характеризуется следующими показателями:

– состояние компонентов природной среды, экосистем и их устойчивости к аграрно-техногенным воздействиям;

– состояние почв мелиорируемого объекта (наличие процессов линейной эрозии и плоскостного смыва, дефляции, загрязнённости промышленными отходами и продуктами, радиационной и биологической заражённости и т.д.) и смежных территорий;

– степень хозяйственного использования территории объекта и состояние растительности;

– состояние водных ресурсов и источников водоснабжения (показатели качества поверхностных и подземных вод и загрязнённость их пестицидами и другими продуктами хозяйственной деятельности);

– оценка состояния других компонентов природной среды – животного мира, воздушной среды, недр;

– данные о санитарно-эпидемиологическом состоянии территории, условиях проживания и отдыха населения;

– природно-хозяйственная ценность территории;

– ограничения по природопользованию.

3. Характеристика сложившейся хозяйственной деятельности района строительства с точки зрения её влияния на состояние окружающей среды (уровень загрязнения).

4. Общая характеристика намечаемой хозяйственной и иной деятельности (в т.ч. объёмы и качество используемых сбросных и дренажных вод, минеральных и органических удобрений, животноводческих и хозяйственно-бытовых стоков и т.д.).

5. Оценка степени, характера, масштаба распространения воздействия намечаемой хозяйственной или иной деятельности на окружающую среду в период строительства и эксплуатации объекта, включая аварийные ситуации.

6. Предварительный прогноз влияния намечаемой хозяйственной и иной деятельности и возможных неблагоприятных изменений по всем компонентам окружающей природной среды при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта.

7. Оценка экологических, социальных и экономических последствий воздействия намечаемой деятельности, в том числе выявление значимых остаточных явлений.

8. Покомпонентный анализ вероятности возникновения неблагоприятных для природной среды и человека последствий осуществления хозяйственной деятельности на объекте, в т.ч. и на особо охраняемых объектах.

9. Определение мероприятий, смягчающих или предотвращающих негативные воздействия.

10. Оценка и выбор оптимальных альтернатив как по месту размещения, так и по принимаемым техническим и технологическим решениям.

11. Оценка стоимости природоохранных мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность природной среды и населения.

12. Информирование общественности и учёт общественного мнения на всех этапах проведения ОВОС.

13. Предложения по программе экологического мониторинга и контроля на всех этапах реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

14. Разработка предложений по проведению послепроектного анализа реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

В состав графического приложения включается ландшафтно-экологическая карта (схема) или группа карт (схем) масштаба 1:25000–1:50000 (для крупных объектов 1:100000), на которых отражается современное экологическое состояние территории и на основании предварительного прогноза показываются возможные изменения окружающей среды при реализации проекта.

Ландшафтно-экологическая карта современного экологического состояния должна отражать:

- распространение различных типов ландшафтов;
- функциональное зонирование территории;
- распространение основных источников загрязнения почв, поверхностных и подземных вод, воздушного бассейна и характеристики загрязнителей;
- возможные пути миграции загрязнителей и участки аккумуляции загрязнений;
- расположение очагов болезней (скотомогильники, кладбища и пр.) и возможные пути миграции переносчиков болезней;
- расположение особо охраняемых участков и зон ограниченного использования;
- расположение участков особой чувствительности к воздействию опасных природных и техноприродных процессов;
- расположение объектов историко-культурного наследия;
- результаты геохимических, геогидрохимических и радиационных исследований (в виде изолиний).

На основе ландшафтно-экологической карты современного состояния и прогнозных расчётов, в том числе с использованием объектов-аналогов, и при необходимости моделирования, должна быть составлена карта (схема) прогнозируемого экологического состояния, на которой отражаются:

- ожидаемые изменения в ландшафте объекта мелиорации (целенаправленные изменения) и на прилегающей территории под воздействием мелиорации (деградация почв, трансформация угодий и растительных сообществ, ухудшение охотничьих угодий, сокращение площади болот, лесов и пр.);
- ожидаемые изменения отдельных компонентов геосистемы и окружающей природной среды (подъём или понижение уровня грунтовых вод и связанное с этим подтопление, иссушение, заболачивание, засоление, развитие оползневых процессов, эрозия и деформация почв, деградация мерзлоты, заиление и загрязнение рек, переработка берегов и др.);
- динамики предполагаемого распространения различных типов и видов загрязнения и развития опасных геологических, эпидемиологических и других процессов.

В зависимости от природных условий геосистемы, размера гидромелиоративной системы и планируемой нагрузки на природную среду ландшафтно-экологические карты (схемы) разрабатываются для всего бассейна малой или средней реки (глобальный или региональный уровень) или на локальном уровне в пределах зоны влияния гидромелиоративной системы.

При этом следует выделять три зоны влияния гидромелиоративных систем на окружающую среду:

- зона непосредственного активного влияния мелиорации (прилегающая к объекту);
- внутри мелиоративного объекта – зона, включающая не мелиорируемые земли, размеры которой могут быть установлены геофильтрационными расчётами;

- зона отдалённого влияния, определяемая при инженерно-экологических изысканиях.

Ландшафтно-мелиоративная карта составляется на основе вспомогательных карт: климатической, геоморфологической, литологической, гидрогеологической, (глубин залегания, гидроизогипс и минерализации грунтовых вод, изопьез и водопроницаемости первого напорного горизонта подземных вод, элементов баланса грунтовых вод), почвенной. Такого рода карты используются также при гидрогеолого-мелиоративном районировании территорий, при котором составляется синтезирующая их карта гидрогеолого-мелиоративного районирования. На ландшафтно-мелиоративной карте выделяются ареалы возможного распространения отрицательных явлений и процессов под влиянием мелиорации и мелиоративного земледелия, ухудшающих плодородие почв, мелиоративное состояние земель и их деградацию из-за превышений техногенной нагрузки, денудационных процессов, допущенных ошибок при проектировании, строительстве и эксплуатации мелиоративных систем, которые могут привести к экологическому дисбалансу. Использование ландшафтно-мелиоративной карты уже на стадии проектирования позволяет правильно подобрать параметры мелиоративной сети и предусмотреть экологически безопасные приемы освоения и использования мелиорируемых земель. С учетом этого, трансформированная ландшафтно-мелиоративная карта служит документом проектировщика для заказчика, инвестора и рецензента.

Следует иметь в виду, что разработка ОВОС представляет значительную сложность. В чисто практическом плане это означает необходимость на предпроектной стадии получить весь объем информации о природных свойствах объекта для установления взаимосвязей отдельных элементов природного комплекса, динамики возможных отрицательных процессов и прогнозирования последствий мелиорации. Получение большого объема информации означает необходимость проведения уже на стадии «Обоснование инвестиций» практически основного объема изыскательских работ, что резко повышает стоимость этого этапа проектирования. Так как результатом «Обоснования инвестиций» является положительный или отрицательный ответ о возможности реализации конкретного инвестиционного проекта, возникает необходимость минимизировать затраты инвестора на первоначальной стадии, которые могут оказаться бросовыми при отрицательном результате.

В связи с этим наиболее рациональным путем решения проблем, связанных с проектированием мелиоративных воздействий на природные экосистемы, является использование математических имитационных моделей их функционирования при различной антропогенной нагрузке.

8.8.5. Агроэкологическое обоснование оросительных и осушительных мелиораций при проектировании

Агроэкологическая оценка земель и мелиоративных мероприятий в полном объеме дается в составе проектной документации на стадии «проект» или «рабочий проект», который должен содержать комплекс предложений по рациональному использованию природных ресурсов и технических решений по

предупреждению негативного воздействия проектируемого объекта на окружающую природную среду.

Состав и содержание раздела должны отвечать требованиям «Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство объектов мелиорации земель», утверждённой Минсельхозом России в 2002 г. по согласованию с Госстроем России. Они могут уточняться применительно к специфическим особенностям объекта.

Так как оценка воздействия на окружающую среду выполняется на предпроектной стадии при «Обосновании инвестиций», в проектной документации должны быть сопоставлены данные выполненной оценки с параметрами оросительной и осушительной системы, принятыми в проектной документации.

В случае, если имеются существенные расхождения параметров природоохранных характеристик, следует выявить причины расхождений и обеспечить комплекс необходимых мероприятий по охране окружающей природной среды. Одновременно на ландшафтно-экологической карте должны быть уточнены границы воздействия на окружающую среду проектируемого объекта.

На основании типизации объектов воздействий мелиорации оросительной и осушительной систем, гидротехнических сооружений, расположенных за их пределами, целесообразно рассматривать девять объектов воздействий, в пределах которых выделены 51 подобъект, или фактор изменений (табл. 8.36). По каждому из них должен быть проведен по возможности количественный анализ мелиоративных воздействий.

Для получения разрешения на природопользование в соответствии с «Рекомендациями по экологическому сопровождению инвестиционно-строительных проектов», утвержденных Госстроем в России в 1998 г., необходимо оценить воздействие на следующие компоненты геосистемы: почвы, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, земли, ландшафт и недра, растительность, животный мир, а также на санитарно-эпидемиологическую обстановку и социально-экономические условия с учетом комплексного использования природной среды.

Помимо достаточно полно освещенных в отечественной литературе вопросов воздействия мелиорации на почвы, водный режим территорий (гидрологию и гидрогеологию), экологию и здоровье населения и др., имеются вопросы, которые практически не освещены в мелиоративной литературе, но они волнуют мировую общественность – проблемы биоразнообразия, жизни малых народов, миграции населения и др., по которым приняты специальные постановления на уровне Организации Объединенных Наций. Необходимо эти вопросы осмыслить и ввести в практику проектирования.

На основе обобщения материалов научных исследований и опыта проектирования, выделены 9 объектов воздействий гидромелиорации (оросительных и осушительных систем (табл. 8.36). Как и при любой типизации, перечень объектов воздействий страдает определенной условностью и субъективностью, но он необходим для учета возможных изменений при проектировании и контроля за полнотой и качеством учета изменений в окружающей среде при оценке проекта.

Для каждого объекта воздействий (почва, гидрология, экология, охрана здоровья и др.) названы основные изменения, которые сгруппированы и колеблются в пределах от 5 до 10 по отдельным группам (табл. 8.36).

8.36. Типизация элементов геосистем для анализа мелиоративных воздействий

Компонент геосистемы	Элементы (факторы) геосистемы
1. Земли, почвы	1.1. Земельные угодья 1.2. Свойства почв 1.3. Засоление и загрязнение почв 1.4. Заболачивание почв 1.5. Вынос солей с дренажными водами 1.6. Сработка и сгорание торфяной почвы 1.7. Эрозия почвы
2. Поверхностные воды	2.1. Меженный режим рек 2.2. Режим половодий 2.3. Регулирование речного стока 2.4. Водный режим пойм 2.5. Водный баланс 2.6. Загрязнение вод
3. Подземные воды	3.1. Понижение уровней грунтовых вод 3.2. Подъем уровней грунтовых вод 3.3. Подтопление земель 3.4. Засоление грунтовых вод 3.5. Ресурсы подземных вод 3.6. Качество и загрязнение подземных вод
4. Атмосферный воздух	4.1. Загрязнение воздуха 4.2. Запыление и задымление 4.3. Загрязнение токсичными веществами 4.4. Климат приземного слоя
5. Животный мир	5.1. Места обитания и размножения животных 5.2. Миграция животных 5.3. Редкие и новые виды фауны 5.4. Рыбные ресурсы 5.5. Охотничьи ресурсы
6. Растительность	6.1. Мелиорируемые земли 6.2. Флора прилегающих земель 6.3. Редкие (реликтовые) территории 6.4. Водная растительность 6.5. Биоразнообразие
7. Рельеф и литологические условия	7.1. Овраги 7.2. Абразия и переработка берегов 7.3. Оползни, карст 7.4. Переформирование русел и дейгиш 7.5. Деформация грунтов
8. Санитарно-эпидемиологическая обстановка	8.1. Питательная вода 8.2. Очаги болезней 8.3. Экология и распространение болезней 8.4. Контроль болезней 8.5. Болезни животных
9. Социально-экономическая структура	9.1. Население, инфраструктура 9.2. Экономические показатели 9.3. Региональное развитие 9.4. Рекреационные ресурсы

Для всех форм воздействия объекта на окружающую среду в проекте должны быть разработаны, в том числе на альтернативной основе, проектные решения по нейтрализации (или снижению) негативного влияния объекта на окружающую среду.

Раздел «Охрана окружающей среды» любого проекта должен включать следующие подразделы:

- краткие сведения о проектируемом объекте, включая рассмотренные варианты проработки, исходя из условий минимизации воздействия на окружающую природную и социальную среду (в т.ч. по размещению объекта строительства, принятым инженерным и технологическим решениям и т.д.);

- мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов; данные по хозяйственному использованию намечаемых к мелиорации земель (общая площадь, в т.ч. пашня, сенокосы и пастбища, многолетние насаждения, залежи, приусадебные земли, сады и огороды, лесные насаждения, характеристика почвенных условий; наличие и степень ветровой и водной эрозии почв, плоскостного смыва, дефляции, слитизации; данные по характеру и уровню загрязнённости почв и др.).

Проектируемые мероприятия по рациональному использованию и защите земельных ресурсов должны включать следующие материалы:

- степень хозяйственного использования территории, исходя из соблюдения критериев устойчивости агроландшафтов (ограничения по использованию земельных, лесных, болотных и других угодий и охране прилегающих земель; соответствие принятых технологических и инженерных решений экологическим требованиям и ограничениям по оросительным и поливным нормам (с учётом сохранения оптимального водно-воздушного и солевого режима, недопущения заболачивания, засоления, осолонцевания, водной эрозии орошаемых земель и т.д.);

- качество поливной воды (с учётом возможности засоления, осолонцевания, содообразования, загрязнения тяжёлыми металлами, нефтепродуктами, ядохимикатами и т.д.);

- принятый способ орошения и техника полива, исходя из сохранения оптимального водно-воздушного и солевого режима почв, обеспечения оптимального режима и минерализации грунтовых вод, недопущения (максимального ограничения) процессов водной эрозии почв и т.д.;

- параметры и конструктивные решения мелиоративной сети с учётом обеспечения высоких коэффициентов использования воды (КИВ) при орошении, оптимального водно-воздушного режима почв (при осушении), сохранения устойчивости русел и т.д.;

- оценка необходимости строительства дренажа и проведения промывок засоленных земель при орошении и дополнительного увлажнения земель при осушении, химической мелиорации почв и использования сбросных вод; защита мелиорируемых земель от ливневых и паводковых вод, селевых потоков, оползней и т.д.; проектируемые почвозащитные и водоохранные лесные полосы, противоэрозионные водоудерживающие, водонаправляющие и водосбросные гидротехнические сооружения (запруды, нагорные валы и каналы, быстро-

токи, перепады и т.д.); укрепление имеющихся эрозионно-опасных оврагов для предотвращения их роста; мероприятия по рекультивации земель, нарушаемых при строительстве мелиоративной сети, прокладке трубопроводов, устройстве карьеров, насосных станций и гидросооружений и т.д.; площади нарушаемых земель; объёмы плодородного грунта, подлежащие снятию, транспортировке, и его использование.

Оросительная норма нетто в проекте должна быть определена для среднего по обеспеченности осадками (или дефициту увлажненности) года, а также для засушливых лет 75 и 90% обеспеченности. Она зависит от возделываемых культур, почв, глубин залегания грунтовых вод и других факторов и принимается в соответствии с инженерным расчетом, исходя из плановой урожайности.

Задачей проектировщика является недопущение завышения оросительной нормы нетто, т.к. это может привести к непроизводительным затратам воды и энергии на ее подачу, а также к подтоплению земель. В критических ситуациях по этим двум показателям, после соответствующего экономического обоснования и согласования с инвестором, можно пойти на поливы сниженными на 10...50% поливными и оросительными нормами с недополучением части урожая.

Следующие разделы должны быть посвящены вопросам рационального использования и охраны поверхностных и подземных водных ресурсов, мероприятиям по охране растительного и животного мира, по характеристике социальной среды и последствий намечаемой хозяйственной деятельности, включая социально-экономические условия проживания населения, и другим мероприятиям по охране окружающей среды (см. табл. 8.36).

Учитывая сложность взаимосвязи отдельных компонентов экосистем и отсутствие по ряду проблем результатов целенаправленных научных исследований, формализовать эти требования в виде конкретных норм, имеющих цифровое значение, представляет значительную сложность, а по большинству позиций нереально. В этой связи представленные ниже положения представляют собой в основном правила и реже нормы (т.е. числовые значения конкретных параметров), полученные на основании опыта и экспертных оценок учёных.

Следует учитывать, что на орошаемой территории приходные элементы баланса преобладают над расходными и даже при самых тщательных поливах, если формируется инфильтрационное питание грунтовых вод, влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации $g = E_r - \Phi_r - M_r$ изменяет знак на отрицательный. При этом неизбежен подъем уровней грунтовых вод, нередко засоление почв и со временем подтопление земель на прилегающей территории.

Потери воды непосредственно на поле на фильтрацию происходят из-за завышения поливных и оросительных норм, несоблюдения поливных режимов, несовершенства применяемой техники полива и других причин. Коэффициент полезного использования воды на полях (КИВ), представляющий собой отношение полезного водопотребления культур, необходимого для получения проектной (плановой) урожайности, к количеству воды, данной на поле по внутрихозяйственной сети каналов (трубопроводов, лотков), реально может быть доведен до 0,9...1,0.

Коэффициент полезного действия (КПД) внутрихозяйственной сети на поле (отношение количества воды, израсходованной на поливы, к количеству воды, поданной во внутрихозяйственную сеть), должен быть примерно тот же – 0,9...1,0. Следует иметь в виду, что при применении этих довольно жестких ограничений до 20% воды неизбежно теряется на поле, впитываясь в почву, насыщая зону аэрации до водоудерживающей ее способности и вызывая подъем уровней грунтовых вод с нежелательными последствиями (засоление почвы, подпитывание, ухудшение качества воды в реках и др.).

Находящиеся в пределах орошаемой площади межхозяйственные и магистральные каналы, трубопроводы, лотки и другие транспортирующие воду сооружения отличаются высокими потерями на фильтрацию. Потери воды из каналов являются основным источником подъема УГВ и подтопления земель. Поэтому сокращение потерь воды до минимума и увеличение коэффициента полезного действия оросительных каналов должно быть одной из основных задач проекта орошения. Для ее реализации следует использовать широкий арсенал мероприятий, включающий противифльтрационные покрытия каналов, замену каналов трубопроводами, сокращение длины и расходов одновременно работающих каналов, проведение круглосуточных поливов, прекращение подачи воды по каналам в зимний период и др.

Уравнение баланса грунтовых вод может быть записано в виде

$$m\Delta H = M_{\text{бр.}} + P - E - \Delta W_0 + Q_1 - Q_2,$$

где $M_{\text{бр.}}$ – подача воды за любой период времени на орошаемое поле, включает поливные воды и потери воды при поливе и в оросительной сети, m – дефицит влаги в зоне подъема грунтовых вод до полной влагоёмкости грунта (обычно $m = 0,10-0,20$, в долях объема); P – осадки; E – суммарное испарение; ΔW_0 – изменение запасов воды в балансируемом слое за время t ; Q_1 , Q_2 – приток и отток подземных вод.

Основные приходные элементы баланса – $M_{\text{бр.}}$ и приток грунтовых вод со стороны, расходные – испарение и отток грунтовых вод (при отсутствии искусственного дренажа).

Внутрисистемное питание грунтовых вод на конкретном массиве за любой период времени при отсутствии поверхностного стока является функцией P , $M_{\text{бр.}}$, E , Q_1 и Q_2 , каждый из элементов баланса выражают в виде слоя воды, отнесенного на орошаемую площадь, в мм или $\text{м}^3/\text{га}$.

Подъем уровня грунтовых вод на орошаемом массиве определяется из приведенного уравнения водного баланса,

$$\Delta H = \frac{M_{\text{бр.}} + P - E - \Delta W_0 + Q_1 - Q_2}{m}.$$

Тщательность определения всех элементов баланса является залогом качественной оценки мелиоративного состояния орошаемых земель и предупреждения возможного подтопления прилегающей территории под влиянием орошения.

Входящая в уравнение баланса величина $M_{\text{бр.}}$ представляет собой оросительную норму брутто, включающую расходы воды на поливы и все потери поданной на орошение воды в пределах системы.

Для предупреждения подъема грунтовых вод и подтопления земель необходимы мероприятия по всемерному снижению элементов питания грунтовых вод внутри системы – оросительных норм и потерь воды из оросительной сети, притока поверхностных вод из-за пределов системы, конденсации влаги и, если имеющихся средств по их ограничению недостаточно, необходимо уменьшение притока грунтовых вод извне и (или) усиление оттока грунтовых вод за пределы орошаемых земель с помощью инженерных средств, основным из которых является искусственный дренаж (горизонтальный, вертикальный или комбинированный). Дренаж в условиях формирования гидроморфного режима почвообразования и при наличии склонных к засолению или засоленных почв и грунтовых вод является последним (сложным и дорогостоящим) средством борьбы с ухудшением мелиоративного состояния земель и подтоплением.

Научно-технический прогресс в орошении осуществляется по следующим основным направлениям: снижение водоподдачи, экономное использование воды, улучшение качества полива за счет повышения равномерности увлажнения почвы, направленное воздействие орошения на формирование благоприятной среды обитания растений; многоцелевое использование поливной техники для внесения вместе с поливной водой удобрений, химмелиорантов, пестицидов, ростовых веществ, снижение трудовых затрат.

Оценка эффективности природоохранных мероприятий в проекте адаптивно-ландшафтной мелиорации проводится по следующим показателям:

- соответствие проектных решений заданию на проектирование, основным нормативным документам и актам по охране окружающей среды, условиям проживания и здоровья населения, требованиям и ограничениям органов госнадзора и охраны природы и местных органов государственного управления;
- комплексная оценка воздействия намечаемого вида хозяйственной деятельности на ландшафт и окружающую природную среду, учитывающая характер и степень всех потенциальных видов влияний на природный территориальный комплекс строительства и эксплуатации мелиоративного объекта;
- обоснование принятых инженерных и технологических решений, исходя из минимизации ущерба, наносимого природной и социальной среде на основе выполненных вариантных проработок;
- оценка эколого-экономических ущербов, предотвращаемых в результате осуществления проекта;
- оценка стоимости мероприятий по охране окружающей среды, необходимых для обеспечения экологической безопасности природной среды и жизнедеятельности населения.

8.8.6. Оптимизация мелиоративных мероприятий в соответствии с генетическими особенностями почв и почвообразующих пород

При решении мелиоративных задач в разнообразных ландшафтных условиях больше всего ошибок допускается в тех случаях, когда плохо учитываются особенности почв и почвообразующих пород, почвенные режимы. Как правило, ***если способ мелиорации не адекватен свойствам и режимам почв и почвооб-***

разующих пород, то он оказывается либо не эффективным, либо опасным для природной среды. Примеры такого рода весьма многочисленны. Так, в условиях южной тайги глубокое самотёчное осушение низинных болот полесий оказалось причиной ускоренного разложения их органического вещества, дефляции, пожаров, исчезновения осушенных торфяных почв, выхода на поверхность бесплодных оглеенных кварцевых песков, мергеля, известковых отложений. Связь способов мелиорации с особенностями генезиса и состава почв и почвообразующих пород отчётливо проявляется и при мелиорации минеральных почв. Это относится как к гидротехническим, так и к гидромелиоративным мероприятиям. Так, пластмассовый дренаж быстро выходит из строя в минеральных гидроморфных почвах, заболоченных ожелезненными водами, т.е. в ортзандовых, оруденелых, коровых железистых, а также в ожелезненных торфяных почвах. Следствием этого является вторичное заболачивание территории. Керамический дренаж малоперспективен в длительно-сезонно-мерзлотных почвах из-за закупорки дрен ледовыми пробками весной в начальный период формирования дренажного стока.

Кротовый дренаж может функционировать только в структурных, преимущественно пойменных, почвах. Однако он нецелесообразен в бесструктурных болотно-подзолистых суглинистых и глинистых почвах. Сама оподзоленность почвенного профиля является достаточным свидетельством нецелесообразности применения этого вида дренажа.

Генезис почв, их гранулометрический и агрегатный состав определяют принципиальную конструкцию осушительных систем. Так, на тяжёлых оглеенных слабоагрегированных и плохо водопроницаемых почвах необходимы комбинированные осушительные системы. Здесь кроме регулирующей сети осушителей целесообразно устройство ложбин с коэффициентами откосов 5-6 для раскрытия западин, шлюкеров, траншейных фильтров из крупнозернистого песка, мелкого гравия, керамзита, пластмассовых шариков и других материалов, агромелиоративных мероприятий по ускорению поверхностного и внутрипочвенного стока, а также выполнение агрономических мероприятий по защите почв от уплотнения (применение травопольных севооборотов, сельскохозяйственных машин с уменьшенным давлением на почву и др.).

Хорошо агрегированные тяжелые почвы пойм отличаются высокими коэффициентами фильтрации. До тех пор, пока сохраняется благоприятная почвенная структура, не возникает необходимость в использовании шлюкеров, траншейных фильтров и других мероприятий по ускорению поверхностного и внутрипочвенного стока, несмотря на преимущественно глинистый гранулометрический состав этих почв. Однако их длительная эксплуатация в условиях монокультуры пропашных на протяжении 15-25 лет и более приводит к существенному ухудшению физических свойств и возникновению водоупорных подпахотных горизонтов.

В легких почвах, заболоченных грунтовыми водами, схема осушения наиболее проста. На внепойменных массивах она ограничена лишь регулирующей сетью осушителей, планировкой поверхности и агрономическими мероприятиями по защите почв от уплотнения.

Тесная связь эффективности мелиоративных мероприятий и генезиса почв проявляется в случае не только применения гидротехнических, но и агро-мелиоративных мероприятий. Так, глубокое мелиоративное рыхление неэффективно в торфяных, средне- и сильнокаменистых почвах на моренных отложениях, в почвах на тонкослоистых ленточных глинах. Оно мало эффективно в условиях сложной структуры почвенного покрова, а также на недренированных оглеенных почвах.

Установлено, что такой распространенный способ агро-мелиорации, как кротование, неэффективен на тяжелых пойменных оглеенных почвах и в почвах на тонкослоистых ленточных глинах. Наконец, применение бес-траншейного пластмассового дренажа, глубокого мелиоративного рыхления, кротования, дренаукладчиков с непрерывной экскавацией затруднено или невозможно в почвах на моренных каменистых отложениях.

Свойства почв и пород определяют не только способы мелиорации, но и важнейшие параметры земляных сооружений, а также их стоимость. Так, в тяжёлых почвах на тонкослоистых ленточных глинах при строительстве каналов выполняется максимальный объём земляных работ, поскольку их коэффициенты откосов равны 3,0-3,5. Эти почвы и породы обладают высокой способностью к скольжению. Вместе с тем в устойчивых моренных глинах они не превышают 1,25-1,50. Примеры такого рода могут быть существенно дополнены. Однако и приведенных данных достаточно для того, чтобы подтвердить сформулированный тезис о том, что мелиоративные системы эффективны только в том случае, если они адекватны генезису и составу почв и почвообразующих пород. Это положение справедливо не только для гумидных, но и для степных и пустынных ландшафтов. Так, например, из-за недостаточного внимания к особенностям почв и пород в Центральной Азии в 60-70 годах были вовлечены в орошение тяжелые гипсоносные почвы с высоким содержанием крупнокристаллического гипса. Такие почвы обладают низкой водопроницаемостью и практически не поддаются промывкам.

Отметим и то, что бездренажное орошение чернозёмов и каштановых почв на юге России при близком залегании майкопских, хвалынских и других соленосных пород стало причиной не только их осолонцевания и засоления на значительных площадях, но и возникновения заболоченности и переувлажнённых засоленных почв в условиях мочарных ландшафтов.

Весьма существенное значение для оценки адекватности способов мелиорации природным условиям является анализ вторичных изменений процессов почвообразования в результате интенсивного антропогенного воздействия. Представляется, что оценка вторичных почвообразовательных процессов, возникающих в результате антропогенного воздействия на почвенный покров, должна стать основой прогноза изменения почв и ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Полученные данные свидетельствуют о том, что **вторичное почвообразование может, во-первых, усиливать первичный почвообразовательный процесс, во-вторых, вызывать новые, несвойственные почвам в исходном состоянии процессы, или, в третьих, приводить почвы к полной деструкции.** Поэтому, применяя определённую систему агрономи-

ческих, мелиоративных и других мероприятий, следует представлять те реальные вторичные почвообразовательные процессы, которые вызывает к жизни деятельность человека. Только на этой основе может быть выработана эффективная система защитных мероприятий по предупреждению опасных вторичных процессов. В этой связи для теории и практики мелиорации почв актуальны исследования их развития как результата антропогенного влияния. Рассмотрим несколько примеров такого рода. Так, применение дренажа в гумидных ландшафтах для осушения оглеенных минеральных почв на кислых и выщелоченных суглинистых и глинистых породах при современном низком уровне агротехники резко усиливает вынос кальция и магния, марганца и железа. Дренаж в таких почвах является причиной смены застойного типа водного режима на застойно-промывной. Всё это приводит к возникновению или увеличению мощности подзолистого горизонта в осушаемых почвах. В таких почвах после дренажа усиливается действие зонального почвообразовательного процесса. Сущность происходящих изменений свойств твёрдой фазы почв при изменении типа гидрологического режима отражает таблица 8.37.

8.37. Изменение свойств почв и процессов под влиянием глееобразования при застойном и застойно-промывном типах водного режима (по материалам модельных и натурных исследований)

Свойства почв и процессы	Изменения в результате глееобразования на фоне водного режима*	
	застойного	застойно-промывного
1.Вынос Fe	умеренный	интенсивный
2.Вынос Al	не выражен	интенсивный
3.Вынос Ca и Mg	не выражен или слабый	интенсивный
4. pH	без изменений или слабое подщелачивание	резкое подкисление (на 1-2 ед. pH)
5.Подвижный Al	без изменений	резкое увеличение (на 1-2 порядка)
6.Гидролитическая кислотность	без изменений	резкое увеличение (в 2-3 раза)
7.Степень насыщенности оснований	несущественные изменения	резкое уменьшение (в 3-4 раза)
8.Содержание ила (частицы <0,001 мм)	несущественные изменения	интенсивный вынос (лессиваж)
9.Внешняя удельная поверхность	слабое или заметное увеличение	уменьшение
10.Сегрегация железа, конкрециеобразование	не выражена	заметная или интенсивная
11.Цвет горизонта	сизый, синеватый, голубовато-зеленый	белесый, ярко-белый, сероватый

- - изменение по сравнению с исходной почвообразующей породой.

С другой стороны, осушение торфяных почв прекращает естественный процесс консервации остатков растений-торфообразователей. При этом резко интенсифицируется противоположный процесс. Происходит ускорение биохимического разложения их органического вещества. Его опасность очевидна. Но практически почти повсеместно в стране не применяют такие простые и необходимые приёмы защиты торфяных почв от разложения, как поддержание на осушенных торфяных почвах лугового типа водного режима, введение травопольных севооборотов и залужение, внесение удобрений. Необходимо пересмотреть действие традиционных и, казалось бы, известных способов защиты гидроморфных почв от деградации. Так, например, полагают, что пескование и покровная песчаная культура земледелия на торфяных почвах, несколько ускоряя распад их органического вещества в пахотном горизонте, резко тормозят этот процесс в подпахотных слоях. Однако исследования показывают, что внесение песка при песковании и покровной культуре земледелия, материала, обладающего невысокой теплоёмкостью, высокими значениями температуропроводности и теплоотдачи, резко повышает температуру всех горизонтов почв от поверхности до грунтовых вод. Это усиливает активность целлюлозоразрушающих аэробных микроорганизмов и приводит в конечном итоге к ускоренному разложению органического вещества торфяных почв. Установлено, что по сравнению с контролем (чёрной культурой) пескование и покровная песчаная культура земледелия достоверно увеличивают скорость разложения органического вещества торфяных почв на 20-50% в годы разной влажности. Существенно и то, что дренаж на осушенных болотах в полесьях на флювиогляциальных песках, а также на песках в условиях моренных ландшафтов, при нерегулируемом водном режиме часто оказывается причиной отрыва капиллярной каймы от торфяной залежи. Это обстоятельство часто становится причиной опустошительных пожаров, приводящих к уничтожению всей торфяной залежи до минерального дна болот. Процесс пирогенного уничтожения почв осушенных болот в Нечернозёмной зоне сейчас принимает масштабы экологического бедствия. В этой связи следует подчеркнуть, что восстановление плодородия таких земель, как правило, весьма затруднено или невозможно.

Довольно многочисленны экологические издержки гидротехнических мероприятий в засушливых районах – вторичное засоление, осолонцевание, осолодение, дегумификация, уплотнение, слитизация, заболачивание почв. Они, как правило, связаны с нарушением принципа адекватности мелиоративных мероприятий особенностям почв и почвенных процессов и в целом параметрам агроландшафта.

8.8.7. Регулирование мелиоративных режимов агрогеосистем различного уровня, агроэкологические риски и ограничения

Предлагается (157) выделять четыре иерархических уровня геосистем в соответствии с масштабностью влияния мелиорации, для которых необходимо предусматривать агроэкологический анализ, мелиоративные и экологические прогнозы: сублокальный, локальный, региональный и бассейновый.

На **сублокальном уровне** следует рассматривать процессы в системе почва - зона аэрации - грунтовые воды. В территориальном плане это поле, элементарный почвенный ареал или точка. Именно на этом уровне происходит формирование почвенно-мелиоративных процессов, формирование водно-солевого режима пород зоны аэрации и, в ряде случаев, режима грунтовых вод. Основными режимообразующими факторами здесь является водоподача на орошение, дренаж, другие мелиоративные мероприятия, а также вид сельскохозяйственной культуры. Для прогнозирования могут использоваться сельскохозяйственные модели.

На **локальном уровне** процессы рассматриваются в пределах геоморфологических структур одного порядка. Формирование природных процессов происходит под воздействием гидромелиоративных систем или их частей. Основным воздействующим фактором являются каналы, орошение и дренаж. Анализ формирования природно-мелиоративных процессов должен учитывать горизонтальную составляющую потоков.

На **региональном уровне** процессы рассматриваются в пределах гидрогеологических структур. Рассматривается взаимодействие и взаимовлияние отдельных гидромелиоративных систем, их воздействие на экологические условия территорий

Бассейновый уровень предусматривает анализ изменений природных процессов под влиянием гидромелиоративных систем в пределах бассейнов рек.

С позиций ландшафтного подхода первые два уровня охватывают внутриландшафтные процессы, на сублокальном уровне рассматриваются вертикальные потоки вещества и энергии, а на локальном уровне добавляется латеральная составляющая. Региональный и бассейновый уровни охватывают ландшафты в целом или взаимодействие нескольких ландшафтов.

В соответствии с экологическими требованиями все мелиоративные мероприятия должны регламентироваться определенными пределами допустимых изменений свойств почв и агроландшафтов.

За экологически допустимые критериальные ограничения приняты пределы наилучшей сбалансированности влаги, тепла и питательных элементов, а также исключение перехода режима почвообразования из автоморфного в гидроморфный, снижение солеоборотов. Отклонение составляющих водного баланса от среднегодовых значений не должно превышать 25 – 30%.

Сельскохозяйственная и мелиоративная деятельность должна быть направлена на интенсификацию биологического круговорота и сдерживание ускорения геологического круговорота.

Как правило, не следует переводить природный автоморфный режим в гидроморфный. Под действием увлажнения дополнительного к природному, особенно черноземов и темнокаштановых почв, происходит ухудшение водно-физических и физико-химических свойств и структуры, падение окислительно-восстановительного потенциала, изменение pH и др. Создание гидроморфного режима почвообразования способствует развитию вторичного засоления, солонцевания, уплотнения и др. негативных явлений. Дополнительное к природному увлажнение почв происходит под влиянием подъема уровня грунтовых вод и с поступлением оросительной воды.

Оросительные и поливные нормы, количество поливов, способы и техника их проведения с экологических позиций должны максимально снижать водообмен нисходящего потока оросительных вод в виде инфильтрационных потерь на полях орошения и фильтрационных потерь из каналов всех порядков. Экологическое требование - исключение больших объемов нисходящего потока оросительных вод - обусловлено тем, что этот поток служит главным условием развития неблагоприятных явлений, ухудшения плодородия почв, создания экологически кризисных ситуаций на локальных объектах и в регионах. Увеличение величины нисходящего потока или коэффициента инфильтрации (отношение инфильтрационного питания к объему поданной на орошение воды) наблюдается с ростом оросительных норм, которые зависят от способа полива (нормы-брутто).

Снижение инфильтрационного питания возможно, если поливные нормы рассчитывать с учетом водоудерживающей способности данного типа почв и подстилающих пород. К концу вегетации весь запас оросительной воды должен быть израсходован на питание растений для улучшения аэрации почвы, ее теплофизических характеристик.

Высота капиллярного увлажнения грунтовых вод зависит от мехсостава пород. В условиях испарительного режима грунтовых вод эта высота стабилизируется скоростью испарения, зависящей от давления пара, определяемого равновесной влажностью пористой среды и ее температурой.

Исходя из экологических требований, при назначении допустимых глубин грунтовых вод (таблица 8.38.), сохраняющих благоприятную направленность процессов формирования плодородия почв, учитывается не только степень накопления токсичных солей в почве, как было ранее, когда допускался испарительный режим грунтовых вод, но и степень развития негативных процессов при гидроморфизме.

На локальном уровне экологическая ситуация на орошаемом поле, массиве оценивается по показателям изменения структурного состояния почв, степени вымыва питательных веществ и гумуса, кальциевого режима, воздухоемкости, степени увлажнения, осолонцевания, засоления, качества оросительной воды, взаимосвязи биологического и геологического круговоротов.

Естественный природный фон зональных почв автоморфного ряда (черноземы, темнокаштановые и каштановые) при орошении повышенными нормами сдвигается в сторону гидроморфизма с негативными эколого-мелиоративными последствиями: постепенным ухудшением их водно-физических свойств и потерей плодородия (засоление, осолонцевание, выщелачивание кальция, потери гумуса, слитизация и другие). Эти явления развиваются не только на орошаемых, но и на прилегающих к ним землях, особенно в понижениях, охватывая территории, значительно превышающие собственно орошаемые массивы.

Природные ландшафтно-географические зоны по соотношению поступающей солнечной радиации и выпадающих атмосферных осадков имеют качественные различия с точки зрения устойчивости биологической продуктивности биогеоценозов. Мелиоративное воздействие, и в целом, техногенное влияние отражается на них по разному. Наименее устойчивы почвы тундровой зоны с недостатком тепла и излишней влагой, в связи с этим имеющих низкую ак-

тивность биохимических процессов, медленную самоочищаемость. Ландшафты таежной зоны более устойчивы, благодаря более мощному растительному покрову, а повышенные осадки способствуют вымыву из почв растворимых и подвижных загрязняющих веществ. Почвы лесостепной зоны сформировались в наиболее благоприятных условиях гидротермического режима. Черноземы лесостепной и степной зон имеют высокое плодородие, но при переувлажнении или промывном режиме орошения теряют устойчивость, применение тяжелой техники приводит к переуплотнению почв. Оптимальные значения структурного состояния почв показаны в таблице 8.39.

8.38.Степень подтопления земель с учетом типов режимов почвообразования зональных почв

Природные типы гидрогеологического режима	Степень подтопления при глубинах грунтовых вод, м				
	неподтопленные	слабое	среднее	сильное	очень-сильное
<u>Лесостепная зона – черноземы выщелоченные выщелоченные и оподзоленные</u>					
Автоморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
Субавтоморфный	5-6	4-5	3-4	2-3	1-2
Автоморфно-гидроморфный	4-5	3-4	2-3	2	1-2
Лугово-черноземные почвы					
Субгидроморфный	3	2-3	1-2	1	1
<u>Степная зона - черноземы и темнокаштановые почвы</u>					
Автоморфный	9-10	8-9	7-8	6-7	5-6
Субавтоморфный	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5
Автоморфно-гидроморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
Черноземно-луговые почвы					
Субгидроморфный	4-6	3-4	3	2	1
Лугово-черноземные почвы					
	3-4	2-3	1-2	1	1
<u>Сухостепная зона – каштановые почвы</u>					
Автоморфный	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5
Субавтоморфный	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4
Автоморфно-гидроморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
Каштановые луговые почвы					
Субгидроморфный	4-6	3-4	3	2	21
Лугово-каштановые почвы					
Гидроморфный	3-4	2-3	1-2	1	> 1
<u>Полупустынная зона - светлокаштановые, комплексные солонцеватые почвы</u>					
Автоморфный	7-8	6,5-7	6-6,5	5,5-6	5-5,5
Субавтоморфный	6-7	5,5-6	5-5,5	4,5-5	4-4,5
Автоморфно-гидроморфный	5-6	5-5,5	4,5-5	4-4,5	3,5-4
Субгидроморфный	4-5	4-4,5	3,5-4	3-3,5	2,5-3
Гидроморфный	3-4	3-3,5	2,5-3	2-2,5	1-2
<u>Пустынная зона –бурые почвы</u>					
Автоморфный	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4
Субавтоморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
Автоморфно-гидроморфный	5-6	4-5	3-4	2-3	1-2
Солонцеватые					
Субгидроморфный	4-5	3-4	2-3	1-2	< 1
Засоленные					
Гидроморфный	3-4	2-3	1-2	1	< 1

Типичные и обыкновенные черноземы имеют низкую устойчивость даже при орошении из-за низких резервов кальция и глубокого залегания карбонатного горизонта. Даже при орошении водой высокого качества происходит их обесструктурирование, осолонцевание, снижение содержания гумуса. Орошения повышает урожайность всего в 1,1-1,2 раза, зерновых в 1,5 раза.

Южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы имеют более высокую устойчивость при орошении в связи с большими запасами кальция. Орошение необходимо, так как сильные и средние засухи повторяются 2-4 раза за 10 лет и при орошении урожайность зерновых возрастает в 1,5-3,0 раза, тогда как от применения только агротехнических методов - в 1,3 раза.

8.39. Реальные, критические и оптимальные показатели структурного состояния орошаемых почв в пахотном горизонте. "Экологические требования к орошению почв России" (238).

Показатель	Черноземы			Каштановые почвы		
	Значение					
	реаль- ное	крити- ческое	опти- мальное	реальное	крити- ческое	опти- мальное
Содержание агрегатов при сухом расसेве, % < 10 мм 10-0,25 мм	30-50 20-60	> 40 < 40	10-20 60-80	30-70 30-70	.> 50 < 40	10-30 70-80
Пористость агрегатов (5- 7 мм), %	36-40	< 38	42-44	35-40	< 36	40-42

Примечание: имеются в виду орошаемые черноземы обыкновенные и южные тяжелосуглинистые.

В степной зоне опасно развитие гидроморфизма черноземов в связи с орошением, изменяющим их свойства и вызывающим развитие вторичного засоления и осолонцевания почв, а также усиление восстановительных процессов и, следовательно, диспергацию агрегатов, слитизацию, повышение щелочности или кислотности почв, подвижности гумусовых соединений, оксидов железа, карбонатов кальция. Стадии деградации переувлажненных черноземов приведены в таблице 8.40. Промывной режим черноземов приводит к разрушению структуры и деградации почв, а в условиях применения минерализованных вод и неудовлетворительного качества почвы переходят в разряд солонцевато-солончаковых луговых.

Главным критерием допустимых изменений почвенно-биологических процессов в черноземной зоне является сохранение их природной направленности, исключение развития качественных скачков, например автоморфного ряда без перехода в гидроморфный и др. Регулирование водного режима орошаемых почв является одним из главных факторов сохранения их плодородия. Проектные оросительные нормы от 2,2 до 3,8 тыс. м³/га значительно превышают экологически допустимые, составляющие 1,3-2,7 тыс. м³/га.

В черноземной зоне необходимо сохранить потенциальное плодородие природное, обусловленное генетическими свойствами почв. Для закрепления

положительных генетических свойств почв необходимо обеспечить такие условия, при которых не будет происходить смены почвообразовательных процессов.

Предельные критериальные значения показателей благоприятного состояния почв (таблица 8.41.) разработаны с учетом выполненных ранее исследований и обобщений имеющихся результатов исследований.

Экологические критериальные ограничения направлены на регулирование почвообразовательных процессов с целью сохранения и повышения потенциального плодородия орошаемых почв, создания благоприятной эколого-мелиоративной обстановки в агроландшафтах.

8.40. Влияние водохозяйственных объектов и орошения на экологические типы взаимосвязи гидрогеохимических потоков геологического (ГК) и биологического (БК) круговоротов

Стадии деградации	Переход черноземов в другие подтипы	Диагностические признаки	Ухудшение структуры	Потеря урожайности	Потеря энергетических запасов

Анализ физических свойств деградированных почв показал, что если деградационные изменения не превышают порога критических значений показателей структурного состояния почвы, то его восстановление возможно в течение вегетационного периода. Каждая почва имеет свой порог критических значений показателей физических свойств. Основными показателями состояния почв являются: состав агрегатов, равновесная плотность сложения, водопроницаемость, которые отражают степень деградации почв. В черноземных почвах отношение установившейся скорости впитывания воды (V_{ecn}) к ее значению в первый час (V_1) закономерно растет с увеличением коэффициента устойчивости структуры к увлажнению ($K_y = V_2/V_1$, где V_2 - скорость во второй час).

С увеличением плотности почв под действием внешнего давления снижается содержание пор аэрации, что приводит к уменьшению водопроницаемости и интенсивности воздухообмена.

Для обоснования допустимого значения плотности почвы в каждом конкретном случае необходимо учитывать влияние содержания пор аэрации ($n_{aэр}$) на воздухообмен почвы с атмосферой. Минимальные значения $n_{aэр}$ в черноземах составляют 15% от объема почвы, в почвах гумидной зоны - 8% в пахотном слое и 6% - в подпахотном.

Задача обоснования оптимальных глубин увлажнения орошаемых почв является в настоящее время одной из важнейших, поскольку завышение мощности зоны активного влагообмена приводит к преувеличению поливных норм и возрастанию потерь оросительной воды в зону аэрации. Решение этой задачи

требует определения капиллярной проводимости для всех слоев почвы в пределах корнеобитаемой зоны.

Минимальное (критическое) значение скорости капиллярного потока (V_k^*) должно быть больше или равно максимальной испаряемости (E_o^*), поскольку снабжение растений водой зависит не только от запасов воды, но и от скорости ее передвижения к поглощающей поверхности корневых систем растений. Значения V_k определяются содержанием капиллярных пор (n_k) и степенью заполнения их водой. Значения n_k максимальны в пылеватых разностях с максимальным содержанием частиц диаметром 0,01-0,05 мм. В слоистых почвах при существенных изменениях n_k по профилю капиллярная проводимость уменьшается. Имея зависимости $V_k(n_k)$, можно по динамике n_k контролировать процесс дезагрегации микроструктурного состояния почвы под влиянием инфильтрации. В черноземных и темнокаштановых почвах последняя должна быть исключена.

Высота капиллярного поднятия (H_k^*) и скорость притока грунтовых вод в почву ($V_{гр}$) определяются содержанием активных пор в зоне аэрации (n_a), которое отражает агрегатный состав пород. Зависимость $V_{гр}(z)$ характеризует их водоподъемную способность в пределах зоны капиллярного увлажнения, по этой зависимости можно при $V_{гр}=E_o$ определить допустимое положение уровня грунтовых вод.

При реализации любого вида деятельности и принятии управляющих решений, как показывает практика, риски неизбежны, но риск можно уменьшить до приемлемых значений. Может быть установлена величина допустимого риска как мера безопасности или мера устойчивости геосистемы. Величина допустимого или приемлемого экологического риска определяется экспертным путем или на основе имитационных прогнозов. Возможный риск R не должен превышать приемлемого риска $R_{прием}$: $R < R_{прием}$

Оценка экономической эффективности мероприятий и выбор эффективного планово-проектного решения по развитию орошения осуществляется на основе оптимизационных эколого-экономических моделей.

8.41. Оценка состояния геосистем с учетом возможного экологического риска (в долях единицы)

Иерархический уровень геосистемы	Экологические риски	Величина приемлемого риска $R_{прием}$	Состояние геосистемы с учетом величин экологического риска		
			Экологически безопасное (устойчивое) $R < R_{прием}$	Экологически опасное (неустойчивое) $R \geq R_{прием}$	Экологически кризисное $R \gg R_{прием}$
Региональный	Риск площадного развития опасных экологических процессов	0,05	<0,05	0,05-0,2	>0,2
Локальный	Риск площадного развития подтопления	0,1	<0,1	0,1-0,3	>0,3

	Риск площадного развития процессов вторичного засоления	0,05	<0,05	0,05-0,25	> 0,25
	Риск площадного развития осолонцевания (слабоосолонцованных почв)	0,15	<0,15	0,15-0,30	>0,30
	Риск площадной деградации почв (по физическим свойствам и содержанию гумуса)	0,02	<0,02	0,02-0,20	>0,20

8.42. Показатели благоприятного экологического состояния почв

Ландшафтно-географические зоны	Нисходящий поток – q, мм	Экологически благоприятные оросительные нормы (при сред-немноголетних осадках и сохранении $R^*=(0,9-1,1)$)	Степень засоления почв, С, %	Экологически допустимые глубины уровня грунтовых вод, м	Содержание гумуса, %	Пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя почвы в долях НВ	pH	Окислительно-восстановительный потенциал, Eh
Лесостепная	40-60	60-100	0,1-0,3	4-5	2-3	0,7-0,9	6,0-7,0	450-600
Степная	30-40	130-270	0,1-0,3	8-10	5-7	0,7-0,8	7,0-7,5	400-600
Сухостепная	40-80	400-590	0,2-0,3	5-7	3-4	0,7-0,85	7,0-8,0	350-500
Полупустынная	80-100	500-670	0,3-0,4	5-6	2-3	0,7-0,85	7,5-8,0	350-450
Пустынная	100-110	690-880	0,3-0,4	3-4	1,5-2	0,7-0,9	7,5-8,3	350-450

8.8.8. Контрольный лист агроэкологической оценки проекта мелиорации

Агроэкологическую и социально-экономическую оценку проекта комплексной мелиорации ландшафта рекомендуется выполнять в табличной форме, сопоставляя элементы мелиоративных сооружений с перечнем возможных их воздействий на окружающую среду. Делать это целесообразно как на уровне предпроектной проработки, так и непосредственно при разработке проекта.

В боковике таблицы размещают все потенциально возможные области воздействия мелиорации, т.е. компоненты и элементы геосистемы (полностью таблица 4), а в головке – все 48 элементов оросительных и осушительных систем, оказывающих влияние на природную среду (А–Г в таблице 1), то есть те составляющие мелиоративной системы, через которые происходит воздействие. В таблице 8.43 приведен сокращенный по горизонтали и вертикали фрагмент контрольного листа проекта.

8.43. Контрольный лист проекта мелиорации (фрагмент)

Компонент геосистемы	А. Оросительные системы				
	1. Режим осушения	2. Водо-источник	3. Водо-забор	4. Насосные станции	...
1. Земля, почвы	○	○	—	—	
1.1. Земельные угодья	—	—	—	—	
1.2. Свойства почвы	●	—	—	—	
1.3. Засоление и загрязнение почвы	○	○	—	—	
.....					
2. Поверхностные воды	●	●	○	—	
3. Подземные воды	●	●	○	—	
4. Атмосферный воздух	*	—	—	○	
5. Животный мир	*	○	○	○	
6. Растительность	*	—	○	—	
7. Ландшафт и недра	○	—	—	—	
8. Социально-эпидемиологическая обстановка	○	○	●	—	
9. Социально-экономическая структура	○	○	○	○	

Возможные изменения в геосистеме под влиянием мелиорации для объективного суждения при принятии проектных решений и утверждении проекта нуждаются в количественной оценке. По некоторым пунктам «состава изменений» она имеется, но по многим еще надо ее находить, разрабатывать оценочные критерии.

Суммарный показатель по всем объектам воздействий должен характеризовать качество и целесообразность проекта. Ранжировка воздействий на окружающую среду предопределяет необходимость эколого-социального аудита. Необходим также подбор рекомендуемой проектировщикам и экспертам литературы по каждому из 60 (может быть, их будет больше или меньше!) признаков.

На стадии Ходатайства о намерениях это воздействие оценивается экспертно и на пересечении вертикальной и горизонтальной граф ставится знак +, если это воздействие возможно, или —, если оно отсутствует. При разработке

обоснований инвестиций воздействия должны быть оценены на основе проектных проработок с учетом имеющихся данных изысканий. Для этого предлагается использовать четыре знака, указывающих на степень воздействия элемента мелиоративного сооружения на показатель, входящий в «состав изменений» в правой графе боковика таблицы: положительное влияние – знак * ; отрицательное влияние практически отсутствует – графа не заполняется; отрицательное влияние слабое – знак ○; заметное существенное – ●.

Для оценки качества проекта большое значение имеют показатели отрицательного влияния, поэтому минимизации соответствующих воздействий должно быть уделено основное внимание. Несомненно, эти показатели носят чисто качественный характер, но они должны основываться на серьезной количественной проработке в проекте.

Таким образом, предлагаемая таблица по сути представляет собой *контрольный лист проекта*, в нем отражены результаты творчества проектанта. Контрольный лист необходим для работы эксперта, руководителя любого ранга, а также потребителя проектной продукции, то есть заказчика.

Количественная оценка критериев контрольного листа проекта, необходимая для объективной оценки качества проекта и его рекламы, облегчается имеющимися многочисленными научными разработками и рекомендациями с использованием наблюдений на объектах-аналогах.

8.9. Проектирование технологий возделывания полевых культур

8.9.1. Методические основы формирования и освоения агротехнологий

Определение агротехнологий и принципы их формирования. Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах с целью достижения планируемой урожайности и качества продукции при обеспечении экологической безопасности и определенной экономической эффективности. Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтом через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и защиты растений, то есть являются составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия. При этом они имеют индивидуальное значение, определяемое прежде всего особенностями сорта, поскольку каждому типу сорта (по назначению, интенсивности и другим параметрам) соответствует определенная система управления продукционным процессом и структурная модель агроценоза.

Важнейшие принципы проектирования агротехнологий включают:

- альтернативность, возможности выбора;
- адаптированность к природным условиям на основе агроэкологической оценки земель, к различным уровням интенсификации производства на основе технологических нормативов, к хозяйственным укладам;

- динамический подход к созданию и управлению агроценозами путем последовательного устранения лимитирующих условий;
- формирование пакетов агротехнологий с учетом системных связей, выявляемых в многофакторных полевых экспериментах;
- открытость новейшим достижениям научно-технического прогресса;
- преемственность.

Методология формирования агротехнологии заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции. Количество их зависит от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности. Тем самым в значительной мере определяется содержание агротехнологий.

По фактору интенсивности предложено различать четыре категории технологий (76):

Экстенсивные технологии, ориентированные на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с очень ограниченным их использованием.

Нормальные технологии, обеспеченные минеральными удобрениями и пестицидами в том минимуме, который позволяет осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания, находящихся в критическом минимуме и давать удовлетворительное качество продукции. В этих технологиях используются пластичные сорта зерновых.

Интенсивные технологии, рассчитанные на получение планируемого урожая высокого качества в системе непрерывного управления продукционным процессом сельскохозяйственной культуры, обеспечивающие оптимальное минеральное питание растений и защиту от вредных организмов и полегания. Интенсивные технологии предполагают применение интенсивных сортов и создание условий для более полной реализации их биологического потенциала. Интенсивные технологии, рассчитанные, например, на 40-50 ц/га озимой пшеницы высокого качества, могут быть реализованы с использованием отечественной серийной техники, сортов, удобрений и импортных пестицидов.

Высокоинтенсивные технологии, рассчитанные на достижение урожайности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу с заданным качеством продукции с помощью современных достижений научно-технического прогресса при минимальных экологических рисках. Они относятся к категории так называемого точного земледелия с использованием прецизионной техники, современных препаратов, информационных технологий. Высокоинтенсивные, или высокие технологии являют собой качественный скачок и в создании сортов, и в подготовке почвы, и в насыщении технологическими операциями по уходу за посевами. В высоких технологиях достигается максимальная интеграция агроприемов с учетом их системного взаимодействия. Их следует осваивать в первую очередь в опытных и базовых хозяйствах научных центров для демонстрации возможностей научно-технического прогресса.

В табл. 8.44 представлены характеристики агротехнологий различных уровней. Как видим, высокоинтенсивные или точные агротехнологии занимают

особое положение. Они создаются для особых сортов растений с высоким генетическим потенциалом продуктивности и качества продукции, который реализуется точным регулированием продукционного процесса по микропериодам органогенеза различными средствами. Для этого необходимы дружный рост и развитие растений, что обеспечивается точным размещением семян на одинаковую глубину в условиях исключительно ровной поверхности на производственных участках с однородным почвенным покровом и оптимальными условиями увлажнения, теплообеспеченности, почвенного плодородия. Подбор таких участков – необходимое условие высокой эффективности технологии. Почвенно-микроландшафтная неоднородность сильно усложняет технологический процесс в связи с необходимостью маневрирования технологическими операциями в изменяющихся режимах доз удобрений, препаратов и т.п. По мере усложнения почвенно-ландшафтных условий ограничиваются возможности интенсификации агротехнологий без специальных мелиораций, или она исключается. Например, при наличии почвенных мозаик, ташетов повышенной контрастности, почвенных комплексов с западинным микрорельефом полностью исключаются не только высокоинтенсивные агротехнологии, но интенсивные. На комплексах с участием пятен солонцов, глееватых и других неблагоприятных почв с относительно благоприятным микрорельефом возможно применение интенсивных и, ограниченно, высоких технологий после их мелиорации и т.д. Одним словом, путь к высокоинтенсивному использованию земель лежит через понимание многообразных почвенно-ландшафтных условий, их агроэкологическую идентификацию и отбор подходящих производственных участков.

8.44. Сравнительная оценка агротехнологий различного уровня интенсификации (83)

Основные показатели	Агротехнологии			
	Экстенсивные	Нормальные	Интенсивные	Высокие
Сорта	Толерантные	Пластичные	Интенсивные	С заданными параметрами
Почвенно-ландшафтные условия	Различной сложности	Умеренно сложные	КУ>0,6 плоские ЭАА, пятнистости	КУ>0,8 плоские ЭАА, однородные ПК
Удобрение	Нет	Поддерживающее	Программированное	Точное
Защита растений	Эпизодическая	Ограниченная, против наиболее вредоносных видов	Интегрированная	Экологически сбалансированная
Обработка почвы	Система вспашки	Почвозащитная комбинированная	Дифференцированно минимизированная	Оптимизированная
Техника	1...2-го поколения	3-го поколения	4-го поколения	Прецизионная
Качество продукции	Неопределенное	Неустойчиво удовлетворительное	Отвечающее требованиям переработки и рынка	Сбалансированное по всем компонентам
Землеоценочная основа	Почвенные карты 1 : 25 000	Почвенные карты 1 : 10 000	Почвенно-ландшафтные карты	ГИС
Экологический риск	Активная деградация почв и ландшафтов	Деградация почв	Риск загрязнения	Минимальный риск

В случае высокой агротехнологии ставится задача последовательной оптимизации всех регулируемых лимитирующих факторов, максимально возможного использования ФАР, тепла, влаги и генетического потенциала сортов растений. Важно при этом понимать, что любое нарушение производственного процесса вследствие природных катаклизмов или технологических ошибок может резко снизить эффективность агротехнологий. Очевидно, ориентироваться на максимальную интенсификацию технологий целесообразно в относительно благополучных природных условиях с минимальной вероятностью стрессовых ситуаций (засуха и пр.) при высоком профессионализме исполнителей, вооруженных последними достижениями научно-технического прогресса.

Применение высоких технологий сводит к минимуму экологические риски химического загрязнения по сравнению с интенсивными агротехнологиями и предотвращает деградацию почв и ландшафтов по сравнению с нормальными и тем более экстенсивными агротехнологиями. В первом случае это происходит благодаря применению сортов растений устойчивых к вредным организмам (в том числе трансгенных) и соответственно сокращению химических обработок, использованию высокоэффективных биопрепаратов, точному внесению под растения и на растения агрохимических средств, повышению роли биологического азота в азотном балансе агроценозов. Во втором случае важное значение имеет сокращение уплотняющего воздействия на почву движителей машин благодаря постоянной технологической колее, обогащение почвы растительными остатками вследствие повышения продуктивности агроценозов, регулирование почвенных режимов.

Фактический уровень интенсификации агротехнологий в хозяйстве выбирается в зависимости от производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя. При наличии сортов интенсивного типа и агрохимических ресурсов, необходимых для оптимального питания растений и интегрированной защиты от вредных организмов, практикуются интенсивные технологии с постоянной технологической колеей для ухода за посевами. Уровень и качество урожая планируются в них исходя из нормативов влагопотребления и других достаточно высоких показателей реально достигнутых в передовых хозяйствах региона с использованием отечественной техники. Для выполнения этих технологий требуется достаточно высокая профессиональная подготовленность агрономов-технологов, ибо ошибки и необоснованные сокращения технологических операций сводят на нет все усилия и затраты.

Если не позволяет уровень квалификации специалистов, обеспеченность ресурсами или агроэкологические условия сельскохозяйственного предприятия (засушливость климата, сложный почвенный покров, рельеф и др.), следует ориентироваться на нормальные агротехнологии, выполняемые с учетом защиты почв от эрозии и дефляции, в которых используются пластичные сорта растений, агрохимические средства применяются в режиме компенсации острых дефицитов элементов питания, устранения повышенной кислотности, солонцеватости почв и защиты растений от вспышек вредных организмов. Данные технологии отвечают среднему уровню агрономической культуры.

Особняком стоят экстенсивные агротехнологии, рассчитанные на использование естественного плодородия почв. Они сопровождаются деградацией почв и ландшафтов, поскольку почвозащитные мероприятия (мульчирующая обработка почвы и др), как правило, невозможны или затруднены без применения агрохимических средств. Преобладание экстенсивного земледелия в стране, высокая распаханность огромных территорий при низкой урожайности и невысоком качестве продукции – свидетельство несостоятельной экономики. Скорейший выход из экономического кризиса – первостепенная задача. Она декларирована Президентом страны как удвоение ВВП в ближайшие годы. Если ориентироваться на удвоение урожайности зерновых, то это означает достижение 3 т/га, т.е. среднемирового уровня. Учитывая, что в степных районах среднеклиматически обеспеченная урожайность зерновых колеблется в пределах 1,5-2,5 т/га, для выхода на указанный рубеж в лесостепной и таежно-лесной зонах необходимо ориентироваться на 4-5 т/га и более, то есть на использование интенсивных и высоких агротехнологий.

В данной плоскости со всей полнотой встает задача адаптивной интенсификации земледелия, то есть освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия с пакетами агротехнологий различных уровней интенсификации с возрастающим приоритетом высокоинтенсивных. Соответственно будет возрастать роль точного земледелия как высшей формы интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия, включающей наукоемкие агротехнологии высокой интенсивности и экологической безопасности

Информационное обеспечение высоких технологий. Основы методологии точного земледелия сформировалась в 90-х гг. прошлого века.

Современные возможности которые обусловили развитие новой методологии, связаны с появлением географических информационных систем (ГИС), глобальных спутниковых систем позиционирования (ГСП) с непосредственным вводом информации в бортовой компьютер и сельскохозяйственных машин с возможностью регулирования интенсивности технологических операций (норм высева, норм внесения удобрений и средств защиты растений) по ходу движения трактора по полю. При этом решающую роль в этом процессе играет совершенствование информационного обеспечения методов принятия решений – моделей, методов поддержки решений, баз данных и знаний, экспертных систем.

Национальный исследовательский комитет США (US National Research Council) определил понятие точного земледелия следующим образом:

«Точное земледелие – стратегия менеджмента, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множественных источников, с тем, чтобы принимать решения по управлению посевами».

В основе точного земледелия лежит управление продуктивностью посевов, учитывающее вариабельность среды обитания растений.

В 1970-80-е годы во многих научно-исследовательских институтах СССР и ряда других стран развивалась методология управления продукционным процессом с.-х. культур, объединенная общим названием «программирование урожаев». Основоположником этого направления в нашей стране общепризнанно считается академик И.С.Шатилов.

В работах (16,45,46,198,213,227) получило развитие программирование урожаев на основе учета обобщенных почвенно-климатических показателей и на основе использования динамических имитационных моделей.

Теория поддержки решений по управлению продукционным процессом, которая развивалась в рамках тематики программирования урожаев, была направлена на совершенствование технологических программ. При разработке дифференцированных агротехнологий и динамических моделей естественным образом учитывалась временная вариабельность, связанная с изменчивостью погодных условий и вариабельность характеристик почвы по глубине корнеобитаемого слоя. Развитие информационных технологий шло по пути создания экспертных систем, баз данных, а также баз декларативных и процедурных знаний.

Необходим новый импульс в развитии этих работ на основе современных средств информационного обеспечения с доведением до практических решений.

Современное программное управление в точном земледелии осуществляется путем предварительного исследования вариабельности почвенного покрова поля и составления электронной карты поля на стационарном компьютере. Программа дифференцированной по полю технологии также разрабатывается на базе этого компьютера, который используется в режиме “off line”. Разработанная программа записывается на дискету и вводится в бортовой компьютер, который и реализует ее выполнение. При применении другого способа управления, “on line”, управляемая величина, например, содержание азота в растениях, измеряется непосредственно в процессе агрегата по полю. Текущее значение дефицита азота используется непосредственно для выработки управляющего сигнала, командующего внесением той или иной дозы азотного удобрения.

Применение технологий точного земледелия требует оснащения предприятия специальным оборудованием и программным обеспечением.

1. Навигационная система – глобальная система позиционирования (ГСП) с вводом данных в бортовой компьютер. Именно с появлением ГСП открылись принципиальные возможности для перехода от традиционной технологии к той, в которой можно изменять воздействия на агроэкосистему с учетом локальной изменчивости свойств почвенного покрова в пределах поля.
2. Комбайн для уборки зерновых и корне-клубнеплодов с дифференциальным измерением величины урожая. Составление карт изменчивости урожайности с использованием таких комбайнов является первым шагом в переходе к точному земледелию.
3. Аппаратура для исследования изменчивости характеристик почвы в пределах поля с использованием автоматизированных средств, в которых соответствующая аппаратура размещается либо на самом движителе, либо на прицепном устройстве к нему, что позволяет составлять электронные карты поля в автоматизированном режиме.
4. Рабочие органы с компьютерным управлением технологическими операциями (норма высева, дозы внесения агрохимикатов).
5. Стационарный компьютер с программным обеспечением, выполняющим следующие функции:

- ведение картотеки полей с использованием геоинформационных систем (ГИС);
- анализ вариабельности характеристик почвенного и растительного покрова;
- формирование программы и ее запись на дискету.

6. Бортовой компьютер с программным обеспечением, реализующим программу управления, осуществляющий следующие функции:

- прием сигналов от ГСП и других датчиков в процессе движения агрегата по полю;
- накопление измеренных данных с использованием ГИС-технологии;
- формирование управляющих сигналов для дифференцированного выполнения тех или иных технологических операций.

Развитые информационно-управляющие системы (ИУС, IMS – Information Management Systems) являются непременным атрибутом технологий точного земледелия. Они включают в себя совокупность методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих сбор, накопление и хранение данных, обработку данных и формирование программ реализации агротехнологии. В структуру ИУС входят:

- база атрибутивно-графических данных, реализованная в системе ГИС, например с использованием программного продукта MapInfo.
- база знаний, осуществляющая прогнозные расчеты и формирующая на их основе управляющие программы;
- оболочка системы, являющаяся связующим звеном между отдельными подсистемами;
- интерфейс пользователя, позволяющий осуществлять общение человека с компьютером в режиме диалога.

В базе данных накапливается и хранится вся информация, относящаяся к данному хозяйству, сельскохозяйственным полям, возделываемым культурам и их сортам, а также архивная и текущая метеорологическая информация, необходимая для выработки технологических решений. Данные, относящиеся к каждому полю формируются в системе географических координат, позволяющих осуществлять “привязку” ГСП-сигнала в процессе реализации технологии.

Центральным звеном ИУС, ее интеллектуальным ядром является база знаний. Она включает в себя базу декларативных знаний и базу процедурных знаний. Как известно, существуют два типа моделей – модели, управляемые знаниями (knowledge driven models) и модели, управляемые данными (data driven models). Модели, управляемые знаниями (экспертные системы) формируют все элементы агротехнологии и технологию в целом. Модели, управляемые данными (динамические модели) осуществляют прогнозные функции на всех этапах формирования и реализации агротехнологий.

Оболочка системы осуществляет передачу управлений той или иной подсистеме для реализации ее функций в реальном времени.

Назначением интерфейса является организация диалога с программным продуктом на языке пользователя.

Эффективность агротехнологий и задачи по их освоению. Точное земледелие все активнее заявляет о себе и по сути дела означает очередной этап мировой агротехнологической революции.

В последние 10 лет темпы интенсификации агротехнологий на Западе продолжали возрастать и ряд стран перешли рубеж средней урожайности зерновых 5 т/га. Средняя урожайность пшеницы за 1992 – 2000 г составила в Гер-

мании 7 т/га, во Франции 6,9 т/га, а в Великобритании в последние годы она достигла 8 т/га. Примечательно, что рост урожайности осуществлялся при относительно стабильном среднем уровне применения минеральных удобрений в Западной Европе (порядка 170 кг д.в. на гектар посева). При этом окупаемость минеральных удобрений продукцией в этих странах сильно возросла (в частности, зерновых до 15 кг зерна за 1 кг д.в. и более) за счет повышения наукоемкости агротехнологий, их точности.

В России бурный старт освоения интенсивных агротехнологий в 1986 – 1991 гг. прервался затянувшимся экономическим кризисом. Однако во многих хозяйствах эта работа в той или иной мере продолжалась, а в ряде сельскохозяйственных научных центров она получила дальнейшее развитие. Высокая эффективность интенсивных агротехнологий показана во многих районах лесостепной и южно-таежно-лесной зон. В качестве иллюстрации к сказанному могут служить результаты демонстрационных производственных опытов, проведенных на выщелоченных черноземах в Новосибирской области и типичных черноземах Тамбовской области (таблица 8.44., 8.45.)

8.45. Урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 при интенсивных агротехнологиях в Нечерноземной зоне (Б.И. Сандухадзе)

Конкурсные испытания		Производственные условия	
Место проведения	Урожайность, ц/га	Местоположение хозяйства	Урожайность, ц/га
Рязанский НИПТИ АПК (1991 - 1993)	83,1	Рязанская область, хозяйство «Долина», чернозем оподзоленный	63,0
Орловский НИИСХ (1991-1994)	61,0	Орловская область ЗАО «Юность», чернозем выщелоченный	70,0
Тульский НИИСХ	61,3	Тульская область, хозяйство «Новая жизнь», чернозем оподзоленный	53,0
Московский НИИСХ ЦРНЗ	60,0	Московская область, учхоз «Михайловское» МСХА, дерново-подзолистые почвы	50,1

8.46. Урожайность озимой пшеницы в базовых хозяйствах Ростовской области, предкавказские черноземы.

Базовое хозяйство	Годы	Демонстрационные поля по интенсивной технологии		Хозяйство		Район
		площадь, га	Урожайность, ц/га	площадь, га	Урожайность, ц/га	
СПК АФ «Новобатайская»	2002-2004	3000	59,9	4660	51,0	40,3
ЗАО «Кировский конный завод»	2002-2004	3500	66,9	8190	49,1	39,5
ОНО ОПХ «Рассвет»	2004	200	70,5	1400	49,3	32,8

8.47. Урожайность яровой пшеницы при интенсивной агротехнологии в сравнении с производственными посевами базовых хозяйств и районными показателями Новосибирской области, 2000- 2003 гг.

Базовое хозяйство	Год	Демонстрационные поля интенсивной агротехнологии		Хозяйство		Район
		Площадь, га	Урожайность, ц/га	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Урожайность, ц/га
ЗАО племзавод «Ирмень» Ордынский район	2000	124	55,4	5612	31,9	19,2
	2001	100	63,6	6042	40,0	21,6
	2002	73	76,8	6326	33,6	18,0
	2003	100	60,0	6213	38,0	17,0
ОПХ «Элитное» Новосибирский район	2000	64	47,8	600	28,3	20,5
	2001	77	52,9	650	32,2	20,5
	2002	50	45,4	687	27,7	21,8
ЗАО «Гусельниковское» Искитимский район	2000	98	36,3	850	30,3	16,2
ЗАО «Суздальское», Доволенский район	2001	90	51,3	4126	27,1	16,6
КФХ «Квант» с.Пайвино, Новосибирский район	2001	204	51,4	900	32,3	20,5
	2002	143	46,2	950	26,0	21,8
Учхоз «Тулинское», Новосибирский район	2002	104	62,0	1300	33,8	21,8

8.48. Оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы на типичном черноземе ООО «Агротехнологии» Жердевского района Тамбовской области

Показатели	Агротехнологии		
	Экстенсивная	Нормальная	Интенсивная
Урожайность, т/га	2,98	5,09	6,54
Качество зерна, % содержание: белка	6,7 - 9,5	13,0 - 13,4	15,0 - 16,8
клеяковины	14 - 20,0	26,28,0	32-35,0
Технологические затраты, руб/га	2392,0	5104,4	7556,2
Себестоимость зерна, руб. /т	802,7	1002,8	1155,4
Стоимость продукции, руб/га	2500	3500	5200
Условно-чистый доход, руб/га	7450	17815	34008
Окупаемость затрат, руб/руб	3,1	3,5	4,5

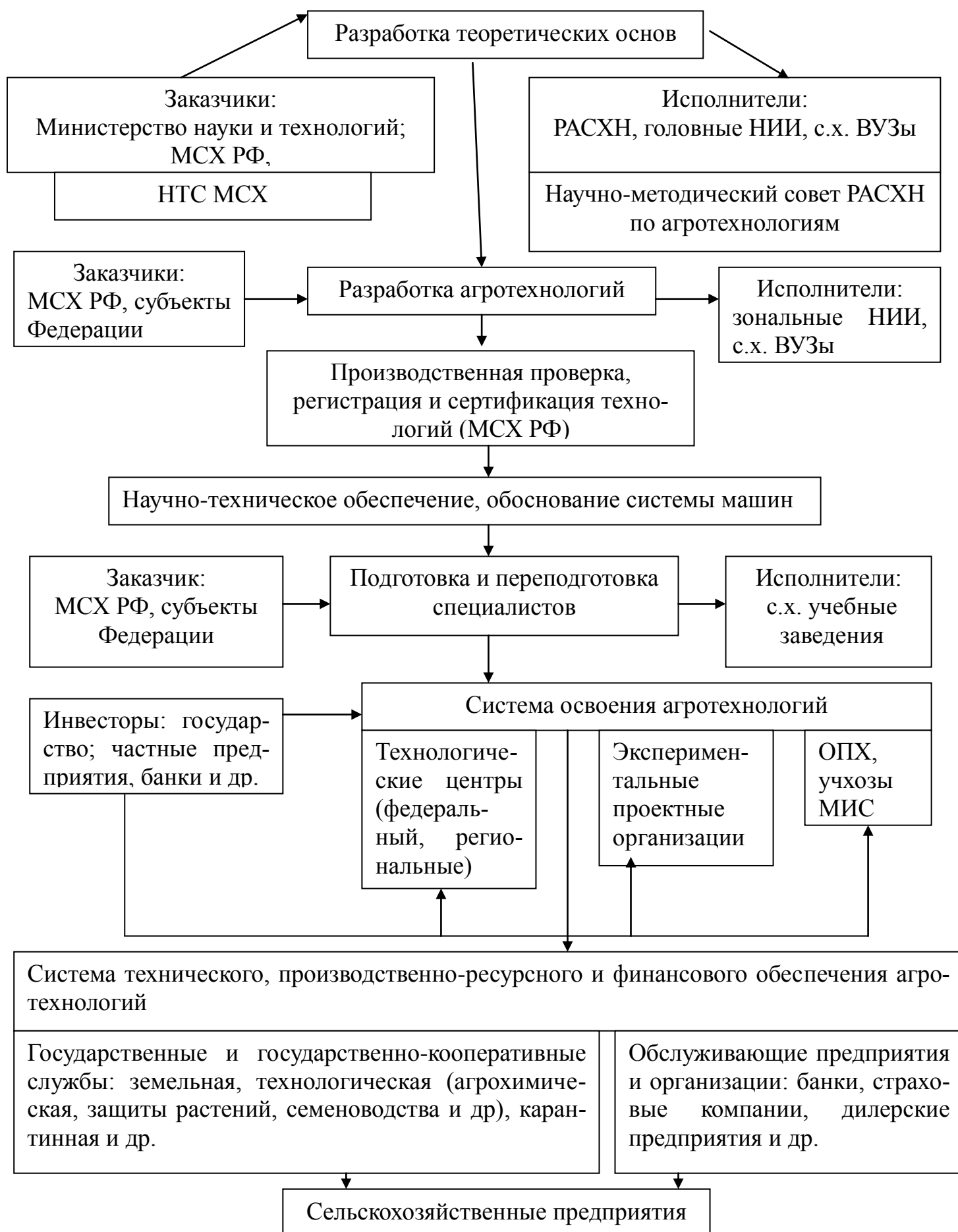


Рисунок 8.2. Разработка и освоение агротехнологий (структурная схема)

Технологическое перевооружение сельского хозяйства страны, в частности производственное освоение современных агротехнологий, требует решения ряда практических задач в рамках новой государственной политики, включающей:

- создание инновационных центров по освоению агротехнологий на базе региональных НИИ и ВУЗов и эталонных систем земледелия на базе ОПХ и учхозов;
- создание экономического механизма государственной поддержки освоения перспективных агротехнологий (льготные цены на ресурсы, льготное кредитование и др);
- технологическую и техническую подготовку специалистов (совершенствование образовательных программ учебных заведений, системы повышения квалификации);
- развитие системы технического обеспечения АПК, создание региональных регистров сельскохозяйственных машин, формирование технической политики;
- создание системы производственно-технологического обеспечения: агрохимическое обслуживание, развитие различных форм материально-технического обеспечения и др.

Общая схема научного и инновационного обеспечения представлена на рис. 8.2.

8.9.2. Выбор сорта

Выбор сорта – ключевая позиция агротехнологий, определяющий фактор интенсификации, в то же время самый малозатратный. Только за счет правильного выбора сорта можно повысить урожайность культуры на 30-50 %. Успех возделывания сорта во многом определяется тем, насколько ритм его развития вписывается в характерный для данного места ход метеорологических факторов.

При выборе сорта необходимо иметь информацию о всех районированных и перспективных сортах сельскохозяйственных культур, представляющих интерес для возделывания в данном хозяйстве на различных категориях земель и элементах агроландшафта при различных уровнях интенсификации.

Для перспективных сортов приводят данные среднеклиматически обеспеченной урожайности и качества продукции при экстенсивной, нормальной, интенсивной и высокой технологиях их возделывания на основе экспериментальных материалов зональных НИИ. При выборе сортов необходимо учитывать результаты их испытания на ближайшем госсортоучастке.

При выборе сорта помимо урожайности и качества продукции, учитывается комплекс факторов: пригодность для выращивания в конкретных почвенно-климатических условиях; устойчивость к болезням и вредителям; конкурентоспособность с сорняками; устойчивость к полеганию; развитость корневой системы; устойчивость к стрессовым факторам; морфобиологические, технологические и потребительские свойства. Например, при выборе сорта мягкой или твердой пшеницы учитывают: форму (озимая или яровая); направление исполь-

зования (кормовая, хлебопекарная, крупяная и др.); качество зерна и муки (содержание белка и сырой клейковины, ИДК, показатель седиментации, объем хлеба, число падения, стекловидность и др.); устойчивость к болезням (корневая гниль, мучнистая роса, желтая и бурая ржавчина, септориоз, фузариоз и др.); устойчивость к стрессовым факторам (зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию и осыпанию, прорастанию зерен в колосьях и др.); элементы структуры урожайности (число продуктивных стеблей на 1 м², число колосков в колосе, масса 1000 зерен, масса зерен в 1 колосе и др.).

Важными показателями при выборе сорта являются потребительские качества полученной продукции, которые зависят от ее назначения. У большинства культур выделены наиболее ценные по качеству сорта. Например, выделяют сорта сильной, ценной и мягкозерной пшеницы, пивоваренные и ценные крупяные сорта ячменя, ценные сорта проса, гречихи, овса, высокомасличные, высокоолеиновые и крупноплодные сорта и гибриды подсолнечника и т.п.

Особое значение в условиях континентального климата имеет устойчивость сорта к стрессовым факторам. От зимостойкости сортов зависит успешное выращивание озимых и многолетних культур. Толерантность к низким температурам при прорастании, к заморозкам в фазе всходов, к прохладной погоде и повышенным температурам в период цветения, к кратковременной и длительной засухе – важные показатели при выборе сорта.

От особенностей сорта зависит устойчивость к полеганию и пригодность к механизированной уборке. Например, для однофазной уборки гороха надо подбирать сорта полубезлистного типа с неполегающим, цепляющимся, быстро высыхающим стеблем с нерастрескивающимися и одновременно созревающими бобами. Для сои северного экотипа нужны скороспелые сорта детерминантного типа, слабо ветвящиеся, с расположением бобов преимущественно в среднем и верхнем ярусах.

Сорта устойчивые к полеганию не требуют применения ретардантов и под них можно вносить повышенные дозы азота.

Существуют различия между сортами по отзывчивости на удобрения и увлажнение, по урожайности, качеству урожая, приспособленности к определенным условиям, устойчивости к вредителям, болезням и реакции на стрессовые факторы. Поэтому в хозяйстве целесообразно иметь не один, а 2-3 сорта разной скороспелости.

Выбор сорта играет ключевую роль в выборе агротехнологий, поскольку генетический потенциал сорта предопределяет возможную урожайность, качество продукции, затратность и устойчивость производства. С помощью технологии в той или иной мере реализуются заложенные в сорте возможности. Эти возможности должны быть раскрыты в агроэкологическом паспорте сорта, так же как требования сорта к условиям возделывания, а также сведения о его средообразующем влиянии, фитоценотические особенности.

8.9.3. Планирование урожайности

8.9.3.1. Категории урожайности сельскохозяйственных культур

В соответствии с существующими представлениями (45,46) рассматриваются различные категории урожайности, изменяющиеся от потенциального уровня до производственного.

Наивысший уровень биологической продуктивности культуры (сорта), вычисляемый по коэффициенту использования растениями приходящей солнечной энергии (ФАР), определяется как **потенциальная урожайность** (ПУ). По А.А.Ничипоровичу, средние значения коэффициентов полезного действия ФАР составляют для обычных посевов $0,5 \div 1,5\%$, для хороших – $1,5 \div 3\%$, для рекордных – $3,5 \div 5\%$ и для теоретически возможных – $6 \div 10\%$.

Однако климатические возможности каждого региона обычно лимитируются либо тепло-, либо влагообеспеченностью. Вследствие этого в определенной климатической зоне происходит ограничение урожайности от потенциального до **климатически обеспеченной** (КОУ)

При планировании урожайности следует учитывать плодородие каждого конкретного поля, переходя от КОУ к уровню **действительно возможной урожайности** (ДВУ).

Рассмотренные категории урожаев являются агроэкологическими, или биолого-почвенно-климатическими. Ежегодная изменчивость тепло- и влагообеспеченности полей и посевов не позволяет заранее однозначно устанавливать уровень действительно возможной урожайности. Поэтому в конкретных производственных условиях приходится ориентироваться на фиксированный уровень урожайности, отвечающий определенной климатической обеспеченности.

Из случайного характера ДВУ следует, что для объективной оценки потенциального плодородия сельскохозяйственного поля нельзя опираться только на средний многолетний уровень урожайности. Необходимо дополнительно располагать сведениями о статистических характеристиках действительно возможной урожайности.

Программируемая урожайность (ПрУ) – категория, служащая для отражения уровня продуктивности, на которую составляются технологические карты и планируются основные агротехнические мероприятия (рассчитываются удобрения, определяются оросительные нормы и т.п.).

Хозяйственный или производственный урожай (УП) – реально полученная продукция на конкретном поле.

Прежде всего, как следует из определения категорий, величины ПУ, КОУ и ДВУ, характеризуют такие уровни продуктивности, которые отвечают выполнению всех элементов применяемой агротехнологии. В соответствии с этим ПУ, КОУ и ДВУ – категории агроэкологические. Иное дело – планируемая урожайность.

Согласно определению она характеризует продуктивность, на которую планируются все основные агротехнические мероприятия. Таким образом, ПрУ

– категория хозяйственно-экономическая и, следовательно, методика определения ПрУ должна строиться с учетом хозяйственной стороны дела – стоимости готовой продукции, затрат на ее получение, обеспеченности хозяйства материально-техническими ресурсами и т.д.

Ввиду ежегодной изменчивости погодных условий значения КОУ и ДВУ от года к году случайным образом меняются. Если исходить из того, что ДВУ является показателем агроэкологического потенциала поля, то оказывается, что для правильной оценки потенциального плодородия необходимо располагать сведениями не только о средних многолетних значениях ДВУ, но и его статистических характеристиках, например, среднем квадратическом отклонении, коэффициенте вариации и др. Исчерпывающую информацию в этом плане дает закон распределения ДВУ, который может быть выражен в форме так называемой, кривой обеспеченности, показывающей, с какой вероятностью какие ДВУ достижимы на данном конкретном поле или в среднем по рассматриваемому региону

Приближение УП к ДВУ требует снятия агротехнических ограничений, что достигается применением более совершенной технологии, качественным выполнением всех агротехнических приемов, снижением потерь урожая при уборке, эффективным использованием климатологической и прогностической информации с целью дифференциации агротехнологий по складывающимся метеорологическим условиям и т.д. Иными словами, для повышения УП необходимо добиваться эффективного воплощения в жизнь всех элементов принятой технологии.

Приближение ДВУ к КОУ связано с проблемой повышения плодородия почв. Резервы повышения КОУ лежат в сфере более рационального районирования культур, создания сортов пластичных к изменчивости погодных условий, принципиального совершенствования агротехнологий (введение орошения, осушения или тепловых мелиораций, внедрение новых, более эффективных способов борьбы с опасными для сельского хозяйства метеорологическими явлениями и т.д.). Таким образом, речь идет о широком использовании всего комплекса мероприятий, регулирующих климат сельскохозяйственного поля. Повышение ПУ – задача в основном селекционная, но частично и агрономическая.

В настоящее время параллельно развиваются два различных подхода к расчету основных агроэкологических категорий продуктивности. Первый из них базируется на использовании динамических моделей формирования урожая. Такие модели, детально описывающие процессы роста и развития растений интенсивно разрабатываются как в нашей стране, так и за рубежом и для их реализации используются ЭВМ. Данный подход несомненно имеет большое будущее, однако он довольно сложен. Более просто оценивать величины ПУ, КОУ и ДВУ по обобщенным почвенно-климатическим показателям. Подобные расчеты базируются на использовании статистических связей урожая с лимитирующими почвенно-климатическими факторами, менее трудоемки и, как показывает опыт, во многих случаях обеспечивают достаточную для практических целей точность.

8.9.3.2. Расчет потенциальной урожайности

Согласно введенному выше определению ПУ характеризует продуктивность посева, которая теоретически может быть достигнута в идеальных для выращиваемой культуры почвенных и погодных условиях. Лимитирующими факторами при этом оказываются биолого-генетические особенности растений и приход ФАР. В соответствии с этим расчет ПУ можно произвести по формуле:

$$ПУ = \frac{\eta \cdot Q}{100 \cdot q}$$

где ПУ – расчетный вес сухой биомассы, т/га; Q – сумма ФАР за период вегетации, МДж/га; q – количество солнечной энергии, аккумулируемой в единице сухого органического вещества (энергетическое содержание) МДж/т; η – интегральный коэффициент использования ФАР посевом при идеальных в течение вегетации почвенных и метеорологических условиях (по Х.Г.Тоомингу – потенциальный КПД фотосинтеза, %).

Суммарная ФАР для оценки потенциальной продуктивности определяется с достаточной точностью по формуле

$$\sum Q = C_{\Sigma} \cdot \sum S' + C_D \cdot \sum D$$

где C_{Σ} – эффективный коэффициент перехода от дневных сумм прямой солнечной радиации S' (таблица 8.49) к дневным суммам прямой ФАР (таблица 8.50); $C_D \approx 0,57$ – коэффициент перехода от интегральной рассеянной радиации к рассеянной ФАР.

8.49. Прямая солнечная радиация на равнину при безоблачном небе
(ккал/мес.·см²)

Широта	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
80°	7,3	14,3	19,8	18,0	11,6	3,7	0,3
76°	8,2	14,8	19,3	17,8	11,9	4,6	1,0
72°	9,3	15,2	19,0	17,7	12,2	5,5	1,3
68°	10,3	15,5	18,6	17,4	12,4	6,5	2,2
64°	11,0	16,0	18,2	17,0	12,8	7,2	3,2
60°	11,7	16,2	17,9	16,6	13,2	8,4	4,0
56°	12,1	16,3	17,5	16,6	13,6	9,3	5,3
52°	12,7	16,4	17,2	16,8	13,8	10,1	6,5
48°	13,2	16,7	17,3	17,0	14,3	11,0	7,7

8.50. Эффективные коэффициенты перехода C_{Σ}

Широта	Месяцы					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
66°	0,40	0,40	0,40	0,39	0,37	
50°	0,41	0,42	0,42	0,41	0,405	0,385
23°	0,425	0,425	0,425	0,425	0,42	0,415

Изменчивость рассеянной радиации по территории в летние месяцы мала. При принятой точности 0,2 ккал/мес.·см² оптимальное расстояние между пунктами наблюдений (гелиометрическими станциями) составляет порядка 300 км.

Поправки на рельеф учитываются коэффициентом K_S, величина которого зависит от ориентации (экспозиции) и крутизны склона поля (табл. 8.53).

Рассеянная радиация вычисляется по соотношению

$$D = \frac{Q}{1 + S'/D}$$

где Q – суммарная радиация

8.51. Прямая солнечная радиация на равнину при безоблачном небе (ккал/мес.·см²)

Широта	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
80°	1,4	2,8	3,9	3,6	2,3	0,7	0,6
76°	1,6	2,9	3,8	3,5	2,4	0,9	0,2
72°	1,9	3,0	3,8	3,5	2,4	1,1	0,3
68°	2,0	3,1	3,7	3,4	2,5	1,3	0,4
64°	2,2	3,2	3,6	3,4	2,6	1,4	0,6
60°	2,3	3,2	3,5	3,3	2,6	1,7	0,8
56°	2,4	3,3	3,5	3,3	2,7	1,9	1,1
52°	2,5	3,3	3,4	3,3	2,8	2,0	1,3
48°	2,6	3,3	3,5	3,4	2,9	2,2	1,5

8.52. Суммарная радиация при безоблачном небе (ккал/мес.·см²)

Широта	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
80°	10,5	19,4	25,0	22,0	15,0	4,5	0,4
76°	11,8	19,7	24,2	21,7	15,0	6,0	1,4
72°	13,0	20,0	23,5	21,5	15,1	7,3	2,5
68°	13,5	20,0	22,5	21,1	15,5	8,5	3,5
64°	13,9	19,7	21,6	20,4	15,7	9,5	4,5
60°	14,4	19,9	21,4	20,4	16,0	10,5	5,6
56°	15,4	20,0	21,3	20,5	16,7	11,5	7,1
52°	16,0	20,0	21,4	20,6	17,4	12,6	8,5
48°	16,6	20,5	21,4	21,0	18,0	13,8	9,8

S'/D – зависят от высоты стояния солнца и незначительно меняются с широтой места. В теплый период для широт Северо-Запада, например, можно принять S'/D=4.

8.53. Поправочный множитель K_S для пересчета суточных сумм прямой суточной радиации

Широта	Крутизна																	
	5°						10°						20°					
	Северный склон																	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VII	IX
66°	0,89	0,95	0,97	0,95	0,91	0,85	0,77	0,88	0,93	0,91	0,82	0,66	0,53	0,74	0,83	0,78	0,63	0,32
62°	0,90	0,95	0,97	0,97	0,92	0,87	0,80	0,89	0,92	0,90	0,85	0,70	0,57	0,76	0,81	0,78	0,66	0,40
58°	0,92	0,96	0,98	0,97	0,93	0,89	0,82	0,90	0,92	0,91	0,87	0,74	0,60	0,77	0,82	0,80	0,69	0,47
54°	0,93	0,96	0,98	0,97	0,94	0,90	0,84	0,90	0,92	0,92	0,88	0,77	0,65	0,79	0,84	0,82	0,72	0,53
50°	0,93	0,96	0,98	0,98	0,95	0,91	0,85	0,91	0,94	0,92	0,88	0,79	0,68	0,80	0,85	0,84	0,75	0,58
	Южный склон																	
66°	1,11	1,05	1,02	1,03	1,06	1,15	1,18	1,09	1,06	1,07	1,14	1,28	1,37	1,17	1,08	1,11	1,26	1,56
62°	1,09	1,04	1,02	1,02	1,06	1,13	1,16	1,07	1,05	1,06	1,13	1,24	1,32	1,15	1,07	1,10	1,23	1,49
58°	1,08	1,04	1,02	1,02	1,06	1,11	1,14	1,06	1,04	1,05	1,11	1,21	1,27	1,12	1,06	1,09	1,20	1,42
54°	1,07	1,03	1,02	1,02	1,05	1,10	1,12	1,05	1,03	1,04	1,09	1,18	1,23	1,10	1,04	1,07	1,1ë7	1,35
50°	1,06	1,03	1,01	1,02	1,04	1,09	1,10	1,04	1,02	1,03	1,08	1,15	1,19	1,08	1,02	1,05	1,13	1,29
	Восточный склон																	
66°	1,0						1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,97	0,98	0,99	1,00
62°	1,00						1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,97	0,98	0,98	1,00
58°	1,00						1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	0,99	0,98	0,97	0,98	0,98	0,99
54°	1,00						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,99
50°	1,00						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,98
	Западный склон																	
66°	1,00						1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,97	0,98	0,99	1,00
62°	1,00						1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,97	0,96	0,97	0,98	0,99
58°	1,00						0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94	0,95	0,96
54°	1,00						0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95
50°	1,00						0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95

8.9.3.3. КПД фотосинтеза

Эффективность использования солнечной энергии фитоценозом характеризуется КПД фотосинтеза - η .

КПД посевов зависит от срока и плотности посева, от полива, количества внесенных удобрений, от погодных условий и т.п. Наблюдаются заметные различия в среднем за вегетационный период КПД отдельных сельскохозяйственных культур.

КПД посева в целом значительно ниже КПД листьев. Естественными причинами снижения КПД посевов являются:

- недостаточная площадь листовой поверхности в начале вегетационного периода;
- постепенное увеличение в ходе роста затрат на дыхание всех органов растений;
- наличие листьев фотосинтетически не активных из-за их роста;
- наличие листьев, не адаптированных к существующим условиям ФАР внутри посева.

Посевы по их средним значениям КПД подразделяются на четыре группы:

обычно наблюдаемые	0,5÷1,5%
Хорошие	1,5÷3,0%
Рекордные	3,5÷5,0%
теоретически возможные	6,0÷8,0%

q – средняя энергетическая емкость (калорийность) видов растений (таблица 8.54) варьирует в пределах 3,0÷5,0 ккал/г. Калорийность в экстремальных условиях выше, чем в благоприятных вследствие адаптивных возможностей растений к изменяющимся условиям среды. Калорийность увеличивается от юга к северу.

8.54. Энергетическое содержание единицы сухого органического вещества (МДж/г·10³)

Культура	Растение в целом	Хозяйственно полезный урожай	Побочная продукция	Корни
Озимая пшеница	18,5	18,8	17,8	17,1
Озимая рожь	19,0	19,3	18,1	16,8
Яровая пшеница	18,8	19,2	18,1	17,2
Овес	18,4	18,9	18,0	16,7
Ячмень	18,3	18,8	18,8	17,0
Горох	19,0	20,5	18,8	17,6
Картофель	17,9	18,2	17,7	15,8
Овощные культуры	14,1	14,3	13,4	12,8
Кормовые корнеплоды	16,1	16,2	15,4	15,0
Многолетние травы	18,9	18,8	18,8	19,2
Вика и смеси	19,2	20,4	18,9	17,5
Люцерна	21,6	21,7	21,7	18,5

Пересчет сухой биомассы Y в урожай хозяйственно полезной продукции y осуществляется на основе соотношения

$$y = 100Y / (100 - \omega) \alpha$$

где ω – стандартная влажность хозяйственно полезной части урожая, %; α – сумма частей в соотношении масс хозяйственно полезной и побочной продукции в общем урожае биомассы (например, если это соотношение равно 1:1,5, то $\alpha = 2,5$).

Ориентировочные значения отношения $m_1:m_2$, коэффициента α и обратного ему коэффициента $K_{хоз}$, показывающего, какую долю в общем урожае сухой биомассы составляет полезная продукция, приведены в таблице 12.

Последний необходимый для расчета ПУ параметр – содержание влаги. Для получения сопоставимых результатов все расчеты должны проводиться на так называемую «стандартную» влажность, устанавливаемую для зерновых культур (зерно) на уровне 14%, для картофеля (клубни) – 80%, для корнеплодов и кормовой свеклы – 80%, для многолетних трав (сено) – 16%, для викоовсяной смеси (зеленая масса) – 75%.

8.55. Ориентировочное соотношение хозяйственно полезной и побочной продукции для различных культур

Культура	$m_1:m_2$	α	$K_{хоз}$
Озимая пшеница	1:1,5	2,5	0,40
Озимая рожь	1:2,0	3,0	0,33
Яровая пшеница	1:1,2	2,2	0,45
Овес	1:1,1	2,1	0,48
Ячмень	1:1,3	2,3	0,43
Картофель	1:0,7	1,7	0,59
Кормовая свекла	1:0,4	1,4	0,71

Для районов Северо-Запада потенциальная продуктивность культур характеризуется данными, приведенными в таблице 8.56.

8.56. Потенциальная продуктивность сельскохозяйственных культур в районах Северо-Запада при $\eta = 2,5\%$

Регион	ФАР, МДж/кв.м	Абс. сухая биомасса, ц/га	Продуктивность культур, ц/га		
			озимая рожь	картофель	зеленая масса трав
Мурманская	690	91	35	270	360
Коми	650	85	33	250	340
Архангельская	800	105	40	310	420
Карелия	830	109	42	320	430
Ленинградская	1100	145	56	428	580
Вологодская	1100	145	56	428	580

8.9.3.4. Расчет климатически обеспеченной урожайности

К основным показателям климата, влияющим на рост и развитие сельскохозяйственных культур, относятся обеспеченность влагой и теплом; они определяются радиационным режимом территорий.

Приход суммарной радиации R и количества продуктивной влаги W за период вегетации зерновых культур по областям и зонам приведены в таблице 8.57

8.57. Приход суммарной радиации и количества продуктивной влаги за период вегетации зерновых культур

Регион область, республика	R ккал/см²·вегет.	W мм
Архангельская	20,0	225÷300
Вологодская	22,5	275÷340
Ленинградская	22,5	275÷300
Мурманская	11,0	140
Новгородская	23,0	275÷325
Псковская	24,0	300÷320
Карельская	17,0	200÷225
Коми	18,0	150÷200
Калининградская	28,0	420÷525

Целесообразно использовать в анализе деление зоны на агроклиматические районы по термическим ресурсам (среднесуточная сумма температур воздуха больше 10°C), длительности безморозного периода и условиям увлажнения.

Поскольку КОУ, согласно определению, характеризует продуктивность посева, которая может быть достигнута при конкретных метеорологических условиях, величина ее может быть рассчитана на основе общего уравнения вида:

$$КОУ = K_M ПУ$$

где K_M – коэффициент благоприятствования метеорологических условий, который, как правило, меньше 1.

Лимитирующее влияние климата обычно выступает в форме природного ограничения на ресурсы тепла или влаги. В частности, если в рассматриваемом регионе имеет место нехватка воды, то согласно предложению Х.Г.Тооминга (213) расчет КОУ может производиться по формуле

$$КОУ = (E/E_0) ПУ$$

где E и E_0 – соответственно суммарное фактическое испарение и испаряемость (потенциальное испарение) с поля за период вегетации.

Отношение испаряемости на склонах к испаряемости на равнине существенно зависит от экспозиции и крутизны склона α (град) до 20° и может быть вычислено по формулам:

для южного склона	$\frac{E_{0Ю}}{E_{0Р}} = 1 + 0,1\alpha$
для северного склона	$\frac{E_{0С}}{E_{0Р}} = 1 - 0,0014\alpha$
для восточного склона	$\frac{E_{0В}}{E_{0Р}} = 1 - 0,001\alpha$
для западного склона	$\frac{E_{0З}}{E_{0Р}} = 1 - 0,002\alpha$

Таким образом, в данном случае коэффициент благоприятствования метеорологических условий K_M равен отношению E/E_0 . Суммарное испарение E представляет собой фактическое количество воды, испарившейся за рассматриваемый интервал времени с поля через поверхность почвы и через растения, а потенциальное испарение, или испаряемость E_0 – количество воды, которое могло бы испариться с поля в данных метеорологических условиях при неограниченных запасах почвенной влаги.

8.59. Испарение E (см/мес.) на равнине и со склонов в безморозный период

Рельеф	Экспозиция и крутизна							
	Северная				Южная			
	верх	средняя	нижняя	подножие	верх	Средняя	нижняя	Подножие
Равнина	--	--	--	42,3	--	--	--	42,3
прямой склон, крутизна 7,5°	35,6	37,2	41,4	47,0	27,2	28,2	44,5	47,0
вогнутый склон	33,9	39,2	45,2	47,0	28,0	27,4	42,8	47,0
Крутизна	10°	5°	2,5°	--	10°	5°	2,5°	--
выпуклый склон	41,7	41,7	20,0	63,9	37,4	35,0	34,2	52,4
Крутизна	2,5°	5°	10°	--	2,5°	5°	10°	--

Учитывая основные составляющие водного баланса сельскохозяйственного поля и наличие тесной связи между испаряемостью и радиационным балансом, последнюю формулу можно представить в следующем виде:

$$КОУ = ПУ(W_H - W_K + I) / 2,4R$$

где W_H и W_K – начальные и конечные запасы влаги в почве, мм; I – сумма естественных и искусственных осадков за вычетом стока, мм; R – суммарный за время вегетации радиационный баланс, кДж/см².

Недостатком приведенных соотношений является необходимость предварительной оценки величины ПУ, в результате чего погрешности определения ПУ, вызванные, в частности, неточностью задания потенциального КПД фотосинтеза η , непосредственно сказываются на величине КОУ. Этого можно избежать, используя для расчетов зависимости, основанные на прямых статистических связях КОУ с лимитирующими метеорологическими факторами. Так, например, при ограниченной влагообеспеченности посевов, т.е. в случае, если основным лимитирующим фактором климата является вода, КОУ можно приближенно рассчитать с помощью соотношения

$$КОУ = 10W / K_W$$

где КОУ – климатически обеспеченный (в данном случае по воде) урожай сухой биомассы, т/га; W – ресурсы продуктивной влаги, мм; K_W – коэффициент водопотребления, показывающий какое количество воды расходуется на формирование единицы растительной биомассы рассматриваемой культуры

Коэффициент водопотребления K_W является характеристикой, специфичной для каждой культуры. Кроме того, как показывает опыт, имеется су-

ущественная зависимость K_w от условий выращивания урожая и его уровня. Так, например, в определенных пределах справедливо утверждение, что чем более полно удовлетворяются факторы жизнедеятельности растений, тем ниже K_w при прочих равных условиях, т.е. тем более экономично растения расходуют влагу. Ориентировочные значения K_w для различных культур приведены в таблице 8.60.

Перераспределение осадков в расчлененных ландшафтах и в холмистой местности возможно в теплое время года в том случае, если интенсивность выпадающих осадков превышает впитывание воды в почву и появляется поверхностный сток (табл. 8.61).

Ресурсы продуктивной влаги W могут быть найдены как разность между годовой суммой осадков и непроизводительными расходами воды на горизонтальный сток, вертикальную фильтрацию ее за пределы корнеобитаемой зоны и физическое испарение.

Уточненные оценки можно получить рассматривая величину W как сумму двух составляющих – запасов влаги в почве на начало вегетации и эффективно используемой части осадков, выпадающих за период вегетации. Полагая, что в процессе формирования урожая используется примерно 80% осадков, величину W можно рассчитать по формуле

$$W = W_n + 0,8I,$$

где W_n – начальный запас влаги, который обычно берется в метровом слое почвы, мм; I – сумма осадков от момента сева до созревания, мм.

Более точные сведения могут быть получены путем постановки специальных многолетних балансовых опытов по изучению водного режима посевов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Другой метод оценки уровня КОУ без непосредственного расчета ПУ основан на использовании так называемого гидротермического показателя продуктивности (ГТП). Этот показатель был предложен А.М.Рябчиковым и рассчитывается по формуле

$$ГТП = gWn/36R,$$

где ГТП – значение ГТП, балл; W – ресурсы продуктивной влаги, определяемые по Рябчикову как разность между годовой суммой осадков и стоком, мм; n – продолжительность вегетации, декады; R – годовой радиационный баланс, кДж/см²; g – переводной коэффициент, равный 4,2 кДж/см²·мм.

Рассчитав ГТП, величину КОУ сухой биомассы (в т/га) находят в соответствии с эмпирическим соотношением:

$$КОУ = 2,2ГТП - 1.$$

**8.59. Испаряемость E_0 (см/мес.) на равнине и на склонах
разной крутизны и экспозиции**

Сезон года	Равнина E_{0p}	Экспозиция и крутизна															
		Северная				южная				восточная				западная			
		5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°
Вегетационный период	47,0	43,5	39,4	35,3	32,0	48,0	50,8	53,2	56,4	47,0	45,8	45,2	45,4	47,0	45,9	45,7	46,0
Весна	10,5	9,8	8,6	8,3	7,4	11,2	11,9	12,5	13,0	10,2	10,6	10,9	11,1	10,2	10,6	10,3	10,4
Лето	10,9	10,4	10,0	9,4	8,6	11,7	12,3	12,4	12,6	11,0	11,1	11,3	11,3	11,0	10,1	11,0	10,9
Осень	2,3	1,7	0,8	0,3	0,2	4,0	4,7	5,0	5,2	2,6	2,8	3,0	3,0	2,6	2,2	2,2	2,4

**8.60. Ориентировочные коэффициенты водопотребления основных культур для Не-черноземной зоны в разные по увлажнению годы
(по данным М.К. Каюмова)**

	Влажный	Средний	Засушливый
Озимая пшеница	375-450	450-500	500-525
Озимая рожь	400-425	425-500	450-550
Яровая пшеница	350-400	400-465	435-500
Овес	435-480	500-550	530-590
Ячмень	375-425	435-500	470-530
Кукуруза (зерно)	250-275	265-300	300-325
Картофель	150-175	175-200	200-225
Морковь	65-100	80-120	90-130
Кормовая свекла	75-85	85-100	100-110
Многолетние травы	500-550	550-600	600-700

**8.61. Перераспределение влаги на склонах
(% относительного ровного места)**

Зона увлажнения	Экспозиция и часть склона							
	северная				южная			
	верх	средняя	нижняя	подно- жие	верх	средняя	нижняя	подно- жие
	прямые склоны							
	суглинистые почвы							
Избыточно влажная	22	87	92	150	88	90	92	138
Достаточно влажная	83	85	88	156	88	94	96	132
	супесчаные почвы							
Избыточно влажная	86	89	90	137	92	96	98	128
Достаточно влажная	88	90	92	133	94	97	99	114
	вогнутые склоны / выпуклые склоны							
	суглинистые почвы							
Избыточно влажная	80/82	84/85	86/87	147/ 140	85/88	92/90	90/94	136/ 130
Достаточно влажная	80/83	83/86	85/87	154/ 145	87/87	92/88	86/92	130/ 132
	супесчаные почвы							
Избыточно влажная	84/86	88/90	90/90	130/ 135	92/94	96/97	90/97	125/ 120
Достаточно влажная	87/82	90/85	89/87	128/ 150	95/91	98/96	94/96	112/ 113

Еще одна возможность косвенного расчета КОУ – использование для этой цели методики Д.И.Шашко (1967). Согласно ей урожай, лимитируемый естественными ресурсами тепла и влаги, рассчитывается по эмпирической формуле

$$\text{КОУ} = m\text{БКП},$$

где КОУ – КОУ хозяйственно полезной продукции, т/га; m – коэффициент, который зависит от вида возделываемой культуры и условий влагообеспеченности (таблица 19); БКП – биоклиматический потенциал равный 0,001 суммы активных температур выше 10°C.

8.62. Значение коэффициента m для разных культур и условий влагообеспеченности

Культура	Значения m при коэффициенте увлажнения M_d			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Озимая пшеница	1,26	1,23	1,24	1,14
Озимая рожь	1,26	1,24	1,25	1,15
Яровая пшеница	1,19	1,16	1,13	1,01
Овес	1,47	2,17	1,58	1,45
Ячмень	1,63	1,62	1,60	1,47
Примечание. Коэффициент M_d определяется как $M_d = I g(20I/D)$, где I и D – годовые суммы осадков и дефицита влажности воздуха				

По показателю увлажнения M_d можно характеризовать динамику увлажнения сельскохозяйственных сезонов и в целом за вегетационный период по шкале:

<i>0,60 – избыточное;</i>	<i>0,25-0,15 – засушливое;</i>
<i>0,60-0,45 – хорошее;</i>	<i>0,25-0,20 – менее засушливое;</i>
<i>0,60-0,50 – более влажное;</i>	<i>0,20-0,15 – более засушливое;</i>
<i>0,50-0,45 – менее влажное;</i>	<i>0,15-0,10 – сухое;</i>
<i>0,45-0,25 – умеренно влажное;</i>	<i><0,10 – очень сухое.</i>
<i>0,45-0,35 – полувлажное;</i>	
<i>0,35-0,25 – полусушливое;</i>	

Осредненная по Северо-западному региону климатически обеспеченная продуктивность, вычисленная по формуле Шашко Д.Д., приведена в таблице 8.63.

Ввиду эмпирического характера описанных методик расчет КОУ в каждом конкретном случае целесообразно проводить не одним, а несколькими способами, принимая для дальнейшего использования меньшую из полученных величин

Оценка термических ресурсов вегетационного периода конкретного поля по сумме среднесуточных температур воздуха выше 10°C выполняется с учетом микроклиматических особенностей местности. В качестве показателя теплообеспеченности территории используется также продолжительность безморозного периода $\tau_{\text{БП}}$ и морозоопасность. В пересеченной и холмистой местности теплообеспеченность полей отличается от расположенных на выравненной части территории. Поэтому необходимо подбирать показатели, четко реагирующие на микроклимат и отражающие влияние подстилающей поверхности. В таблицах 8.65, 8.66, 8.67 приведены поправки к климатическим показателям относительно равнинных территорий.

**8.63. Климатическая обеспеченная продуктивность земель Северо-Запада
(по Шашко)**

Регион, область	$\Sigma T > 10^{\circ}\text{C}$	БКП, баллы	Продуктивность культур, ц/га	
			зерновые	Картофель
Мурманская	400-1000	0,48-1,0	13,9-29,0	113-230
Коми	400-1600	0,48-1,6	13,9-46,5	230-370
Архангельская	400-1500	0,48-1,5	13,9-43,5	230-340
Карелия	1000-1600	1,0-1,6	29,0-46,5	230-370
Ленинградская	1500-1800	1,5-1,8	43,5-52,0	340-415
Вологодская	1500-1800	1,5-1,8	43,5-52,0	340-415
Цена одного балла БКП при КПД ФАР 2,5%			29 ц/га	230 ц/га

8.64. Агроклиматические характеристики по областям Северо-Запада

1	2	3	4	5	6	7	8
Регион, область, республика	Агро- кли- мат. район	$\Sigma t > 10^{\circ}$	$\tau_{\text{дп}}$	Р осадки мм	ГТК	Запасы продук- тивной влаги W_H мм	$M_d = P/E$
Архангельская	I	900-1000	70-80	100-150		250-200	0,39- 0,52
	II	1000-1200	80-90	150-200		200-150	
	III	1200-1400	90-100	200-230		200-150	
	IV	1400-1550	100-110	230-250		250-200	
Ленинградская	I	1400-1600	90-105	250-275	1,6-1,8	165-215	
	II	1600-1800	115-140	225-275	1,4-1,6	130-210	
	III	1500-1700	110-115	225-275	1,4-1,6	275	
	IV	1600-1700	<115	275-300	1,6-1,8	160	
	V	1700-1900	120-125	250-275	1,5-1,6	220	
Мурманская	I	200-500	88-119	35			>0,45- 0,6
	II	500-700	67-100	105			
	III	700-900	73-104	135			
	IV	900-1000	80-107	170			
Карельская	I	850-1150	70-90	120-160	1,3-1,5		
	II	1150-1300	95-115	200	1,5-1,7		
	III	1300-1500	100-195	200-250	1,5-1,8		
	IV	>1500	110-130	250	1,4-1,5		
Вологодская	I	1500-950	100-68	250		150-200	0,42- 0,48
	II	1600-1050	110-78	250-300		150-234	
	III	1700-1150	120-88			150-250	

1	2	3	4	5	6	7	8
	IV						
Калининградская	I	2000-2100	135	300-400	1,7-1,9	175-200 225-250	
	II	2100-2200	150	290-400	1,3-1,5	200-225 175-200	
	III	2200-2300	165	300-380	1,7-1,9	150-225	
Коми	I	800-1000	64	100-150		250-200	0,35- 0,41
	II	1000-1200	76	150-200		150-200	0,35- 0,50
	III	1200-1400	93	200-230		150-250	0,35- 0,48
	IV	1400-1550	99	230-240		200-250	0,35- 0,51
Новгородская	I	1500-1700	105-115	275-300	2,3-1,9	250-275	1,8-2,0
	II	1700-1800	120-125	275-300	1,5-1,9	225-275	1,6-1,8
	III	1800-1900	125-130	275-300	1,3-1,8	200-250	1,6-1,8
	IV	1800-1900	125-130	275		225-250	1,5-1,6
	V	1900-2000	130-140	275	1,3-1,5	250-275	1,4-1,6
Псковская	I	1800-1900	130-140	300-350	1,6-1,8	230	2,3-2,5
	II	1900-2000	150-160	285-325	1,4-1,6	350-390	2,3-2,6

Термические условия считаются хорошими, если культуры обеспечены теплом более чем на 80%. При меньшей теплообеспеченности необходимо применять специальные агротехнические мероприятия (подбор скороспелых сортов, применение рассадных комплексов посева, использование укрывных материалов и т.д.).

8.65. Влияние местоположения поля в холмистом рельефе на продолжительность вегетационного периода яровых зерновых.

Местоположение поля	Высота над уровнем моря	
	460 м	760 м
Северо-западный склон (верх)	83 дн.	119 дн.
Подножие склона	92-105 дн.	124 дн.
Юго-западный склон (верх)	102 дн.	--
Южный склон (верхняя треть)	--	117 дн.
Подножие юго-западного склона	105 дн.	--
Подножие южного склона	--	124 дн.

**8.66. Микроклиматические характеристики термических ресурсов
в холмистом рельефе**

Рельеф	Ленинградская обл.		Архангельская обл.		Вологодская обл.		Коми	
	$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ дни	$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ дни	$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ дни	$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ дни
Вершина склона	1900-2150	150	1200-1400	100	1750-1900	125	1450-1650	105
Низ склона	1550-1800	120	900-1100	65	1400-1550	90	1050-1250	87
Середина склона	1800-2050	140	1000-1250	80	1600-1750	110	1300-1500	92

8.67. Изменения теплообеспеченности различных местоположений по сравнению с открытым ровным местом

Форма рельефа	$\tau_{\text{бп}}$ дни \pm	$\Sigma t_{\text{бп}}$ дни \pm
Вершины, верхние и средние части крутых склонов ($\Delta h > 50$ м), уклон $> 10^{\circ}$	15÷25	150÷200
Вершины и верхние части пологих склонов ($\Delta h < 50$ м), уклон 3-10°	5÷15	50÷150
Средние части пологих склонов (уклон 3-10°)	0	0
Нижние части склонов	-15÷-25	-200÷-300
Сырые низины с минеральной почвой	-15÷-30	-200÷-350
Торфяные почвы: слабоосушенные, необработанные участки)	-10÷-15	-100÷-200
Луга на осушенных болтах	-25÷-30	-250÷-300
Хорошо осушенные минерализованные участки	-5÷-10	-50÷-100
Долины больших рек, берега водоемов	10÷20	100÷200
Котловины	-20÷-30	-250÷-350
	ночная t	дневная t
Побережье Балтийского моря (восточное) в 100 м от моря	+2°	-2÷-3°
Побережье Баренцева моря		
(северное) в 100 м от моря	-4÷-5°	-4÷-5°
(южное) в 100 м от моря		-4÷-5°
Побережье Белого моря в 100 м от моря	-3÷-5°	-4÷-6°

8.68. Показатели теплообеспеченности с/х культур Северо-Запада

Культура	Вегетационный период, минимальный, дни	$\Sigma T_a^{\circ}\text{C}$
Картофель	91	800
Овес	75-90	1050
Озимая рожь (на зерновку)	88	875
Горох	78	1000-1300 (985 до цветения)
Рисохвост луговой	68	755
Овсяница луговая	91	1029
Овсяница красная	75	839

Микроклиматическими исследованиями связей механического состава с гидрофизическими и теплофизическими характеристиками почв показано их определяющее значение в формировании климата почвы и, как следствие, микроклимата поля. Так отклонение температурных режимов на полях с почвами разного механического состава по сравнению со среднесуточными составляют (табл. 8.69):

8.69. Теплообеспеченность почв различного механического состава

Механический состав почв	Ср. темп. $^{\circ}\text{C}$ (июль)	Дата перехода через (дни)		Сумма темп. почвы $>10^{\circ}\text{C}$	Продолжительность периода с темп. $>15^{\circ}\text{C}$
		5°C	10°C		
песчаная	2,8	-8	-12	340	26 дней
супесчаная	2,3	-6	-9	290	22 дня
легкосуглинистая	1,2	-3	-5	140	11 дней
тяжелосуглинистая	-1,0	3	5	-150	- 10 дней
торфянистая	-1,7	13	14	-100	2 дня

Такие различия обусловлены отличиями теплофизических характеристик почв.

Помимо расчетных способов величина КОУ может быть определена также опытно-экспериментальным путем. Для этого достаточно располагать сведениями об урожаях, которые были получены на высоком почвенном агрофоне с соблюдением всех элементов рекомендованной технологии.

8.9.3.5. Расчет действительно возможной урожайности

Уровень КОУ может быть достигнут только на хорошо окультуренных почвах. При одних и тех же метеорологических условиях на полях с низким агрофоном урожай, естественно, будут ниже. Категория ДВУ вводится именно с целью учета фактора реального плодородия поля и его варьирования от одного поля к другому.

Для определения ДВУ можно использовать соотношение

$$\text{ДВУ} = K_{\Pi} \text{КОУ},$$

где K_{Π} – коэффициент благоприятствования условий возделывания данной культуры на конкретном поле ($K_{\Pi} \leq 1$).

Коэффициент K_{Π} может рассматриваться как некоторая функция элементов почвенного плодородия, таких как механический состав, содержание гумуса, кислотность, запасы доступных форм калия и фосфора, почвенно-гидрологические характеристики и др. Кроме того следует рассматривать такие характеристики, как особенности микроклимата, засоренность, пространственную вариабельность агрохимических и агрофизических почвенных параметров, положение в ландшафте и другие природные факторы.

В первом приближении K_{Π} можно принять равным Б (Б – бонитет, выраженный в долях единицы). При таком допущении расчет ДВУ ведется по формуле:

$$\text{ДВУ} = \text{Б} \cdot \text{КОУ}.$$

8.9.3.6. Выбор уровня планируемой урожайности

Как уже отмечалось, ПУ, КОУ и ДВУ являются агроэкологическими категориями продуктивности, зависящими от особенностей выращиваемой культуры и почвенно-климатических факторов. В отличие от них ПрУ – категория хозяйственно-экономическая. Это – урожайность, на достижение которой ориентирована агротехнология.

Можно представить себе несколько подходов к обоснованию уровня ПрУ. Первый и, казалось бы, наиболее естественный – принять величину ПрУ равной ДВУ. Однако при этом возникает трудность принципиального характера: из-за неопределенности погодных условий, которые складываются в период вегетации, рассчитать заранее (еще в предпосевной период), каким будет ДВУ в данном году, не представляется возможным. Принимая во внимание особенности весны, например, условия весеннего увлажнения, и располагая долгосрочным метеорологическим прогнозом, в лучшем случае можно оценить вероятности различных значений ДВУ. При этом сразу встает вопрос на какую вероятность ДВУ следует рассчитывать, планируя агротехнологию? Обычно рекомендуют ориентироваться на средние многолетние условия, однако сколь-нибудь убедительно обосновать эту рекомендацию весьма трудно. Недостатком такого подхода является и то, что, приравнивая уровень ПрУ к ожидаемому ДВУ, по существу, игнорируют экономическую сторону дела. Хорошо известно, что максимальные урожаи практически никогда не являются самыми выгодными в экономическом отношении и критерий «максимальный урожай любой ценой», конечно, не может быть положен в основу разумной системы хозяйствования.

На отыскании оптимального варианта построена вероятностная методика выбора ПрУ, предложенная Е.Е. Жуковским (45). Она учитывает случайный характер и климатическую изменчивость ДВУ, ценность производимой сельскохозяйственной продукции и затраты на агротехнологию, которые, как и ДВУ, могут меняться от одного поля к другому. Результатами расчетов являются некоторый экономически обоснованный уровень урожая, на который целесообразно ориентироваться при разработке агротехнологий, и вероятно-

сти получения урожаев различных уровней. Соответствующие вероятности, в частности, могут быть представлены в виде ряда обеспеченности:

y' , т/га	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$P(y \geq y')$, %	90	75	63	57	47	38	23	12

Здесь y' – планируемый уровень урожая, т/га; $P(y \geq y')$ – вероятность того, что ожидаемый урожай y при выбранном уровне ПрУ будет ниже y' .

Найденные вероятности рассчитываются на начало вегетационного периода и в дальнейшем могут оперативно корректироваться с учетом складывающихся метеорологических условий. Создание такой динамической модели вероятностного прогноза является важной задачей. Таким образом, развиваемый подход предполагает не только обоснование уровня урожаев, в расчете на который должна строиться агротехнология, но и позволяет определить, какие урожаи и с какой вероятностью будут повторяться при конкретно выбранном уровне ПрУ.

В соответствии с разработанной вероятностной методикой расчет ПрУ может быть произведен по формуле

$$\text{ПрУ} = \bar{y}_{\text{ДВУ}} + t_0 \sigma_{\text{ДВУ}},$$

где ПрУ – экономически оптимальный уровень ПрУ; $\bar{y}_{\text{ДВУ}}$ и $\sigma_{\text{ДВУ}}$ – среднее многолетнее значение и среднее квадратическое отклонение ДВУ; t_0 – безразмерный параметр, выбираемый в соответствии с хозяйственно-экономическим параметром k :

k	1/20	1/10	1/5	1/3	1/2	1	2	3	5	10	20
t_0	1,67	1,34	0,97	0,63	0,43	0	-0,43	-0,63	-0,97	-1,34	-1,67

Величины $\bar{y}_{\text{ДВУ}}$ и $\sigma_{\text{ДВУ}}$ в первом приближении могут быть найдены с помощью соотношений:

$$\begin{aligned}\bar{y}_{\text{ДВУ}} &= K_{\text{Э}} \bar{y}_{\text{КОУ}} \\ \sigma_{\text{ДВУ}} &= K_{\text{Э}} \sigma_{\text{КОУ}}\end{aligned}$$

где $\bar{y}_{\text{КОУ}}$ и $\sigma_{\text{КОУ}}$ – среднее значение и среднее квадратическое отклонение КОУ; $K_{\text{Э}}$ – эмпирический коэффициент, характеризующий плодородие сельскохозяйственного поля, для которого ведется расчет ПрУ.

Для нахождения коэффициента $K_{\text{Э}}$ необходимо знать, какие хозяйственно-экономические потери A_1 возникают в случае, когда ДВУ конкретного года оказывается ниже выбранного уровня ПрУ, и какие потери A_2 имеют место в противоположном случае, т.е. когда ДВУ превышает уровень ПрУ. В первом случае потери обуславливаются непроизводительным расходом антропогенных ресурсов, а во втором – снижением урожая, который в принципе (по сложившимся метеорологическим условиям) мог быть достигнут, но эта возможность осталась нереализованной, так как агротехнические мероприятия

планировались на более низкую продуктивность. Коэффициент K_3 – это отношение A_1/A_2 .

Точное определение величин A_1 и A_2 и по ним – K_3 предполагает проведение детального экономического анализа. В первом приближении однако, для этого может быть использован более грубый подход, суть которого состоит в привлечении метода экспертных оценок. Задача упрощается, поскольку на самом деле оценивать надо не абсолютные величины A_1 и A_2 , а их отношение.

Из приведенных формул и по значениям t_0 видно, что оптимальный уровень ПрУ, рассчитанный на вероятностной основе, т.е. с учетом статистических характеристик ДВУ, как правило, не будет совпадать со средним многолетним значением ДВУ. В тех случаях когда K_3 меньше 1, ПрУ должен устанавливаться выше среднего ДВУ, а при K_3 больше 1, наоборот, ниже его. Рассчитав ПрУ, можно определить, какова вероятность того, что при полном соблюдении агротехнологии фактические урожаи будут не ниже планируемых, по формулам, приведенным ниже.

В тех случаях, когда необходимой для указанных расчетов информации нет, за величину ПрУ может быть принято среднее многолетнее значение ДВУ, т.е. в этом случае предполагается, что ПрУ равно $\bar{y}_{\text{дву}}$.

Под планируемым будем понимать урожай, в расчете, на который планируются основные агротехнические мероприятия, удобрения, материально-технические и трудовые ресурсы. Как будет ясно из последующего изложения, определение этого уровня урожая следует проводить, исходя из стоимостных характеристик получаемой продукции, затрат на ее производство, а также с учетом климатической повторяемости различных уровней ДВУ, т.е. на вероятностной основе. Планируемый урожай в такой трактовке является категорией хозяйственно-экономической.

Введем категорию ожидаемого урожая (ОУ), это вызывается ежегодной изменчивостью складывающихся агрометеорологических условий и изменчивостью ДВУ. На самом деле, при любом фиксированном уровне ПрУ величина ОУ будет случайной, зависящей от условий конкретного года.

Учитывая сказанное, можно сформулировать две наиболее важные практические задачи. Первая сводится к определению обоснованного уровня программируемого урожая, вторая – к определению статистических характеристик ожидаемого урожая при выбранном уровне планируемого. С методической точки зрения более удобно сначала рассмотреть последнюю из этих задач.

8.9.3.7. Методика определения статистических характеристик ожидаемой урожайности

Для построения методики определения статистических характеристик ОУ сделаем два предположения. Первое состоит в том, что если ДВУ данного года оказался ниже выбранного уровня ПрУ, то ОУ совпадает с фактическим уровнем ДВУ. Второе предположение постулирует, что если ДВУ данного го-

да оказался выше ПрУ, то ОУ будет ниже ДВУ на некоторое значение, определяемое степенью лимитирования урожая агротехнологией, рассчитанной ранее на получение выбранного уровня ПрУ.

При сделанных предположениях ОУ может быть вычислен по формуле

$$y_{OU} = \begin{cases} y_{ДВУ} & \text{при } y_{ДВУ} \leq y_{ПрУ} \\ y_{ПрУ} + \xi(y_{ДВУ} - y_{ПрУ}) & \text{при } y_{ДВУ} > y_{ПрУ} \end{cases}$$

где ξ – коэффициент технологического лимитирования, лежащий между 0 и 1, при этом верхняя граница ($\xi=1$) соответствует отсутствию лимитирования, а нижняя ($\xi=0$), напротив – «жесткому» лимитированию, при котором получение урожая, больше планируемого, полагается невозможным.

Выражения для среднего значения и дисперсии ОУ при нормальном распределении значений ДВУ и фиксированном уровне ПрУ имеют вид:

$$\bar{y}_{OU} = \bar{y}_{ДВУ} - (1 - \xi) u_{ПрУ} y_{ДВУ};$$

$$y_{OU}^2 = y_{ДВУ}^2 \left[\frac{1 + \xi^2}{2} + (1 - \xi^2) \Phi(t_{ПрУ}) - (1 - \xi)^2 \theta_{ПрУ} (t_{ПрУ} + \theta_{ПрУ}) \right],$$

где \bar{y} и σ – среднее значение и среднее квадратическое отклонение урожаев различных категорий соответственно.

$$\left. \begin{aligned} \theta_{ПрУ} &= t_{ПрУ} \Phi(t_{ПрУ}) + \varphi(t_{ПрУ}) - \frac{t_{ПрУ}}{2}; \\ t_{ПрУ} &= (y_{ПрУ} - \bar{y}_{ДВУ}) / \sigma_{ДВУ}; \\ \Phi(t_{ПрУ}) &= \frac{1}{\sqrt{2p}} \int_0^{t_{ПрУ}} e^{z^2/2} dz; \\ \varphi(t_{ПрУ}) &= \Phi'(t_{ПрУ}) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \exp(-t_{ПрУ}^2/2). \end{aligned} \right\}$$

Легко понять, что \bar{y}_{OU} не может быть больше $\bar{y}_{ДВУ}$, а σ_{OU} всегда меньше $\sigma_{ДВУ}$. Таким образом, лимитирующее влияние агротехнологий выражается как в уменьшении (по сравнению с $\bar{y}_{ДВУ}$) среднего значения ОУ, так и в снижении (по сравнению с $\sigma_{ДВУ}$) его колебаний.

Приведем в качестве иллюстрации некоторые оценки, выполненные для случая когда $\xi=0$, что соответствует модели жесткого лимитирования. Для этого примера в таблице 8.70 даны значения параметров

$$\lambda = \frac{\bar{y}_{OU} - \bar{y}_{ДВУ}}{\sigma_{ДВУ}} \text{ и } \eta = \sigma_{OU} / \sigma_{ДВУ},$$

рассчитанных при разных уровнях ПрУ (разные $t_{ПрУ}$)

**8.70. Зависимость статистических характеристик ОУ
от уровня ПрУ при $\xi=0$**

$t_{\text{ПрУ}}$	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Λ	-1,08	-0,92	-0,77	-0,63	-0,51	-0,40	-0,31	-0,23	-0,17	-0,12
Н	0,50	0,57	0,64	0,70	0,76	0,81	0,86	0,89	0,92	0,95

Как видно из таблицы 8.70, при достаточно высоких уровнях планируемых урожаев, когда $t_{\text{ПрУ}} > 1$, величины $\bar{y}_{\text{ОУ}}$ и $\sigma_{\text{ОУ}}$ практически совпадают с $\bar{y}_{\text{ДВУ}}$ и $\sigma_{\text{ДВУ}}$. Снижение уровня планируемого урожая приводит к снижению $\bar{y}_{\text{ОУ}}$ и $\sigma_{\text{ОУ}}$. В частности, при планировании агротехнологий в расчете на средние многолетние условия, т.е. при $\text{ПрУ} = \bar{y}_{\text{ДВУ}}$, средний ожидаемый урожай будет ниже среднего многолетнего ДВУ на $0,4 \sigma_{\text{ДВУ}}$.

Отдельно следует рассмотреть вопрос о законе распределения $y_{\text{ОУ}}$. Это распределение отличается от нормального и для произвольных $y_{\text{ПрУ}}$ и ξ записывается в виде

$$f(y_{\text{ОУ}}) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_{\text{ДВУ}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_{\text{ОУ}} - \bar{y}_{\text{ДВУ}})^2}{2\sigma_{\text{ДВУ}}^2}} & \text{при } y_{\text{ОУ}} < y_{\text{ПрУ}}, \\ \frac{1}{\xi \sigma_{\text{ДВУ}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_{\text{ОУ}} - \xi \bar{y}_{\text{ДВУ}} - (+\xi)y_{\text{ПрУ}})^2}{2\xi^2 \sigma_{\text{ДВУ}}^2}} & \text{при } y_{\text{ОУ}} > y_{\text{ПрУ}}. \end{cases}$$

Выражение для статистической обеспеченности ожидаемых урожаев различных уровней:

$$G(t)_{\text{ОУ}} = \begin{cases} \frac{1}{2} - \Phi(t_{\text{ОУ}}) & \text{при } t_{\text{ОУ}} < t_{\text{ПрУ}}, \\ \frac{1}{2} - \Phi\left(\frac{1}{\xi} t_{\text{ОУ}} - \frac{1-\xi}{\xi} t_{\text{ПрУ}}\right) & \text{при } t_{\text{ОУ}} > t_{\text{ПрУ}}, \end{cases}$$

где
$$t_{\text{ОУ}} = \frac{y_{\text{ОУ}} - \bar{y}_{\text{ДВУ}}}{\sigma_{\text{ДВУ}}}$$

Статистическая обеспеченность $G(t_{\text{ОУ}})$ представляет собой вероятность того, что ожидаемый урожай $y_{\text{ОУ}}$ будет не ниже выбранного уровня. Например, если принять ожидаемый урожай ОУ равным планируемому ($\text{ОУ} = \text{ПрУ}$) то следует, что вероятность получения урожаев не ниже планируемых может быть определена по формуле

$$G(t_{\text{ОУ}}) = \frac{1}{2} - \Phi(t_{\text{ПрУ}})$$

Изложенная выше методика устанавливает количественную взаимосвязь между уровнем планируемого урожая и статистическими характеристиками ожидаемого урожая. Однако вопрос о том, как, собственно, выбрать уровень планируемого урожая, остался пока открытым. Для его решения предлагается привлечь некоторые дополнительные соображения, позволяющие оценивать задание конкретного уровня планируемого урожая с хозяйственно-экономической точки зрения.

Обозначим через C_y стоимость единицы урожая возделываемой культуры, а через C_T и $C_T(Y_{\text{пру}})$ – технологические затраты, необходимые (следовательно и планируемые) для получения некоторого урожая $Y_{\text{пру}}$. Если в конкретном случае получен урожай Y , то чистый доход от его реализации может быть рассчитан как

$$u = C_y Y - C_T(Y_{\text{пру}})$$

Очевидно, что если величина Y была бы заранее известна, то каждый раз можно было бы выбрать такое $Y_{\text{пру}}$, которое обеспечивало бы получение максимум u . Однако, как уже отмечалось, вследствие изменчивости погодных условий при любом выборе $Y_{\text{пру}}$ величина Y от случая к случаю будет меняться и, следовательно, оптимальность $Y_{\text{пру}}$ следует понимать лишь в смысле получения наилучших средних статистических результатов. Исходя из этого, назовем климатологически оптимальной стратегией выбор такого уровня планируемого урожая, который обеспечивает достижение максимального среднего дохода \bar{u} . Последний определяется как

$$\bar{u} = C_y \bar{Y}_{\text{оу}} - C_T(Y_{\text{пру}}),$$

и оптимум $Y_{\text{пру}}$ отвечает выполнению равенства

$$\frac{\partial \bar{Y}_{\text{оу}}}{\partial Y_{\text{пру}}} = \frac{1}{C_y} \frac{\partial C_T(Y_{\text{пру}})}{\partial Y_{\text{пру}}}$$

Конкретизируем последнюю зависимость в предположении, что технологические затраты увеличиваются пропорционально выбранному уровню $Y_{\text{пру}}$, т.е.

$$C_T(Y_{\text{пру}}) = a + b Y_{\text{пру}}$$

где a и b – некоторые коэффициенты.

Тогда для случая нормального распределения ДВУ получим

$$\Phi(t_{\text{пру}}) = \frac{1}{2} - \frac{b}{C_y(1-\xi)},$$

где Φ – интеграл вероятности.

Проанализируем этот результат. Задача имеет решение когда

$$\frac{b}{C_y(1-\xi)} < 1,$$

причем для $\frac{b}{C_y(1-\xi)} < \frac{1}{2}$ оптимальное значение $t_{\text{пру}}$ оказывается положительным, а для $\frac{b}{C_y(1-\xi)} > \frac{1}{2}$ – отрицательным. В соответствии с этим оптимальной хозяйственной стратегией в первом случае является выбор уровня планируемого урожая, превосходящего $\bar{y}_{\text{дву}}$, а во втором – установление $y_{\text{пру}}$, меньшего $\bar{y}_{\text{дву}}$. Иначе говоря, при планировании агротехнических мероприятий на предстоящий сезон вегетации в первом случае целесообразно ориентироваться на условия более благоприятные, чем средние многолетние, а во втором случае, напротив, – на условия менее благоприятные, чем средние.

Для рассматриваемой линейной модели решение задачи отыскания оптимального уровня планируемого урожая может быть получено, исходя из других представлений. В частности, проанализируем к каким экономическим потерям Δu приводят отклонения фактического уровня ДВУ, соответствующего реально сложившимся погодным условиям, от заранее выбранного уровня $y_{\text{пру}}$.

Если фактический ДВУ оказывается ниже $y_{\text{пру}}$, то средства, которые затрачиваются на предполагаемое получение планируемого урожая, частично расходуются непроизводительно, поскольку урожаи выше ДВУ принципиально невозможны. Возникающие при этом потери составляют $\Delta u = b(y_{\text{пру}} - y_{\text{дву}})$. С другой стороны, если фактический ДВУ оказывается выше $y_{\text{пру}}$, то вследствие лимитирующего влияния агротехнологии, ориентированной на более низкую продуктивность, часть потенциально возможного урожая $\Delta u = (1-\xi)(y_{\text{дву}} - y_{\text{пру}})$ теряется и возникающие убытки определяются величиной $\Delta u = [C_y(1-\xi) - b](y_{\text{дву}} - y_{\text{пру}})$. Объединение двух записанных равенств дает

$$\Delta u = \begin{cases} b(y_{\text{пру}} - y_{\text{дву}}) & \text{при } y_{\text{дву}} \leq y_{\text{пру}} \\ [C_y(1-\xi) - b](y_{\text{дву}} - y_{\text{пру}}) & \text{при } y_{\text{дву}} > y_{\text{пру}} \end{cases}$$

Очевидно, что при любом $y_{\text{пру}} = \text{const}$ величина Δu от случая к случаю будет меняться, в связи с чем, естественно, возникает вопрос: какой должна быть величина $y_{\text{пру}}$, чтобы средние в статистическом смысле потери $\bar{\Delta u}$, обусловленные случайными колебаниями ДВУ, оказались минимальными.

Оптимальный уровень планируемого урожая, при котором средние потери $\bar{\Delta u}$ минимальны, находится из уравнения

$$\Phi(t_{\text{Пру}}) = \frac{1}{2} \frac{1-k}{1+k},$$

$$\text{где } k = \frac{b}{C_y(1-\xi) - b}.$$

Численные значения оптимального $t_{\text{Пру}}$, обозначаемого через t_0 приведены в таблице 8.71.

8.71. Оптимум $t_{\text{Пру}}$ при разных k

k	1/20	1/10	1/5	1/3	1/2	0	2	3	4	10	20
$t_{\text{Пру}}$	1,67	1,34	0,97	0,63	0,43	0	-0,43	-0,67	-0,97	-1,34	-1,67

Рассмотренная линейная модель, естественно не является универсальной. С ростом урожаев затраты на их получение возрастают не по линейному закону, а быстрее. Учитывая это, примем, например для $C_T(Y_{\text{Пру}})$ квадратичную аппроксимацию вида

$$C_T(y_{\text{Пру}}) = m + l y_{\text{Пру}}^2,$$

где m и l – постоянные коэффициенты.

После несложных преобразований получим

$$\Phi(t_{\text{Пру}}) = \frac{1}{2} - \frac{2l \sigma_{\text{ДВУ}}}{(1-\xi) C_y} \left(t_{\text{Пру}} + \frac{\bar{y}_{\text{ДВУ}}}{\sigma_{\text{ДВУ}}} \right).$$

Легко убедиться, что это уравнение всегда имеет единственное решение, причем когда $l \bar{y}_{\text{ДВУ}} / (1-\xi) C_y < \frac{1}{4}$, величина t_0 положительна, а при $l \bar{y}_{\text{ДВУ}} / (1-\xi) C_y > \frac{1}{4}$ – отрицательна. В соответствии с этим уровень планируемого урожая в первом случае целесообразно принять выше $\bar{y}_{\text{ДВУ}}$, а во втором – ниже его.

8.9.3.8. Региональная практика расчета планируемой урожайности

Рассмотренная методология планирования урожайности должна базироваться на результатах многолетних многофакторных экспериментов по изучению урожайности культур и сортов при различных уровнях интенсификации производства, полученных в конкретных почвенно-климатических условиях зональными научно-исследовательскими и опытными учреждениями (ВУЗы, НИИ, сельскохозяйственные опытные станции, проектно-исследовательские центры и станции Агрохимслужбы, Госсортоучастки).

В средней полосе и на юге РФ урожайность лимитируется дефицитом влаги, а в более северных районах – тепла.

Если в первом минимуме оказывается тепло, то действительно возможную урожайность определяют по величине биоклиматического потенциала (БКП) и биогидротермического показателя, которые учитывают взаимосвязь тепла и влаги через коэффициент увлажнения и радиационный баланс посевов по формуле А.М. Рябчикова:

$$Y_{\text{дв}} = (22 \times \text{ГТП} - 10) \times K_m,$$

где ГТП – гидротермический показатель, балл; K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая (доля основной продукции в биомассе при стандартной влажности).

ГТП определяют по формуле:

$$\text{ГТП} = 0,46 \times 0,2453 \times T \times W : R,$$

где T – период вегетации культуры, декады; W – запасы продуктивной влаги за период вегетации культуры, мм; R – радиационный баланс за период вегетации культуры, составляет примерно 52% интегральной радиации кДж/см².

При дефиците влаги, например в Центрально-Черноземном регионе, $Y_{\text{дв}}$ определяют по формуле:

$$Y_{\text{дв}} = 100 \times W \times K_m : K_w,$$

где W – количество продуктивной влаги, мм; K_w – коэффициент водопотребления; K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая при стандартной влажности.

Ввиду неравномерного выпадения осадков по территории, расчет $Y_{\text{дв}}$ по влагообеспеченности посевов проводят дифференцировано для каждого хозяйства и поля с учетом улучшения накопления влаги и экономного расходования ее. Например, надо иметь в виду, что в нижней трети склона содержание влаги в почве на 15-30 % больше, чем на возвышенных участках и т.п..

Количество продуктивной влаги, используемой растениями на формирование урожая (W), определяют по формуле:

$$W = W_0 + P \times \alpha + W_r - W_y,$$

где W_0 – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент посева однолетних и возобновления вегетации многолетних культур, мм; P – количество осадков, выпадающих за период вегетации культуры, мм; α – коэффициент полезного использования осадков; W_r – количество влаги, поступающей из грунтовых вод; W_y – запасы влаги на момент уборки урожая, мм.

Для расчетов используют справочные и фактические материалы с ближайшей метеостанции. Запасы продуктивной влаги зависят от типа почвы, ее гранулометрического состава и содержания органического вещества в ней, рельефа местности и уровня залегания грунтовых вод. Известно, что осадки не полностью используются растениями. Часть влаги теряется за счет стока талых и ливневых вод с полей, имеющих значительный уклон, особенно, если они не заняты растениями. Коэффициент полезного использования осадков (α) зависит от культуры, зоны выращивания, уклона, особенностей почвы и др. и колеблется от 0,4 до 0,9. Для озимых культур этот показатель равен 0,7–0,9, яровых зерновых – 0,8–0,9 и для пропашных – 0,7–0,8. На тяжелых по механическому составу почвах и на склонах α снижается.

Использование растениями грунтовых вод возможно, если они располагаются на глубине до 1,5-3 м. При этом условии на средних и тяжелых почвах, растения могут использовать из них до 20-40 % общего количества потребляемой влаги. Эффективнее используют грунтовые воды культуры с глубокой корневой системой (многолетние травы, сорго, кукуруза, суданская трава, подсолнечник и др.). Степень использования грунтовых вод зависит от глубины их залегания, гранулометрического состава почвы и глубины проникновения корней. На суглинистых почвах пшеница, ячмень, овес используют грунтовые воды при глубине до 2 м, кукуруза – до 2,5 м, люцерна – до 4 м. С глубины 1 м они используют соответственно 2900; 4700; 5900 м³/га, с глубины 2 м – 200; 1000; 2600, с глубины 2,5 м – 0; 500; 1000 и с глубины 3 м – 0; 0; 160 м³/га.

Растения используют не всю влагу, часть ее остается в почве после созревания и уборки. Ее необходимо исключить из запаса продуктивной влаги.

Коэффициент водопотребления (K_w) – количество влаги, израсходованное на транспирацию и непродуктивное испарение из почвы при создании единицы биомассы урожая. K_w изменяется в зависимости от культуры, сорта, плодородия почвы, погодных условий и агротехнологий. Чем выше плодородие и технологии, тем меньше K_w . В засуху увеличивается непроизводительный расход влаги на испарение. Правильное применение удобрений и оптимальная густота стеблестоя способствуют экономному расходу влаги, снижают K_w . Подставив значение W в формулу расчета $U_{дв}$ получаем более полное ее выражение:

$$U_{дв} = 100 \times (W_0 + P \times \alpha + W_r - W_y) \times K_m : K_w$$

Погодные условия конкретных лет не всегда совпадают со среднемноголетними. Даже при их совпадении в отдельные отрезки вегетационного периода эти условия могут сильно отличаться, что влечет за собой ежегодные колебания урожайности при одном и том же уровне плодородия и агротехнологий. Чтобы правильно строить хозяйственную деятельность, земледельцу необходимо знать возможные колебания урожайности по годам и критический период развития растений, в который они наиболее чувствительны к недостатку влаги. Для зерновых культур (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес) критическим по отношению к влаге является период от выхода в трубку до колошения, кукурузы – цветение-молочная спелость, сорго и просо – выметывание метелки, бобовых – цветение-начало плодообразования, гречихи и крестоцветных – цветение, подсолнечника – образование корзинок-цветение, картофеля – цветение-формирование клубней. Уменьшить риск отрицательного влияния неблагоприятных погодных условий можно выбором срока, способа и густоты посева, удобрений и т.д.

Для яровой пшеницы в Западной Сибири расчет $U_{дв}$ проводят по формуле:

$$U_{дв} = (З + П) / K, \text{ где:}$$

$U_{дв}$ – планируемая урожайность, ц/га;

$З$ – запас продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом, мм;

П – сумма осадков за июнь и июль по среднегодовым данным, мм;
К – коэффициент потребления влаги пшеницей на 1 ц зерна, мм.

8.72. Нормативные параметры для расчета планируемой урожайности по влагообеспеченности для разных зон Новосибирской области

Зона	Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы при наименьшей влагоёмкости, мм	Среднегодовое количество осадков за июнь -июль, мм	Всего ресурсов влаги, мм	Коэффициент водопотребления при различных уровнях интенсификации технологий, мм/ц		Планируемая урожайность по влагообеспеченности при различном уровне обеспеченности средствами интенсификации, ц/га	
				Нормальная технология	Интенсивная технология	Нормальная технология	Интенсивная технология
Степь	100-170	90	190-260	11,0	9,5	17-23	20-27
Южная лесостепь	130-190	100	130-190	10,0	8,0	23-29	29-36
Северная лесостепь Барабы	140-220	105	245-325	9,0	7,5	27-36	33-43
Северная лесостепь Приобья	170-220	110	280-330	8,5	7,0	33-39	40-47

8.9.4. Разработка структурных моделей посевов сельскохозяйственных культур с учетом предшественников и планируемой урожайности при различных уровнях интенсификации агротехнологий

Для поэтапного (по элементам продуктивности) формирования запланированного уровня урожайности той или иной культуры сначала нужно составить модель ее посева (соотношение элементов продуктивности), реализация которой (с неизбежной корректировкой в процессе вегетации) обеспечит достижение плановой урожайности.

Полностью реализовать запрограммированную модель посева (урожая), разумеется, вряд ли возможно, поскольку каждый из элементов урожайности очень сильно варьирует в зависимости от постоянно меняющихся условий жизни растений. Тем не менее такие модели имеют важное значение для определения оптимальных норм высева семян (коэффициента высева), а также для управления формированием каждого последующего элемента урожайности, исходя из уровня развития предыдущих элементов.

Урожайность – произведение двух сомножителей – числа растений (или колосьев) на единице площади и средней продуктивности одного растения (или колоса). Причем величины этих основных элементов урожайности, в свою очередь, представляют собой произведение других сомножителей, величины которых очень сильно колеблются в зависимости от условий и, как

правило, находятся друг с другом во взаимокompенсационной зависимости. Например, с увеличением числа растений на площади уменьшается их кустистость и выживаемость, снижается средняя продуктивность растений и т. п. Эта связь выражена формулой М.Т. Савицкого:

$$Y = P \times 3 \times A : 10000 ,$$

где Y – урожайность зерновой культуры, ц/га; P – число продуктивных колосьев (метелок) к уборке, шт./м²; 3 – число зерен в колосе (метелке); A – масса 1000 зерен при стандартной влажности, г.

Число продуктивных колосьев (метелок) к уборке (P) пропорционально числу высеванных на той же площади зерен (M – в млн. шт./га), хозгодности семян (X , %), полевой всхожести семян (Π , %), выживаемости растений к уборке (B , %) и продуктивной кустистости (K):

$$P = M \times X \times \Pi \times B : 10000$$

Подставив значение P в предыдущую формулу, получим:

$$Y = M \times X \times \Pi \times B \times K \times 3 \times A : 10^8 ,$$

Для зернобобовых и капустных культур:

$$Y = M \times X \times \Pi \times B \times C \times A : 10^8 ,$$

где B – среднее число бобов (стручков) на растении; C – число семян в 1 бобе (стручке). Остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

На основании этой формулы, зная уровень запланированной урожайности, можно определить значение любого из сомножителей. Эта формула позволяет рассчитать структурную модель посева, используя при этом реальные (варьирующие в допустимых пределах) элементы урожайности. Число зерен или семян на растении зависит от продуктивной кустистости растения (K) и числа зерен в 1 соцветии (\mathcal{C}):

$$3 = K \times \mathcal{C} \text{ – у зерновых культур;}$$

$$3 = B \times C \text{ – у зернобобовых и капустных культур.}$$

Для клубнеплодных культур:

$$Y = P \times K_{\text{л}} \times M : 10^6 ,$$

где P – число растений (кустов) к уборке, шт./м²; $K_{\text{л}}$ – число клубней на 1 растении (кусте), штук; M – средняя масса 1 клубня, г.

Для корнеплодных, бахчевых, кормовых культур:

$$Y = P \times M : 10 ,$$

где P – число растений к уборке, шт./м²; M – средняя масса одного корнеплода (растения), г.

Абсолютно точно предвидеть ход формирования каждого элемента урожайности по мере вегетации посева нельзя. Но, ведя учет элементов урожайности в процессе роста (органогенеза) растений и сверяя с запрограммированной моделью, можно в определенной мере регулировать процесс органогенеза (формирование элементов урожайности). Аналогичные модели следует составлять для всех культур (таблицы 8.73.-8.77).

8.73. Примерные структурные модели посевов озимой пшеницы в ЦЧО по разным предшественникам

Показатели	Предшественники		
	черный пар	занятый пар	кукуруза на силос
Запрограммированная урожайность, ц/га	60	50	40
Число продуктивных стеблей к уборке, шт./м ²	600	550	450
Число растений, сохранившихся к уборке, шт./м ²	315	305	260
Продуктивная кустистость	1,9	1,8	1,7
Число перезимовавших растений, шт./м ²	370	368	350
Отмирание растений в летний период, %	15	17	26
Зимняя гибель растений, %	7,5	12	17
Число растений в предзимний период, шт./м ²	400	418	420
Полевая всхожесть семян, %	85	76	70
Масса зерен в колосе, г	1,00	0,91	0,89
Число зерен в колосе, шт.	25	23	22
Масса 1000 зерен, г	40,0	39,6	40,0
Число развитых колосков в колосе, шт.	15	15	14
Норма высева семян, млн. шт./га	4,7	5,5	6,0

8.74. Примерные модели структуры посевов озимой ржи и тритикале

Показатели	Пар занятый		Беспарье	
	Рожь	Тритикале	Рожь	Тритикале
Плановая урожайность, ц/га	40	50	30	35
Число растений к уборке, шт./м ²	300	292	330	256
Число продуктивных стеблей к уборке, шт./м ²	445	385	430	320
Продуктивная кустистость, шт./м ²	1,5	1,3	1,3	1,25
Число растений после зимовки, шт./м ²	353	344	388	305
Общая выживаемость растений, %	60	65	57,9	51,2
Отмирание растений весной и летом, %	15	15	15	16
Зимняя гибель растений, %	10	10	10	10
Число растений в перед зимой, шт./м ²	392	382	430	340
Полевая всхожесть семян, %	78,4	85	75,4	68,0
Масса зерен в 1 колосе, г	0,90	1,30	0,70	1,1
Число зерен в 1 колосе, штук	33,3	32,0	26	27
Масса зерен на 1 растение, г	1,35	1,69	0,91	1,4
Масса 1000 зерен, г	27,0	40,6	27	40,7
Число колосков в колосе, штук	18,0	20,0	13,0	13,5
Норма высева семян, млн. шт./га	5,0	4,5	5,7	5,0
штук на 1 м рядка	75,0	67,5	85,5	75,0

8.75. Примерные модели структуры посевов свеклы (междурядья - 45 см)

Показатели	Свекла		
	сахарная	полусахарная	кормовая
Плановая урожайность: корнеплодов, ц/га ботвы, ц/га	360 135	450 180	600 200
Средняя масса корнеплода, г	400	500	810
Масса ботвы с 1 растения, г	150	200	270
Число растений к уборке, тыс./га штук на 1 м ряда	90-100 4-4,5	80-90 3,5-4	74 3,3
Полевая всхожесть, %	65-75	60	50
Выживаемость растений, %	70-75	70	66
Число семян, высеянных на 1 м ряда, штук	7-8	8,5-9,5	10

Оптимальные величины и диапазон варьирования элементов урожайности высокопродуктивных посевов различных культур лучше всего брать из научных отчетов ближайших к хозяйству научных учреждений. Для ЦЧО примерные модели посевов озимой пшеницы, посеянной по разным предшественникам, показана в таблице 8.73.

8.76. Примерные структурные модели посадок клубнеплодов (междурядья –70 см)

Показатели	Картофель	Топинамбур
Плановая урожайность, ц/га: клубней надземной массы	300 150	150 300
Средняя масса 1 клубня, г	112	80
Число клубней в кусте, шт.	6	4,4
Масса клубней с 1 куста, г	672	352
Надземная масса 1 куста, г	335	700
Число растений к уборке, тыс. шт./га шт. на 1 м ряда	45 3,5	43 3,0
Общая выживаемость растений, %	90	90
Норма высадки клубней, тыс. шт./га	50	48

8.77. Примерные структурные модели посевов основных масличных культур

Показатели	Подсолнечник	Рапс яровой	Горчица белая
Плановая урожайность, ц/га	25	20	15
Число растений к уборке, шт./м ²	4	150	150
Масса семян с 1 растения, г	62,5	1,33	1,00
Число семян с 1 растения, штук	893	381	167
Масса 1000 семян, г	70	3,5	6,0
Полевая всхожесть семян, %	89	75	75
Выживаемость растений к уборке, %	90	80	80
Общая выживаемость, %	80	60	60
Норма высева семян, млн. шт./га штук на 1 м ряда	0,05 3,5	2,5 37,5	2,5 37,5

Примечание: ширина междурядий в посевах подсолнечника – 70 см, в посевах горчицы и рапса – 15 см.

8.78. Примерные структурные модели посевов яровых зерновых и крупяных культур в ЦЧО

Показатели	Пшеница		Ячмень		Овес	Про-со	Гре-чиха	Куку-руза
	твердая	мягкая	пивоварен-ный	кормовой				
Плановая урожайность, ц/га	35,0	35,0	40,0	40,0	45,0	30,0	15,0	60,0
Масса семян в соцветии, г	0,75	0,70	0,81	0,75	0,90	0,83	0,50	100
Число зерен в соцветии, шт.	18,8	19,4	20,0	19,0	27,0	119	19,0	500
Масса 1000 зерен, г	40,0	36,0	40,5	39,5	33,0	7,0	26,3	200
Число растений к уборке, шт./м ²	392	350	450	360	333	300	300	6
Продуктивная кустистость	1,2	1,43	1,1	1,45	1,5	1,2	-	1,0
Число соцветий к уборке, шт./м ²	470	500	495	535	500	360	-	6,0
Общая выживаемость растений, %	65	70	75	80	80	75	75	75
Норма высева семян	6,0	5,0	6,0	4,5	4,2	4,0	4,0	0,08

8.79. Примерные структурные модели посевов для получения запланированной урожайности зернобобовых культур в ЦЧО

Показатели	Горох	Чина	Чечевица	Фасоль	Соя	Бобы	Нут
Плановая урожайность, ц/га							
Масса семян с 1 растения, г	3,6	3,5	1,3	8,0	5,8	7,5	4,5
Число семян на 1 растении, шт.	18	15	25	36	34	18	18
Масса 1000 семян, г	200	233	65	222	168	417	250
Число бобов на 1 растении, шт.	4	6	23	9	16	6	18
Число семян в бобе, шт.	4,5	2,5	1,1	4,0	2,1	3,0	1,0
Число растений к уборке, шт./м ²	111	100	190	30	47	40	67
Полевая всхожесть семян, %	85	85	85	85	85	85	93
Выживаемость растений к уборке, %	94	98	89	88	92	94	90
Общая выживаемость растений, %	80	83	76	75	78	80	84
Норма высева семян, млн. шт./га	1,4	1,2	2,5	0,4	0,6	0,5	0,8

8.80. Примерные структуры моделей посевов основных силосных культур в ЦЧО

Показатели	Междурядья 70 см							Междурядья 15 см	
	Куку- руза	Кукуруза + соя		Сорго сахар- ное	Подсол- нечник	Посолнечник + бобы		Подсолнечник + го- рох	
		куку- руза	Соя			Подсол- нечник	Бобы	подсол- нечник	горох
Плановая урожайность, ц/га	300	290	80	300	500	460	100	450	150
Зеленая масса 1 растения, г	423	420	89	300	481	480	105	433	21
Число растений к уборке, тыс./га	71	69	91	100	104	96	95	104	720
штук на 1 м рядка	5,0	7,2	19	7,0	7,3	10	20	1,6	10,8
Полевая всхожесть, %	93	92	85	75	90	90	90	90	90
Выживаемость растений, %	89	87	82	80	89	89	89	89	89
Общая выживаемость, %	83	80	70	60	80	80	80	80	80
Норма высева семян, тыс./га	90	90	130	170	130	120	119	130	900
шт. на 1 м рядка	6	9	27	12	9	13	25	2	13,5

8.9.5. Расчет потребности в элементах питания на планируемую урожайность

Получение запланированной урожайности обычно сопряжено с внесением удобрений. При этом необходимо: удовлетворить потребности растений в питании при сохранении плодородия почвы; улучшить качество продукции; не допустить непроизводительных затрат удобрений и обеспечить охрану окружающей среды. Существуют много способов расчета доз удобрений под планируемую урожайность. Их можно объединить в 3 группы: нормативные, балансовые, статистические.

Нормативный метод расчета доз удобрений основан на использовании затрат удобрений на производство 1 т урожая основной продукции с учетом побочной. Дозы фосфорных и калийных удобрений определяют по формуле:

$$D = Y_n \times H \times K,$$

где D – доза удобрений (азотных, фосфорных, калийных), кг/га д. в.;

Y_n – планируемая урожайность, т/га;

H – нормативы затрат удобрений (азотных, фосфорных и калийных) на 1 т основной продукции с учетом побочной, кг/т;

K – поправочный коэффициент к дозам удобрений на агрохимические свойства почвы.

Нормативы затрат удобрений определены по каждой зоне на основе данных полевых опытов. Дозы удобрений корректируют с учетом содержания элементов питания в почве: азотных и фосфорных – по содержанию фосфора, калийных – по калию. При среднем содержании фосфора и калия в почве поправочный коэффициент к дозам азотных и фосфорных удобрений равен 1,0, а к калийным – 1,3. При малом содержании элементов питания в почве дозы удобрений увеличивают, а при большом – уменьшают.

Метод элементарного баланса базируется на расчете доз удобрений с учетом выноса элементов питания запланированным урожаем, эффективного плодородия почвы, коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений. Расчет ведут по формуле:

$$D = (Y_n \times B - P \times K_n) : K_y,$$

где D – доза питательных веществ (NPK) на запланированный урожай, кг/га д.в.; Y_n – планируемая урожайность, ц/га; B – вынос питательных веществ (NPK) на 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг; P – запасы питательных веществ в почве, кг/га; K_n , K_y – коэффициенты использования питательных веществ соответственно из почвы и удобрений.

При совместном внесении минеральных и органических удобрений формула имеет вид: $D = (Y_n \times B - P \times K_n - D_n \times C_n \times K_h) : K_y$,

где D , Y_n , B , P , K_n имеют те же значения, что и в предыдущей формуле; D_n – доза органических удобрений, т/га; C_n – содержание питательного вещества в органических удобрениях; K_h – коэффициент использования питательного вещества из навоза.

Дозу азотных удобрений в Центральном Черноземье лучше рассчитывать по формуле:

$$D = (Y_n \times B_N - (P_N + 0,2 P_N) \times K_n) : K_y,$$

где B_N – вынос азота на 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг; P_N – запасы минерального азота в метровом (корнеобитаемом) почве, кг/га.

Вынос питательных веществ растениями зависит от культуры, типа почвы, предшественника, метеусловий, доз удобрений и величины урожая. Вынос фосфора и калия на единицу продукции является менее изменчивым, чем вынос азота. При расчете доз удобрений необходимо пользоваться показателями выноса NPK и коэффициентами усвоения питательных веществ из почвы и удобрений, полученных и рассчитанных в конкретных условиях. Коэффициенты использования NPK из почвы и удобрений различны для разных культур. Коэффициенты возрастают в увлажненные и уменьшаются в засушливые годы.

Запасы питательных веществ в почве определяют исходя из содержания NPK в почве, плотности почвы и глубины расположения основной массы корней. При внесении удобрений под предшественник, некоторая часть урожая формируется за счет неиспользованных в первый год удобрений. Ее надо исключить из общей потребности растений в питательных веществах.

Бобовые культуры в результате симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксируют атмосферный азот и удовлетворяют свои потребности в нем на 40-80 % (горох – 40-50, соя – 60-75, люпин – 70-80, фасоль – 40-45, вика – 40-50, многолетние бобовые – 70-95 %), что необходимо учитывать при расчете доз азота. Следует также учитывать поступление азота с атмосферными осадками (5-8 кг/га), фиксации свободноживущими организмами (3-5 кг/га) и за счет минерализации гумуса (20-25 кг/га). Потери за счет вымывания за год на эродированных почвах составляют: азота – 15-20 кг/га, фосфора – 3-5 и калия – 5-15 кг/га. Газообразные потери азота из минеральных удобрений достигают до 20 %, из органических удобрений – 10 и из почвы – 10 %.

Статистические (эмпирические) методы определения норм удобрений под планируемый урожай основываются на многолетних экспериментальных данных. На основе обобщения результатов полевых опытов устанавливают средние нормы удобрений полевых культур на основных типах почв зоны. В зависимости от содержания питательных веществ в почве рекомендованные дозы удобрений корректируют по формуле:

$$H_o = H_p \times K,$$

где H_o – оптимальная доза, кг/га д.в.; H_p – рекомендованная доза, кг/га д.в.; K – поправочный коэффициент к рекомендованной дозе.

Поправочный коэффициент (K) зависит от содержания доступных питательных веществ в почве. В зависимости от класса обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия, он колеблется по азоту от 0,7 до 1,2, по фосфору – от 0,2 до 1,5 и по калию – от 0,5 до 1,7.

Дозы фосфора и калия для увеличения содержания их в почве рассчитывают по формуле:

$$D_n = 0,1 \times (C_1 - C_2) \times H,$$

где C_1 – планируемое содержание фосфора и калия в почве, мг/кг; C_2 – фактическое содержание фосфора и калия в почве, мг/кг; H – норма питательных веществ, необходимых для увеличения их содержания на 10 мг/кг почвы.

Дозу удобрений на прибавку урожая определяют исходя из выноса питательных веществ прибавкой урожая и коэффициентов усвоения питательных веществ из удобрений по формуле:

$$D_{\text{пр}} = Y_{\text{пр}} \times B : K_y,$$

где $D_{\text{пр}}$ – доза удобрений на прибавку урожая, кг/га д.в.; $Y_{\text{пр}}$ – прибавка урожайности, ц/га; K_y – коэффициент усвоения элементов питания из удобрений; B – вынос питательных веществ на 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг.

Подробнее приведем **наиболее простой и перспективный, балансовый метод расчета доз удобрений на планируемую урожайность**, основанный на применении дифференцированных по плодородию почв балансовых коэффициентов использования удобрений. Расчеты осуществляются по следующей формуле:

$$D = \frac{B_y - O \cdot K_1}{K_2}$$

где D – доза N, P_2O_5 или K_2O , кг/га; B_y – хозяйственный вынос соответствующего элемента с планируемым урожаем, кг/га д.в.; O – количество соответствующего элемента в органическом удобрении, кг/га д.в.; K_1 – балансовый коэффициент использования соответствующего элемента органического удобрения культурой и (или) ее предшественником, дифференцированный в зависимости от класса (группы) почвы и года действия, в долях единицы (см. таблица 8.82.); K_2 – балансовый коэффициент использования соответствующих минеральных удобрений, дифференцированный по классу (группе) почвы в сумме за ротацию, так как при распределении его действия по годам в сумме за ротацию получают практически те же результаты в долях от единицы (таблица 8.81).

Использование этого метода позволяет сбалансированно и полностью обеспечить культуры необходимым количеством питательных элементов для получения запланированных уровней урожайности и одновременно оптимизировать по отношению к возделываемым культурам обеспеченность почвы подвижными формами питательных элементов без дополнительных расчетов ожидаемого баланса питательных элементов.

Все другие балансово-расчетные методы и модификации определения оптимальных доз удобрений для получения планируемых уровней урожаев культур в любых почвенно-климатических условиях также могут быть использованы, но с обязательной последующей проверкой системы удобрения по ожидаемому балансу питательных элементов, так как без такой проверки не известно, что может произойти с обеспеченностью почв питательными элементами и, следовательно, с экологической ситуацией в целом на этой территории.

Применение балансовых коэффициентов позволяет определять оптимальные дозы и соотношения удобрений под отдельными культурами в севооборотах и любых чередованиях их с одновременным контролем и управлением изменений обеспеченности почв питательными элементами в желаемом направлении. Исчезает необходимость дополнительных расчетов балансов элементов (в полях, сево-

оборотах, хозяйстве и т.д.), т.к. желаемый баланс закладывается в балансовых коэффициентах.

8.81. Балансовые коэффициенты использования элементов минеральных удобрений на разных по плодородию почвах

Плодородие (класс) почвы	Использование элементов (%) по годам							
	1-й	2-4-й	всего	1-й	2-й	3-й	4-й	всего
	N*			$\frac{P_2O_5^{**}}{K_2O}$				
1	70-75	5-10	75-85	$\frac{30-40}{60-70}$	$\frac{30-25}{10-15}$	$\frac{5-10}{10-5}$	--	$\frac{65-75}{80-90}$
2	70-75	5-10	75-85	$\frac{35-45}{65-75}$	$\frac{30-25}{10-15}$	$\frac{5-10}{10-5}$	--	$\frac{70-80}{85-95}$
3	75-80	5-10	80-90	$\frac{35-45}{70-75}$	$\frac{30-25}{10-20}$	$\frac{10-15}{10-5}$	--	$\frac{75-85}{90-100}$
4	75-80	10-15	85-95	$\frac{40-50}{70-75}$	$\frac{30-25}{25-15}$	$\frac{10-15}{5-10}$	$\frac{5}{0-10}$	$\frac{85-95}{100-110}$
5	85-90	10-15	95-105	$\frac{45-55}{75-80}$	$\frac{35-25}{30-20}$	$\frac{10-15}{10-15}$	$\frac{5-10}{5-10}$	$\frac{95-105}{120-130}$
6	90-95	10-15	100-110	$\frac{50-60}{80-85}$	$\frac{40-30}{35-25}$	$\frac{20-15}{15-20}$	$\frac{10-5}{10-15}$	$\frac{110-120}{140-150}$

8.82. Балансовые коэффициенты использования элементов органических удобрений на разных по плодородию почвах

Плодородие (класс) почвы	Использование элементов (%) по годам				
	1-й	2-й	3-й	4-й	всего
Азот (N)					
1	30-40	25-15	5-15	—	60-70
2	30-40	30-20	10-20	—	70-80
3	35-45	30-20	10-20	5	80-90
4	35-45	30-20	10-20	5-10	90-100
5	35-45	40-30	15-25	10-15	100-115
6	35-45	40-30	20-30	15-20	110-125
Фосфора P_2O_5 , Калия K_2O					
1	$\frac{35-45}{60-70}$	$\frac{30-25}{10-16}$	$\frac{5-10}{10-5}$	--	$\frac{70-80}{80-90}$
2	$\frac{35-45}{65-75}$	$\frac{35-25}{10-15}$	$\frac{5-15}{10-5}$	--	$\frac{75-85}{85-95}$
3	$\frac{40-50}{70-75}$	$\frac{35-25}{10-20}$	$\frac{5-15}{10-5}$	--	$\frac{80-90}{90-110}$
4	$\frac{40-50}{70-75}$	$\frac{35-25}{25-15}$	$\frac{10-15}{10-15}$	$\frac{5-10}{5-10}$	$\frac{90-100}{105-115}$
5	$\frac{45-55}{75-80}$	$\frac{35-25}{30-20}$	$\frac{10-15}{10-15}$	$\frac{10-15}{5-15}$	$\frac{100-110}{120-130}$
6	$\frac{50-60}{80-85}$	$\frac{40-30}{35-25}$	$\frac{15-20}{15-20}$	$\frac{10-15}{10-20}$	$\frac{115-125}{140-150}$

Обобщение многолетних исследований, проводимых с 1965 года на кафедре агрохимии МСХА, данных многолетних опытов других научных учреждений и достижений производства позволяет рекомендовать дифференцированные в зависимости от окультуренности почв балансовые коэффициенты использования минеральных (таблица 8.81.) и органических (таблица 8.82.) удобрений для Нечерноземной зоны.

Для органических удобрений (таблица 8.82.) коэффициенты следует подбирать обязательно с учетом года действия их, так как ежегодно эти удобрения применяют далеко не под все культуры севооборота

В нормативных методах более детально дозу азота в расчете на планируемую урожайность можно вычислить по формуле:

$$N_y = \frac{Y \cdot H}{K_N - (N_n + N_T)}$$

где N_y – доза азота, кг/га

Y – планируемая урожайность, ц/га

H – норматив расхода азота на 1 ц зерна с учетом содержания его в побочной продукции и корнях, кг;

N_n – содержание минерального азота в слое почвы 0-100 см до посева, кг/га;

N_T – поступление азота в период вегетации растений, кг/га;

K_N – разностный коэффициент использования растениями минерального азота.

Нормативы H и N_T устанавливаются на основе экспериментальных исследований зональных НИИ. В таблицах 8.83. и 8.84. они показаны для яровой пшеницы на примере Новосибирской области.

8.83. Нормативы расхода (H) и использования (K_N) азота растениями

Зона	Урожайность, ц/га	Норматив	
		H	K_N
Северная лесостепь	30	4,0	0,7
Южная лесостепь	20-30	4,3	0,6
Степь	20	4,5	0,5

8.84. Средние оценки текущей минерализации азота в зависимости от предшественников в слое 0-100 см, кг/га

Предшественник	Черноземы выщелоченные, южные тяжело- и среднесуглинистые	Черноземы южные легко-суглинистые	Черноземы обыкновенные, лугово-черноземные почвы
Пар	80	70	100
1-я пшеница по пару	50	40	70
2-я пшеница по пару	40	30	60
Кукуруза	60	50	75
Зернобобовые	80	60	100
Зерновые по зерновым	20	20	40

Дозу фосфорных удобрений рассчитывают по формуле:

$$Д = У \cdot Н_p$$

где Д – доза P_2O_5 в расчете на планируемую урожайность, ц/га;

У – урожайность, ц/га;

H_p – норматив расхода P_2O_5 на 1 ц.

Нормативы H_p устанавливаются экспериментально. В таблице 8.85. они показаны для яровой пшеницы на примере Новосибирской области (84).

8.85. Норматив расхода P_2O_5 кг на 1 ц зерна при интенсивном возделывании яровой пшеницы

Содержание P_2O_5 на картограммах мг/ 100 г почвы			
<10	10-15	15-20	20
Лесостепь низменности			
3,0	2,7	2,3	1,3
Северная лесостепь Присалаирья			
3,2	2,7	2,4	1,5
Северная лесостепь Приобья			
2,6	2,4	2,0	1,4
Южная лесостепь			
2,4	2,2	1,7	1,2
Степь			
2,3	2,1	1,9	1,3

8.9.6. Внесение удобрений

Удобрения следует вносить так, чтобы они были доступны для растений в течение вегетационного периода, находились в зоне развития корневой системы, способствовали ее росту и минимально фиксировались почвой. Очень важно приблизить сроки внесения удобрений к периоду интенсивного потребления элементов питания растениями с учетом их биологии и сорта, а также вносить общую дозу удобрения в несколько приемов. Различают основное (допосевное), припосевное (рядковое, гнездовое) и послепосевное (подкормка) внесение удобрений.

Основное удобрение предназначено обеспечивать растения элементами питания на весь период его развития. Его вносят вразброс или локально. Разбросной способ должен обеспечивать равномерное распределение удобрений по площади поля, а при локальном – удобрения размещают очагами в зоне развития корневой системы с целью повышения коэффициента использования питательных веществ. Более прогрессивным и экономным способом внесения удобрений является локальный. Оптимальный интервал между лентами при локальном внесении удобрений для зерновых составляет 12-17см, для пропашных – 20-30 см при глубине размещения лент 12-15см.

В основное удобрение вносят навоз, известковые материалы, фосфорные и калийные удобрения, а также часть азотных в аммиачной форме. Под озимые культуры в основное удобрение вносят не более 50 % общей дозы азота. Избыточное азотное питание с осени приводит к уменьшению сахаров в растениях и снижению их зимостойкости.

Припосевное (рядковое) удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой полевых культур непосредственно в рядки или заделывают лентами на некотором удалении от них. Припосевное удобрение позволяет растениям за короткий срок сформировать хорошо развитую корневую систему. Значение припосевного ленточного удобрения возрастает с появлением отечественных и зарубежных комбинированных сеялок, которые позволяют размещать туки ниже и сбоку от рядков семян. Удобрения с семенами не контактируют, они разделены прослойкой почвы.

Всходы растений больше нуждаются в фосфоре, чем в азоте и калии, поэтому в составе рядкового удобрения преобладает фосфор. Удобрения, используемые при посеве, должны хорошо растворяться и легко усваиваться молодыми растениями. Дозы припосевного фосфорного удобрения составляют (кг/га д.в.): под зерновые и зернобобовые – 10-15, сахарную и кормовую свеклу – 15-20, кукурузу и подсолнечник – 7-10, картофель – 20-25. Под зерновые культуры вносят гранулированный суперфосфат или аммофос, под сахарную свеклу и картофель – полное минеральное удобрение (нитрофоска, аммофоска, нитроаммофоска, великан, диаммофоска, калийфос, весна и др.).

Послепосевное удобрение (подкормки) применяют для направленного формирования элементов продуктивности и повышения качества продукции. На посевах яровых злаков подкормки азотом проводят в фазы кущения и колошения, а озимых – 1-я – по тало-мерзлой почве, 2-я – в начале трубкования и 3-я – в начале колошения и цветения (некорневая). На посевах пропашных культур подкормку совмещают с культивациями междурядий.

Фосфорно-калийные подкормки малоэффективны и ими нельзя заменить основное удобрение, они целесообразны только на бедных почвах при отсутствии или недостаточном внесении основного удобрения, когда симптомы голодания растений обнаруживаются по внешним признакам.

Удобрение впрок – внесение повышенных доз фосфора и калия за один прием в расчете на 2-4 года. Впрок вносят удобрения под многолетние травы, сенокосы и пастбища. Целесообразность запасного внесения фосфора и калия под многолетние травы увеличивается в связи с тем, что поверхностное внесение фосфорных и калийных удобрений в сухие годы неэффективно.

Срок и глубина внесения удобрений имеют большое значение. Вымывание нитратов в основном происходит в ранневесенний и позднеосенний периоды, когда на поле нет растений. Потери азота из внесенных осенью нитратных удобрений достигают 10-40 % и более. Чем короче срок внесения азотных удобрений до появления всходов растений, тем меньше потери азота. В результате процесса иммобилизации около 10-12 % азота нитратных и 30-40 % аммонийных и амидных удобрений закрепляется в почве в органической форме. Интенсивность иммобилизации возрастает при внесении в почву органического вещества бедного азотом, но богатого клетчаткой (стерня и солома злаков, соломистый навоз и др.).

При мелкой заделке аммонийных и амидных удобрений возможны потери аммиака, которые возрастают с увеличением pH почвы и норм удобрений. На легких почвах потери аммиака исключаются при заделке аммиачной воды на глубину

12-15 см и безводного аммиака на 16-20 см, на суглинистых почвах – соответственно на 10-12 и 15-16 см. На суглинистых и глинистых почвах аммиачную воду и безводный аммиак можно вносить осенью в качестве основного удобрения, а на супесчаных и песчаных почвах – только весной перед посевом. При необходимости внесения больших доз азота важно сочетать минеральные и органические удобрения, что позволяет значительно уменьшить дозу минерального удобрения, способствует лучшему и более эффективному его использованию. Эффективность азотных удобрений можно повысить, применяя медленнодействующие и капсулированные удобрения с контролируемой скоростью высвобождения азота, а также применяя ингибиторы нитрификации (пикоклор и джакос), которые повышают эффективность азотных удобрений на 10-20 %. Продолжительность действия ингибиторов – 1,5-2 месяца.

Фосфорные и калийные удобрения существенно повышают урожайность культур при малом и среднем содержании в почве подвижных форм фосфора и калия. Однако припосевное фосфорное удобрение эффективно и на почвах с высоким содержанием подвижного фосфора. Фосфаты, растворимые в воде, можно применять на всех почвах под все культуры севооборота, но они более эффективны при внесении в рядки, лунки, борозды перед посевом культуры, а труднорастворимые фосфаты – на кислых почвах при внесении под основную обработку почвы. Труднорастворимые удобрения надо смешивать с большим объемом почвы, а легкорастворимые – должны иметь меньший контакт с почвенными агрегатами в целях меньшего поглощения и закрепления почвой фосфорной кислоты удобрения. Калия больше в вегетативных органах растений, и при оставлении нетоварной продукции в поле значительная часть калия возвращается в почву. На суглинистых и глинистых почвах всю норму калийных удобрений вносят осенью под основную обработку почвы.

Повышение эффективности удобрений неразрывно связано с ростом уровня культуры земледелия, особенно – со снижением засоренности посевов и увеличением запасов влаги в почве. На склонах применение удобрений необходимо сочетать с почвозащитной противоэрозионной обработкой почвы, что снижает сток воды и смыв почвы. Потери удобрений могут быть значительно уменьшены при выращивании промежуточных и пожнивных культур, особенно когда основная культура слабо использовала внесенные под нее элементы питания.

8.9.7. Применение микроудобрений

Эффективность применения микроудобрений зависит от типа почвы, наличия подвижных форм микроэлементов в ней и видовых особенностей растений (таблица 8.86.)

Микроудобрения (борная кислота, молибдат аммония, сульфат меди, сульфат цинка, сульфат кобальта и др.) применяют при предпосевной обработке семян и некорневой подкормке растений. Существуют комплексные формы микроудобрений, содержащих несколько микроэлементов в более доступной для растений хелатной форме (акварин, кристалон и др.). Микроудобрение тенсо-коктейль предназначено для обработки семян.

Наиболее перспективна обработка семян микроэлементами при их инкрустации и дражировании. Раствор для обработки семян должен содержать 2-3 микроэлемента, наиболее дефицитных для возделываемой культуры.

8.86. Культуры и почвы, для которых эффективно применение микроудобрений

Микроэлемент	Эффективно при применении	
	Культура	Почва
Бор	Сахарная свекла, лен, бобовые, семенники трав, корнеплоды	Серая лесная, выщелоченный чернозем
Молибден	Однолетние и многолетние бобовые	Серая лесная, выщелоченный и оподзоленный чернозем
Марганец	Зерновые, сахарная свекла	Чернозем выщелоченный и оподзоленный
Цинк	Кукуруза, люцерна, зерновые	Карбонатный чернозем
Кобальт	Зернобобовые, многолетние и однолетние травы	Серая лесная, выщелоченный чернозем

Некорневая подкормка, дает возможность воздействовать на растение в те периоды, когда наиболее остро ощущается потребность в том или другом элементе. Некорневые подкормки микроэлементами обычно совмещают с азотными подкормками, обработкой гербицидами, фунгицидами или инсектицидами.

Рекомендуемые дозы микроудобрений следует дифференцировать в зависимости от сроков их внесения.

8.9.8. Регулирование минерального питания растений в процессе вегетации

В ходе активной вегетации особое внимание уделяется оптимизации азотного режима агроценозов. Для контроля за обеспеченностью растений азотом используют методы почвенной, а также тканевой и листовой диагностики, по результатам которых судят о целесообразности некорневых подкормок.

Многие показатели почвенной диагностики питания растений отражены в агрохимических паспортах (картограммах) полей и участков - обеспеченность подвижными формами фосфора, калия, микроэлементов, реакция, степень насыщенности основаниями, содержание гумуса – и учитываются разработчиками систем удобрения при коррекциях доз соответствующих удобрений и мелиорантов в годовых планах их применения по рекомендациям зональных научно-исследовательских учреждений. Наибольшие трудности обычно возникают при коррекции доз азотных удобрений при допосевном их внесении. Для этого необходимы оперативные результаты обеспеченности почвы полей и участков минеральными и легкогидролизуемыми формами азота, количество которых сильно варьирует в различных условиях. За 1-2 дня до внесения азотных удобрений необходимо определить запасы усвояемых форм его в почве. Существуют разные методы таких определений (аммиачных, нитратных или легкогидролизуемых форм его, или суммы первых двух) в слоях почвы (0-20, 0-40 см и т. д. вплоть до одного метра) с последующим пересчетом с учетом коэффициентов использования соответствующей культурой и вычитанием полученного количества из установленной дозы. Зональные институты располагают адекватными методами и методиками, ко-

торые позволяют более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Существует простой метод (44), основанный на определении суммы аммиачного и нитратного азота в пахотном слое почвы, перевода его в кг/га и вычитании полученной величины из установленной дозы.

**8.87. Дозы и способы внесения микроудобрений под основные культуры
(обобщение Ш.И. Литвака, 1990г.)**

Культура	Элемент	Внесение в почву, кг/га д. в.		Обработка семян, г/т д.в.	Некорневая подкормка, г/га д.в.
		До посева	При посеве		
Зерновые колосовые	B	—	0,2	30-40	20-30
	Cu	0,5-1,0	0,2	170-180	20-30
	Mn	1,5-3,0	0,5	80-100	15-25
	Zn	1,2-3,0	--	100-150	20-25
	Mo	0,6	0,2	50-60	100-150
Свекла, все виды	B	0,5-0,8	0,15	120-160	25-35
	Cu	0,8-1,5	0,3	80-120	70
	Mn	2-5	0,5	90-100	20-25
	Zn	1,2-3,0	0,5	140-150	55-65
	Mo	0,5	0,15	100-150	100-200
Зернобобовые	B	0,3-0,5	--	20-40	15-20
	Cu	—	—	120-160	20-25
	Mn	1,5-3,0	—	100-120	—
	Zn	2,5	0,5	80-100	17-22
	Mo	0,3-0,5	0,06	150-160	25-30
Овощные и картофель	B	0,4-0,8	—	100-150	—
	Cu	0,8-1,5	--	—	20-25
	Mn	2-5	—	100-150	--
	Zn	0,7-1,2	—	—	—
	Mo	—	—	80-100	30-150
Лен	B	0,3-0,5	0,1	50-60	5-10
	Cu	1-6	—	100-120	—
	Mn	3,0	—	80-100	30
	Zn	3,5	—	—	—
	Mo	3,0	—	150-160	150-250
Бобовые травы	B	0,5-0,6	—	20-40	25-35
	Cu	3,0	1,5	150-160	20-35
	Mn	1,5-3,0	—	50-70	—
	Zn	1,3	—	100-120	55-65
	Mo	0,2-0,3	—	100-120	150-250
Злаковые травы	B	0,5-0,6	—	—	25-35
	Cu	0,8-1,5	—	—	25-35
	Zn	0,7-1,2	—	100-120	55-65
	Mo	0,2-0,3	—	150-200	150-250

Цель тканевой и листовой диагностики питания растений – по результатам экспрессного анализа растений скорректировать дозы подкормки азотными удобрениями. Такая коррекция по любой культуре осуществляется с помощью поправочных коэффициентов, которые определяют по следующей формуле: $K = C_{\text{опт}} : C_{\text{фак}}$, где K – поправочный коэффициент к установленной в годовом плане дозе; $C_{\text{опт}}$ – оптимальное содержание нитратов в листьях (тканях) или других индикаторных органах в соответствующую фазу развития культуры, % или мг/кг; $C_{\text{фак}}$ – фактическое содержание нитратов, % или мг/кг.

Существуют и другие методы коррекции доз азотных подкормок по результатам листовой или тканевой обеспеченности растений нитратами, разработанные зональными научно-исследовательскими учреждениями.

Лучшим удобрением для корневых подкормок любых культур является аммиачная селитра, а лучшим способом внесения ее – локальный.

Некорневые подкормки озимых и яровых культур производятся мочевиной, водные растворы которой не обжигают листья растений в концентрациях до 30% и могут сочетаться с обработкой пестицидами.

Цель тканевой диагностики - выявление необходимости ранней азотной подкормки. Для этого определяют содержание нитратного азота в свежих растениях в период кущения — выхода в трубку. При анализе используют экспресс-лабораторию ОАП-1 или индикаторную бумагу. Специалисты хозяйств или технические работники, прошедшие специальное обучение, отбирают по диагонали поля 20 типичных растений. Азотные подкормки проводят при показаниях прибора ОАП-1 от 1 до 4 баллов или при бледно-розовой окраске индикаторной бумаги. При 4,1—5,5 балла применение поздней азотной некорневой подкормки улучшает качество зерна. В этом случае в период колошения—цветения необходима листовая диагностика. Для этого со 100 – 150 растений отбирают два верхних листа. Пробы листьев доставляют в ближайшую агрохимическую лабораторию в течение 4 - 6 часов. Там делают анализы по методикам, утвержденным ГОСТами.

Если образцы нельзя быстро доставить в лабораторию, их выдерживают при температуре 105° в течение 20 мин, затем подсушивают при 40—60° до ломкости и в сухом виде сдают на анализ.

Необходимость подкормки для улучшения качества зерна определяют по количеству общего азота в листьях пшеницы в фазы колошения – цветения.

Количество общего азота в листьях, %	Целесообразность подкормок
До 2,5	Подкормка не целесообразна, высококачественного зерна не получить
2,5-3,5	Подкормка необходима
Более 3,5	Можно получить высококачественное зерно без подкормки

Время проведения подкормки – с конца цветения до молочной спелости зерна. Удобрят растения раствором мочевины или плавом из расчета 30 кг д. в. на 1 га.

Существуют и другие методы и модификации коррекции доз азотных подкормок по результатам листовой или тканевой обеспеченности растений. В частности, при ее проведении учитывается (27), что в растениях озимой пшеницы и её органах в течение вегетации в зависимости от условий питания, этапа органогенеза, интенсивности нарастания биомассы и складывающихся условий погоды изменяется не только содержание, но и соотношение элементов питания. Поскольку это имеет существенное значение для физиолого-биохимических процессов потребления, накопления и перераспределения по органам элементов питания, при определении нуждаемости в них растений, целесообразно учитывать как «критические уровни» содержания азота и фосфора, так и их соотношение.

8.88. Оптимальное содержание и соотношение азота и фосфора в листьях озимой пшеницы на IV этапе органогенеза. (27)

Показатели	Содержание азота и фосфора, % на абс. сухое вещество	
	интервал	в среднем
N	4,55-5,20	4,82
P ₂ O ₅	0,83-1,10	0,96
N:P ₂ O ₅	5,4-4,7	5,0

Содержание на четвертом этапе органогенеза азота, в среднем для интенсивных сортов, на уровне 4,82 %, фосфора 0,96 % и соотношении N:P₂O₅ = 5, можно считать оптимальным. Таким посевам подкормка не требуется. При содержании азота на уровне оптимального, но сдвиге соотношения в сторону недостатка фосфора, (N:P₂O₅ > 5), посевам требуется подкормка фосфорными удобрениями. В случае недостатка азота на фоне оптимального содержания фосфора, (соотношение < 5), эффективной будет, прежде всего, азотная подкормка. Содержание обоих элементов ниже критического, указывает на необходимость азотно-фосфорной подкормки жидкими комплексными удобрениями.

С учетом сказанного Ставропольский НИИСХ (27) рекомендует принимать решение о целесообразности подкормок и дозах, исходя из данных, приведенных в таблице 8.89.

Важную роль при проведении поздних подкормок играет выбор препарата и технология его внесения. Поскольку листовой аппарат пшеницы в период формирования и налива зерна весьма уязвим, а работы по проведению подкормок осуществляются при высоких температурах воздуха, необходимо проявлять особую осторожность, чтобы его не повредить.

Рабочий раствор для некорневой подкормки готовят из расчета 65 кг мочевины на 150 л воды, получая 200 л раствора на 1 га. Выгодно в раствор удобрений добавить кристалон 1 кг/га. Для авиационных подкормок применяют плав по 100 л/га. Подкормки проводят рано утром и вечером.

8.89. Эффективность азотных подкормок по данным листовой диагностики.

Содержание азота на абс. сухую массу, %	Нуждаемость в подкормках	Вероятность получения сильного зерна	Доза азотной подкормки, кг/га.д.в.
менее 3,5	очень сильная	очень низкая	не проводится
3,5-3,7	сильная	имеется на фоне оптимума по фосфору	N ₃₀ в фазу колошения +N ₃₀ при наливе зерна
3,8-4,0	средняя	будет получено при оптимуме фосфора	N ₃₀ в период колошения -налива зерна
более 4,0	слабая	возможно без подкормки при оптимуме фосфора	не проводится

Перед проведением подкормок в засушливых регионах необходимо учитывать условия влагообеспеченности. Запасы продуктивной влаги в почве должны быть не менее 100мм в метровом слое для черноземов и 80 мм для каштановых почв. При более низких запасах влаги эффективность некорневых азотных подкормок, резко снижается. В этот период также важно оценивать общее состояние посевов, наличие болезней и температурный режим. При быстром нарастании температур весной эффективность подкормок также невелика. Зато при условиях достаточной влагообеспеченности, холодной и дождливой весны, проведение азотных подкормок благоприятно сказывается на продуктивности посевов озимой пшеницы.

Внекорневые подкормки эффективны не только для зерновых культур.

Фосфорно-калийные некорневые подкормки растений сахарной свеклы и картофеля, проведенные за месяц до уборки урожая, усиливают отток питательных веществ из листьев в корни и клубни. На посевах пропашных культур подкормку аммиачной селитрой или аммофосом проводят во время второй междурядной обработки. Культуры сплошного посева подкармливают туковыми сеялками, пропашные культуры – культиваторами-растениепитателями. Хорошие результаты дает подкормка пропашных культур жидкими комплексными удобрениями из расчета 1-1,5 ц/га.

8.9.9. Формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя

Основная задача формирования оптимальной густоты продуктивного стеблестоя – создание условий для улучшения фотосинтеза и полного использования имеющихся ресурсов. Число растений на площади, их высота, кустистость или ветвистость, облиственность и площадь листьев тесно коррелируют с величиной урожая. Однако при их чрезмерном развитии могут быть отрицательные последствия (израстание и полегание растений, развитие болезней, увеличение вегета-

тивной части растений в ущерб генеративной и др.). Оптимальной считается такая плотность посева, при которой происходит наименьшая гибель растений в течение вегетации и формируется максимальная урожайность.

На формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя влияет вся агротехнология, но наиболее существенно – норма высева, срок, способ и глубина посева, качество семян и равномерность их распределения на площади, а также приемы ухода за посевами (прикатывание, боронование, междурядная обработка). От правильного их выбора зависит площадь листовой поверхности, продуктивность фотосинтеза, величина и качество урожая.

Норму высева определяют для каждой культуры и сорта с учетом их морфологических особенностей, почвенно-климатических и погодных условий, качества предшественника и обработки почвы, доз удобрений, засоренности поля, способов посева и др. В районах достаточного увлажнения используют большие нормы высева, чем в засушливых. На плохо обработанных и малоплодородных почвах, на полях с повышенной засоренностью и при других неблагоприятных условиях, снижающих полевую всхожесть семян, норму высева увеличивают. Как правило, слабо кустящиеся и плохо ветвящиеся культуры и сорта, высевают гуще.

Способ посева определяется биологическими требованиями растений к площади питания, освещению, обеспечению влагой и возможностью проведения механизированного ухода за растениями. Применяют следующие способы посева: безрядковый (разбросной, без междурядий), обычный рядовой, узкорядный, перекрестный, широкорядный, пунктирный, гнездовой, квадратно-гнездовой, ленточный, бороздковый, гребневой, полосный и совмещенный.

Для выбора оптимальных сроков сева важно знать минимальные и оптимальные потребности растений в тепле и влаге, необходимые для прорастания семян и появления всходов. Малотребовательные к теплу культуры раннего сева (пшеница, ячмень, овес, вика, горох, лен, люпин, многолетние травы и др.) прорастают при 3-6 °С и переносят весенние похолодания и заморозки до –4-5 °С. Теплолюбивые культуры позднего сева (кукуруза, соя, сорго, просо, гречиха, фасоль и др.) высевают при прогревании почвы до 10-15 °С, когда минует опасность заморозков. На легких почвах и южных склонах сеют раньше, а на тяжелых почвах и северных склонах – позже.

Глубина посева семян зависит: от биологических особенностей (двудольные культуры, выносящие при прорастании семядоли из почвы высевают мельче, чем те, которые их не выносят, эпикотильные злаки высевают глубже, чем безэпикотильные, крупные семена – глубже, чем мелкие); климатических условий (в сухих районах сеют глубже, во влажных – мельче); гранулометрического состава почвы (на глинистых почвах – мельче, а на песчаных – глубже); сроков сева (при запаздывании сеют глубже во влажный слой).

Качественно проведенная предпосевная обработка почвы позволяет сеять семена во влажный слой на меньшую глубину и получить дружные, равномерные всходы. Это, прежде всего, касается безэпикотильных злаков (пшеница, ячмень, рожь, тритикале), мелкосемянных (многолетние травы, амарант и др.) и зернобо-

бовых культур, выносящих семядоли на поверхность (соя, фасоль, люпин). Удлинение базального междоузлия на 1 см, что наблюдается при глубокой заделке семян злаков, снижает урожайность на 3-5 %. У озимых культур некоторое заглубление узла кущения при увеличении глубины посева не компенсирует потери от глубокого посева. Новая комплексная почвообрабатывающая техника позволяет должным образом подготовить почву и провести посев на оптимальную глубину, соответствующую биологии культуры.

Получение ровных и дружных всходов необходимой густоты достигается путем использования для посева отсортированных, т.е. выравненных по величине и массе, протравленных семян 1-го класса посевного стандарта и соблюдения оптимальной технологии посева, обеспечивающей равномерное размещение семян на влажное плотное ложе и одинаковую глубину. Для достижения более равномерного расположения растений на площади уменьшают междурядья. Это при одинаковой норме высева уменьшает сгущенность растений в рядах, повышает их выживаемость и продуктивность. Перспективен и актуален узкорядный и безрядковый посев зерновых культур полосами по 15-20 см.

Густота продуктивного стеблестоя зерновых культур, особенно озимых, увеличивается при внесении азота в начале кущения (2-й этап органогенеза, 21-23 фенофаза по международной классификации). Ранневесеннее внесение азота, улучшая кущение и выживаемость растений злаков, увеличивает густоту продуктивного стеблестоя. Мероприятия по защите растений от вредителей, болезней, сорняков и полегания позволяют сохранить оптимальную густоту и увеличить продуктивность стеблестоя, оказывающую большое влияние на урожайность. Эти процедуры увязываются с почвенно-климатическими условиями, сортом, качеством семян, сроком посева, глубиной заделки семян, равномерностью их распределения по площади. Если к началу вегетации весной плотность стеблестоя недостаточная и/или имеется задержка развития посева (поздний сев, поздние всходы из-за недостатка влаги, вымерзание и т.д.), целесообразно в первую подкормку для стимуляции кущения дать повышенную дозу азота и провести ее как можно раньше (до начала или к началу вегетации). Этой же цели служат вторая азотная подкормка и ранняя (в начале допустимых сроков) обработка ретардантами, которые, обеспечивая устойчивость к полеганию, стимулируют кущение. При обработке посевов ССС замедляется развитие главного стебля, образуется больше боковых побегов, развивающихся почти синхронно с главным и мало уступающих ему по продуктивности. Способствует кущению и весеннее прикатывание посевов озимых культур.

8.9.10. Управление развитием элементов продуктивности полевых культур

Управление формированием продуктивности проводится на основании данных, характеризующих рост и развитие растений. При этом большая роль должна отводиться продукционному процессу, под которым понимается система показателей, характеризующих динамику формирования общей фитомассы (в том числе хозяйственного урожая) во времени и в пространстве. Информация о фото-

синтетической деятельности и продукционном процессе фитоценозов может использоваться в следующих направлениях:

- при разработке отдельных агроприемов и агротехнологий;
- при моделировании, программировании и прогнозировании продуктивности посевов (насаждений) различных культур;
- при создании высокопродуктивных сортов и гибридов.

В настоящее время предложено большое количество показателей, которые характеризуют особенности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса различных сельскохозяйственных культур (). Для этой цели применяются различные методы, главные из которых приводятся ниже.

1. Показатели, характеризующие мощность фотосинтетического аппарата. Основным фотосинтетическим органом растения является лист. Однако в фотосинтезе принимают участие и другие органы (стебель, колос, боб и т.д.). Доля участия каждого и их соотношение могут быть представлены различными показателями, которые выражаются массой (г, кг, ц, т), площадью (см², дм², м², га), и содержанием хлорофилла. Для характеристики мощности фотосинтетического аппарата могут применяться следующие показатели:

- коэффициент облиственности стебля;
- отношение массы живых и мертвых листьев;
- площадь листьев и других фотосинтезирующих органов;
- удельная поверхностная плотность листьев и всего растения;
- общее содержание хлорофилла (а+в) во всех фотосинтезирующих органах растения;
- фотосинтезирующие потенциалы листьев и целого растения.

2. Показатели, характеризующие производительность фотосинтетического аппарата (интенсивность и чистая продуктивность листьев и целого растения). В физиологических исследованиях предпочтение отдается первому из них, в агрономических – второму.

3. Показатели, характеризующие среднесуточные приросты надземной и подземной фитомассы, а также динамику ее формирования. Это наиболее простые показатели, которые очень легко определяются в полевых условиях.

4. Показатели, характеризующие донорно-акцепторные отношения и реутилизацию пластических веществ:

- динамика процентного соотношения всех органов растения;
- коэффициент хозяйственной эффективности.

5. Энергетическая оценка. Полная энергетическая характеристика природных и культурных фитоценозов может быть дана с помощью следующих показателей:

а) коэффициент использования ФАР во времени (K_v), показывающий ее долю от падающей за потенциально возможный вегетационный период в данной зоне или провинции;

б) коэффициент использования ее в пространстве (K_n), то есть общепринятый сейчас КПД ФАР;

в) коэффициент биоэнергетической эффективности (K_6), характеризующий отношение обменной энергии хозяйственного урожая к антропогенной, которая была затрачена на его выращивание и уборку.

При управлении продукционным процессом большое внимание должно уделяться формированию посевов с оптимальной плотностью стояния растений (продуктивных стеблей) и обеспечению их высокой индивидуальной продуктивности. Густота стояния растений или продуктивного стеблестоя в посевах прямо зависит от нормы высева и полевой всхожести семян, от кустистости (ветвистости) и сохранности растений до уборки. Однако применять большие нормы высева не всегда целесообразно. Для получения оптимальной густоты продуктивного стеблестоя необходимо использовать приемы, повышающие полевую всхожесть, кустистость и выживаемость растений в посевах. Полевую всхожесть можно увеличить используя оптимальные сроки сева, лучшие семена с высокой энергией прорастания в комплексе с правильной, тщательной подготовкой почвы для их посева, создавая плотное, влажное ложе и рыхлый воздухопроницаемый посевной слой почвы оптимальной глубины.

Чрезмерное заглубление семян при посеве (особенно в непрогретую почву) резко уменьшает их полевую всхожесть, а также сильно задерживает появление всходов и ослабляет их. У зерновых злаков, например, глубина посева должна быть не меньше глубины залегания узлов кущения (2,5-3 см) и не больше длины coleoptily (4-5 см), а у пропашных культур она должна еще увеличиваться на длину эпикотилья (3-5 см). Мелкий посев в сухую и неправильно подготовленную почву тоже может стать причиной низкой полевой всхожести и изреживаемости посевов.

Продуктивная кустистость (ветвистость растений) находится в обратной зависимости от густоты посева. Она значительно увеличивается при оптимизации азотного питания и влагообеспеченности растений. Сильнее других кустятся озимые хлеба, слабее – яровые, особенно кукуруза. Хорошо ветвятся также гречиха, рапс, соя, плохо – горох, кормовые бобы и др. Выживаемость растений (стеблей) сильно зависит от степени засоренности посевов, их полегания, поражения болезнями, повреждения вредителями и т.д. Защита посевов от этих факторов резко увеличивает число выживших растений и предуборочную густоту продуктивного стеблестоя.

Число и масса зерен (семян) на растениях значительно зависят от фазы трубкования (стеблевания) – плодообразования и налива семян. Улучшение пищевого, водного и воздушного режимов, защита растений от сорняков, вредителей и болезней в процессе ухода за посевами позволит увеличить индивидуальную продуктивность каждого растения.

Формирование массы зерен в колосе зависит от фитосанитарного состояния верхних листьев и колоса в период цветения-созревания, поскольку в этих органах образуется основная часть ассимилянтов, поступающих в зерно (40-60% - из флагового листа, 20-30% - из второго сверху, остальное количество из самого колоса). Условия налива зерна можно улучшить с помощью обработки посевов ретардантами против полегания, фунгицидами – против болезней листьев и колоса,

подкормки азотом и микроэлементами. Все это способствует усилению реутилизации питательных веществ из вегетативных органов на формирование генеративных и запасающих.

Современные технологии должны быть динамичными, адаптивно реагировать на изменение экологической ситуации и способствовать формированию элементов индивидуальной продуктивности растений в соответствии с заданными параметрами. В связи с этим требуется постоянный мониторинг (агроконтроль) за продукционным процессом посевов, за фитосанитарной ситуацией в них, за развитием растений, за применением подкормок удобрениями в соответствии с результатами растительной диагностики. В отечественной литературе наибольшей популярностью пока пользуется методика контроля за прохождением 12 этапов органогенеза, разработанная Ф.М. Куперман. В западных странах пользуются более подробными фенологическими шкалами, подразделяя весь цикл развития на 10 фаз, каждую из них – на 10 подфаз (микрофаз) по развитости морфологических признаков, что позволяет более детально контролировать процессы формирования элементов продуктивности. Каждый этап (фенофаза, микрофаза) характеризуется присущим ему состоянием конуса нарастания и образованием соответствующих органов (элементов продуктивности). Например число стеблей на растении у злаков формируется на втором этапе органогенеза (20-25 микрофаза), число члеников колосового стержня – на третьем (29), число колосков в колосе – на четвертом (30), число цветков на колосе – на пятом (31), фертильность цветков – на седьмом (45-49), озерненность колоса – на девятом (61-69), величина зерновки – на 10-11-ом (70-77), качество зерна – на 11-12-ом (71-85), масса зерновки – на 11-12-ом (83-91), всхожесть и энергия прорастания семян – на 11-12-ом (87-92).

Этапы органогенеза (микрофазы) используют в практической деятельности при определении соответствия факторов жизни биологическим особенностям растений, а также для проектирования мероприятий по уходу за посевами (рыхление и мульчирование почвы; борьба с сорняками, вредителями и болезнями, подкормки, поливы и т.д.). Такой мониторинг позволяет управлять формированием элементов продуктивности. Например, азотная подкормка ранней весной увеличивает кустистость и густоту продуктивного стеблестоя озимых культур, в начале трубкования – улучшает формирование элементов колоса, а в период колошение-налив – повышает качество зерна. В связи с разновременностью образования органов продуктивности, низкий показатель предыдущих элементов урожайности можно в определенной степени компенсировать более интенсивным развитием последующих путем оптимизации факторов жизни растений в период их формирования.

8.9.11. Преодоление стрессовых ситуаций

По мере усиления континентальности климата и изменчивости погоды успешное возделывание сельскохозяйственных культур связано с преодолением неблагоприятных условий и стрессовых ситуаций. Стрессы вызывают гидротермические (жара, заморозки, переувлажнение, засуха, суховеи), химические (кислотность, засоленность, резкий избыток или недостаток элементов питания, пе-

стициды и др.), биологические (сильная засоренность, пораженность болезнями и вредителями) и организационно-технологические (неправильное и несвоевременное выполнение агроприемов) причины, нарушающие оптимальный приток факторов жизни и метаболизм растений. Помочь растениям преодолеть стрессовые ситуации или ослабить их отрицательное воздействие возможно маневрированием агротехническими приемами (адаптационными, предупредительными, мелиоративными и др.).

В преодолении стрессовых ситуаций особую роль играет выбор адаптивных культур и сортов. В противном случае усиливаются риски земледелия и становится нецелесообразным применение интенсивных технологий.

Более других подвержены стрессам (вымерзание, вымокание, выпревание, ледяная корка и др.) озимые культуры. Агротехника должна быть направлена на углубление узла кущения, обеспечение хорошего закаливания растений, накопление снега на посевах для защиты их от зимних невзгод. Это достигается применением комплекса агроприемов (сорт, предшественник, удобрение, срок и способ обработки почвы и посева, обработка семян и посевов фунгицидами и ретардантами, создание кулис, полезащитное лесоразведение и др.). Применяют специальные меры борьбы против *вымерзания* (обработка семян ретардантами и снегозадержание с помощью растительных кулиси др.), *ледяной корки* (довсходовое щелевание, снегозадержание, мульчирование угольной пылью и т.п), *вымокания* (выравнивание поверхности поля, довсходовое щелевание, отвод талых вод), *выпревания и снежной плесени* (обработка переросших посевов фундазолом и ретардантом в осенний период, регулирование снеготаяния весной путем опыливания угольной пылью, фосфоритной мукой, золой, ранневесенняя подкормка поврежденных посевов азотом и обработка их фундазолом), *пассивного выпирания* (отказ от поздней летней вспашки, замена ее поверхностной обработкой на 6-8 см и тщательное прикатывание глубоко разрыхленной почвы). Повысить холодостойкость яровых культур можно закаливанием прорастающих семян, внесением калийных удобрений, повышением влажности воздуха и интенсивности освещения.

В районах действия засух и суховеев необходимо применять систему влагосберегающих, лесотехнических, гидромелиоративных и организационных мероприятий. Влагосберегающие технологические приемы направлены на накопление влаги в почве и снега на полях, на сбережение влаги путем уменьшения поверхностного и внутрипочвенного стока и ее испарения, а также на экономное расходование влаги путем подбора культур, сортов и приемов уменьшения коэффициента водопотребления. Например, растения полученные из наклюнувшихся и обсушенных семян проса, гречихи более устойчивы к водному стрессу. Засухоустойчивость растений увеличивается при внесении в почву фосфора, калия, цинка и меди, уменьшается – при избытке азота. При переувлажнении корнеобитаемого слоя почвы и уменьшении ее воздухопроницаемости проводят осушение и агротехнические приемы, направленные на оптимизацию водного и воздушного режимов (гребневой посев или посадка, глубокое рыхление почвы, внесение органических удобрений и др.).

Полегание растений также является стрессом для них. Сильнее подвержены полеганию загущенные посевы длинно- и тонкостебельных культур и сортов, особенно при избытке влаги и азотного питания, а также при повреждении стеблей болезнями (септориоз на пшенице, фомопсис на подсолнечнике и др.) и вредителями (гессенская муха, хлебный пилильщик и др.).

Болезни, вредители и сорняки могут уменьшить урожайность на 30-50 % и более. Агротехнология каждой культуры, особенно интенсивная, должна уберечь растения от сильного развития стрессфакторов путем интегрированной защиты посевов с помощью агротехнических (севооборот, сорт, правильная обработка почвы, удобрение и др.) приемов, биологических (трихограмма, битоксибациллин, лепидоцид и др.) и химических (фунгициды, инсектициды, гербициды) препаратов.

Немало стрессовых ситуаций для культурных растений может создать неумелое, шаблонное применение агроприемов. Например, глубокая иссушающая предпосевная культивация почвы нередко приводит к чрезмерно глубокому посеву, изреживанию, ослаблению, а иногда и к гибели всходов. Шаблонное применение весеннего боронования слабых, не раскутившихся с осени озимых часто затрудняет появление вторичных корней, оголяет узлы кущения и изреживает посевы. Неправильный выбор фазы развития культуры, времени суток, направления движения и скорости агрегата при бороновании свеклы, сои и других культур может существенно изредить посевы.

Неправильное применение гербицидов (передозировка на стыках между проходами, применение их в засуху, жару, после боронования или при поражении растений вредителями, раньше или позже рекомендованных сроков и т.д.) может вызвать ожоги и стресс у растений и снизить их урожайность.

Некорневые подкормки растений, например, раствором мочевины иногда вызывают ожоги при нарушении технологии опрыскивания (жаркая погода, двойные проходы по одному месту) или состава рабочего раствора (концентрация, реакция среды и др.).

Чтобы избежать стрессовых ситуаций необходимы строжайшая технологическая дисциплина и высокий профессионализм при проведении всех агроприемов, особенно при использовании гербицидов, баковых смесей пестицидов с удобрениями и т.п.

8.9.12. Регулирование микробиологических процессов в агроценозах

Из многих факторов, определяющих продуктивность сложной системы почва-растение-микроорганизмы, последние играют очень важную роль.

Микроорганизмы оказывают существенное действие на формирование и генезис почвы, в большой степени определяют уровень плодородия почвы.

Хотя первые данные о пользе микроорганизмов для повышения почвенного плодородия известны уже сотни лет, основной взгляд на взаимоотношение растений и микробов сводился к установлению между ними трофических связей, что в значительной мере верно и сейчас, но исследования последних лет показали, что эти связи гораздо сложнее, многообразнее и во многом определяют нор-

мальное развитие и функционирование растений. С использованием современных молекулярно-биологических методов удалось показать, что растения обладают комплектом генов, определяющих успех растительно-микробного взаимодействия. Эти гены просто "молчат" при отсутствии микроорганизмов, многие из этих генов вообще уникальны и в других процессах не участвуют.

Со своей стороны микроорганизмы также содержат генетические факторы, которые функционируют только во взаимодействии с растениями. Другими словами - сосуществование микроорганизмов и растений - это результат установления общей генетической системы, которая является новой общностью организмов. Такое сосуществование не является случайным - в ходе эволюции растения приобрели возможности оптимизации своей жизнедеятельности за счёт использования потенциала микроорганизмов. Образно говоря, «растения решили доверить ряд своих функций микроорганизмам, при этом они выиграли, так как не несут все необходимые им гены, а только те, которые позволяют запускать и регулировать растительно-микробное взаимодействие».

Параллельно, были накоплены знания о том, что с помощью микроорганизмов растение обеспечивает свои потребности в элементах питания (азот, фосфор и другие), гормонах, физиологически активных веществах, микроорганизмы способны защитить растение от наиболее опасных - почвенных инфекций, для борьбы с которыми пока нет эффективных средств. Список полезного воздействия микроорганизмов на растения далеко не исчерпывается только этим, но и упомянутого достаточно, чтобы заключить, что активизация фитобактериального взаимодействия является мощнейшим фактором повышения продуктивности агрофитоценоза, которое в настоящий момент используется крайне неудовлетворительно.

Показано, что полезное действие микрофлоры не приурочено только к определенной группе растений, но является всеобщим явлением.

Все эти данные не только продемонстрировали амбициозность подходов, основанных в стремлении "взять все на себя", но позволили наметить реальные пути повышения эффективности растениеводства за счет оптимизации и всестороннего использования природных возможностей агрофитоценоза. К сожалению, многие годы односторонней интенсификации производства не прошли даром и сейчас в почвах нередко отмечается исчезновение полезных групп микроорганизмов, и в то же время повышение численности и разнообразия вредных видов, что вызывает снижение почвенного плодородия. К сожалению, современные сорта часто генетически не способны к продуктивному взаимодействию, так как в процессе селекции, потеряли способность конкурировать за почвенную микрофлору и расселять ее на своих корнях.

Микробиологические препараты могут способствовать снижению доз минеральных удобрений, повышать коэффициент их использования. Более того, оптимальное использование химических средств наиболее эффективно лишь при их рациональном сочетании со всем комплексом биологических препаратов и технологий. Речь идет прежде всего о микробиологических почвоудобрительных препаратах, биопестицидах, пробиотиках. Целая гамма препаратов разработана учеными нашей страны, они хорошо зарекомендовали себя в России, а также за рубе-

жом, что позволяет предлагать элементы комплексной "микробиологизации" сельскохозяйственного производства.

Биопрепараты на основе ризосферных микроорганизмов комплексного действия

Ризоторфин – предназначен для обработки семян бобовых культур. Действующее начало- клубеньковые бактерии (рода *Rhizobium*), образующие на корнях растений клубеньки и индуцирующие процесс фиксации молекулярного азота из воздуха.

Агрономическая эффективность ризоторфина для бобовых культур составляет в среднем 10-30%, дополнительный сбор белка - 2-5 ц /га.

При интродукции новых бобовых культур (козлятник, люцерна, люпин) эффективность бактеризации может составлять 50-100%, а повышение сбора протеина достигает 2-3 раз.

Для каждого вида бобовых культур производится определённый вид препарата (с использованием специфичных именно для этой культуры микроорганизмов).

Окупаемость применения ризоторфина варьирует от 4 до 150 единиц на единицу затрат. Следует учесть также благоприятное влияние бактеризации растений на почвенное плодородие и экологическую обстановку (так как вовлекаемый в агроэкосистемы биологически фиксированный азот является альтернативой минеральным азотным удобрениям).

Биопрепараты группы «Экстрасол»

Эта группа биопрепаратов на основе ассоциативных микроорганизмов комплексного действия создана недавно, но уже хорошо зарекомендовала себя в России и за рубежом на широком спектре культур.

Микроорганизмы, являющиеся основой этих биопрепаратов, тесно взаимодействуют с растениями (образуя «ассоциативный симбиоз») и способны выполнять ряд функций, полезных для растений:

- усиливать фиксацию атмосферного азота на корнях растения, заменяя при этом 30-50 кг/га минеральных азотных удобрений;
- стимулировать рост и развитие растений за счёт продуцирования физиологически активных веществ (ускоряя созревание продукции на 10-15 дней);
- подавлять развитие фитопатогенных микроорганизмов, обеспечивая снижение поражаемости растений болезнями в 1,5 – 10 раз, улучшая при этом фитосанитарную обстановку в почве;
- усиливать устойчивость растений к неблагоприятным условиям (засуха, заморозки, пониженные или повышенные температуры, повышенное содержание солей, неблагоприятная реакция почвенного раствора);
- повышать коэффициенты использования минеральных удобрений и питательных веществ из почвы;

- регулировать накопление в растениях тяжёлых металлов, радионуклидов, нитратов и других вредных соединений.

Перечисленные ниже биопрепараты имеют сходные функции и часто обладают широким спектром действия, что объясняется близкими по происхождению источниками их выделения (ризосфера, гистосфера или ризоплана растений) и их селекцией по однородным признакам (ростстимуляция, антифунгальная активность, азотфиксирующая активность и др.). В то же время каждый из них имеет свои особенности и определённый спектр действия.

Агрофил – биопрепарат, созданный на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* -10 для овощных культур открытого и закрытого грунта. Применение агрофила в овощеводстве обеспечивает прибавку урожайности на 10-20%, ускоряет созревание урожая на 7-10 дней, гарантирует получение ранней продукции. Особенно эффективен препарат при выращивании рассады.

Агрофил повышает устойчивость растений к экологическим стрессам, снижает поступление тяжёлых металлов и радионуклидов в растения.

Особенности действия: наибольшая эффективность наблюдается в условиях закрытого грунта. Препарат эффективен в стрессовых условиях.

Флавобактерин - биопрепарат, созданный на основе штамма *Flavobacterium* sp.- 30. Повышает урожайность овощных культур (огурцы, томаты, перец, картофель, капуста, сахарная свёкла) на 3,0-10 т/га и улучшает качество продукции за счет увеличения содержания:

- * крахмала у картофеля - на 1,5-2%
- * сахаров в томатах - на 2,5%

Отмечено также существенное повышение содержания витаминов, каротина и других полезных веществ в овощной продукции.

Флавобактерин обладает значительным биозащитным эффектом, снижая в несколько раз заболеваемость корневыми гнилями, фитофторозом, паршой, антракнозом и другими заболеваниями.

Особенности действия: наибольшая эффективность наблюдается в условиях повышенного инфекционного фона. Из культуральной жидкости препарата выделен антибиотик с уникально широким спектром действия («Флавоцин»). Препарат эффективен практически на всех культурах.

Мизорин - биопрепарат созданный на основе штамма *Arthrobacter mysorens* – 7. Повышает продуктивность кормовых культур, просо, сорго и картофеля. Значительно повышает эффективность ризоторфина на бобовых при их совместном применении. Обеспечивает повышение урожайности зеленой массы кормовых трав на 2 – 4 т/га, картофеля – на 4 – 7 т/га. Повышает содержание переваримого протеина в кормах на 1-3%, улучшая при этом аминокислотный состав белка. Мизорин выгодно отличается от остальных биопрепаратов определенной устойчивостью к недостатку влаги в почве. При этом он может давать хороший эффект в богарных условиях на ряде овощных культур. Оказывает положительное влияние на содержание витамина С (повышая его на 30-50%).

Мизорин повышает устойчивость растений к экологическим стрессам, снижает поступление тяжёлых металлов и радионуклидов в растения.

Особенности действия: повышает устойчивость растений к стрессам, активизирует симбиоз бобовых культур, наиболее эффективен в условиях засухи.

Экстрасол – биопрепарат создан на основе штамма *Pseudomonas fluorescens*. Обеспечивает повышение урожайности овощных культур на 4,0-8,0 т/га. Препарат способствует большему поступлению элементов минерального питания в растения, синтезирует ростовые и другие биологически активные вещества и образует соединения, снижающие активность фитопатогенных микроорганизмов. Установлена хорошая результативность препарата при ранних посадках картофеля даже в холодную почву, особенно для ранних и среднеранних сортов.

Особенности действия: экстрасол сочетает в себе функции ростстимуляции и биоконтроля. Эффективен в различных почвенно-климатических зонах. Повышает продуктивность технических культур на 15-25%, овощных культур – на 18-40%. Эффективен на винограде и табаке. Повышает сроки хранения продукции.

Ризоагрин – биопрепарат, созданный на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* – 204. Обеспечивает повышение урожая зерновых культур на 0,3 - 0,8 т/га (озимой и яровой пшеницы, озимой ржи, ячменя). Повышает содержание протеина в зерне на 0,5-1,0%. Усиливает устойчивость растений к засухе и критическим температурам.

Особенности действия: ризоагрин наиболее эффективный и стабильный биопрепарат для большинства зерновых культур. Улучшает хлебопекарные качества продукции. Повышает устойчивость к стрессам.

Бактосан — бактериальный препарат, созданный на основе коллекционного штамма *Bacillus subtilis*. Повышает урожайность, улучшает качество продукции и защищает от болезней столовые клубне - и корнеплоды, овощные, зеленные культуры (картофель, морковь, свекла, капуста, лук, укроп, петрушка и др.).

Азоризин — бактериальный препарат, созданный на основе коллекционного штамма *Azospirillum lipoferum*. Повышает урожайность, улучшает качество продукции и защищает от болезней зерновые и овощные культуры (ячмень, овес, просо, гречиха, капуста, морковь, свекла, редис, огурец, томаты, перец, кабачки, кормовые травы).

Особенности действия: существенно повышает фиксацию атмосферного азота (до 50 –70 кг/га). Наиболее активно связывает тяжёлые металлы и радионуклиды, снижая их поступление в растения. Эффективен на слабокислых и нейтральных почвах при хорошем уровне увлажнения.

Все препараты группы "Экстрасол" готовятся на основе стерильного торфа или жидкой питательной среды. Титр ризосферных бактерий в зависимости от штамма — 5...10 млрд. шт. в каждом грамме, который сохраняется на данном уровне в течение гарантийного срока годности — 6...12 месяцев. Препараты группы "Экстрасол" фасуются в упаковку (полиэтиленовые пакеты и емкости) по 300 г или 600 г. Рекомендуемая (оптимальная) доза расхода препаратов группы "Экстрасол" — 300 г препарата на гектарную норму посева (посадки) семян овощных и

зеленных культур, многолетних трав, масличных, 600 г — зерновых и зернобобовых культур, 3000 г — столовых клубнеплодов.

Механизм действия препаратов группы "Экстрасол": ризосферные бактерии не образуют видимых глазу клубеньков, но, заселяя прикорневую зону растений (ризосферу) и поверхность корней, вытесняют болезнетворных бактерий, лишая их пространства и пищи; выделяют для растений ростстимулирующие вещества и витамины; продуцируют антибиотики против грибной инфекции, дополнительно питают растения водой, азотом, фосфором, калием и другим элементами питания, переводя их из труднодоступных форм.

Биопрепараты обладают широким спектром действия, но наибольшую эффективность они проявили на овощных и кормовых культурах. Кроме того, их использование позволяет снизить нормы минеральных азотных удобрений на 40-50 кг, и снижают накопление нитратов и нитритов в продукции. Применение биопрепаратов способствует улучшению качества продукции за счёт повышения содержания протеина, сахаров, витаминов и других полезных компонентов.

Способы применения биопрепаратов

Биопрепараты производятся на основе стерильного нейтрализованного торфа. Способы их применения определяются типом посевного материала.

1. Обработка семян. Семена предварительно увлажняют отстоявшейся водопроводной водой или раствором прилипателя (2 - 3% раствор патоки, латекса или натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы) из расчета 1,5-2,0% по отношению к массе обрабатываемых семян и тщательно перемешивают с необходимым количеством препарата.

Нормы применения препаратов (из расчета на 1 га):

- для мелкосемянных бобовых культур (клевер, люцерна, козлятник) 250-300 г ризоторфина;

- для крупносемянных бобовых культур (горох, люпин, вика) 350-400 г ризоторфина;

- для семян зерновых, кормовых и овощных культур - 400-500 г экстрасола соответствующей марки.

2. Обработка рассады овощных культур. Готовят суспензию биопрепарата из расчета 500 г на 5 - 6 литров отстоявшейся водопроводной воды (тщательно встряхивая в течении 3-5 минут препарат с водой) и перед высадкой рассады окунают корни в суспензию на 30-40 секунд.

Бамил — гранулированный препарат, полученный биотехнологическим путем из ила аэротенков свинокомплексов. Применение бамила как удобрения способствует улучшению корневого питания растений, а также повышению резистентности ряда культур (томатов, перца, огурца и т.д.) к фитопатогенам бактериального, грибного и вирусного происхождения. Примечательно, что биоконверсия ила микробиологическим путем с получением удобрения уже сама по себе решает проблему утилизации навоза и снижает загрязнение окружающей среды, в первую очередь водоемов.

Биопрепараты фосфатмобилизующих микроорганизмов

Микофил - микробиологический препарат на основе эндомикоризных грибов - облигатных симбионтов, обладающих уникальной способностью резко усиливать поступление фосфора, калия, микроэлементов и воды практически во все сельскохозяйственные культуры. Микоризация саженцев плодовых деревьев и кустарников, овощей и трав заменяет внесение 40 - 60 кг/га фосфора. Особенно эффективен на почвах с низким содержанием доступных для растений соединений фосфора.

Микофил хорошо сочетается с ризоторфином на бобовых культурах, резко повышая продуктивность растений и качество продукции.

Микробиологические препараты для получения биологически активных грунтов

Бактогумин - микробиологический препарат комплексного действия, действующим началом которого является ассоциация микроорганизмов агрофитоценоза. Представляет собой отселектированный комплекс микроорганизмов агрофитоценоза, участвующих в трансформации органических веществ почвы.

Применение препарата улучшает корневое питание растений, способствует разрушению фитотоксичных веществ, ускоренному разложению пестицидов и оздоровлению грунтов за счет антагонизма почвенной микрофлоры и микроорганизмов - возбудителей болезней растений.

Бактогумин применяют для приготовления биологически активных грунтов, являющихся высококачественным и экологически чистым субстратом для выращивания растений в теплице. Его можно использовать как основной грунт или в смеси с корой, опилками и другими добавками, а также в качестве биологически активной подсыпки, особенно после пропаривания и химической стерилизации отработанного субстрата. В зависимости от культуры растений, выращиваемых в теплицах, биологически активный грунт требует внесения удобрений и микроэлементов. Экологически безопасен.

Биопрепараты, ускоряющие деградацию фосфоорганических пестицидов.

Не меньшую опасность, чем избыток нитратов для здоровья людей и экологии представляют пестициды. Во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии созданы не имеющие аналогов в мире препараты комплексного действия, ускоряющие деградацию пестицидов и стимулирующие рост растений – *Бацифор* и *Экзофор*. Они рекомендуются для ускорения детоксикации фосфорорганических пестицидов в условиях защищенного грунта. Бацифор и экзофор в два - пять раз ускоряют разложение гордоны, карбофоса и актеллика, снижают фитотоксичность торфов и грунтов длительного пользования.

Препараты стимулируют интенсивный рост растений и мощное развитие корневой системы, ускоряют формирование генеративных органов, стимулируют биосинтез хлорофилла. Особенно эффективны при выращивании рассады овощ-

ных и декоративных культур, сокращая сроки их высадки в грунт и обеспечивая лучшую приживаемость и, соответственно, более высокий урожай.

Бацифор и экзофор рекомендуются при выращивании томатов, огурцов, перца, сельдерея, пекинской капусты, цветочной продукции - астр, гвоздики на крупных сельскохозяйственных предприятиях, в крестьянских хозяйствах, на садовых участках, в комнатном цветоводстве.

Перспективы снижения негативного действия тяжёлых металлов на агроландшафты.

В настоящее время в результате развития промышленности и интенсивного ведения сельского хозяйства происходит загрязнение агроландшафтов тяжелыми металлами. В связи с этим все острее встают вопросы, связанные с разработкой методов очистки почв от тяжелых металлов и эффективного ведения сельского хозяйства в условиях усиления антропогенного воздействия на окружающую среду. В этом сложном комплексе проблем весьма перспективными могут быть подходы, основанные на создании специальных растительно-микробных систем, использование которых позволит с одной стороны получать экологически чистую продукцию на слабозагрязненных почвах, а с другой стороны очищать почвы и восстанавливать экосистемы (фиторемедиация почв). Для реализации данных подходов необходимо всестороннее изучение устойчивости и трансформации тяжелых металлов растениями и почвенными микроорганизмами, а также механизмов взаимодействия растений с полезной почвенной микрофлорой в условиях стресса, вызванного присутствием токсичных металлов.

Показано, что производственные штаммы ассоциативных бактерий способны иммобилизовать тяжелые металлы и препятствовать их накоплению в сельскохозяйственных растениях. Разработан метод селекции эффективных штаммов ассоциативных ростстимулирующих бактерий, обладающих высокой устойчивостью к тяжелым металлам. Выделено и детально охарактеризовано более 30 штаммов ростстимулирующих бактерий, которые представляют большой интерес для изучения механизмов положительного влияния бактерий на рост растений в стрессовых условиях и являются перспективными для создания устойчивых к тяжелым металлам растительно-микробных ассоциаций. В результате исследований установлено, что бактеризация может повышать устойчивость растений к тяжелым металлам за счет иммобилизации токсичных металлов в ризосфере, стимуляции роста фитогормонами, снижения биосинтеза стрессового этилена и повышения усвоения растениями питательных элементов.

Проведено изучение внутривидовой изменчивости растений горчицы сарептской, которая является перспективным растением для фиторемедиации почв, и гороха посевного по устойчивости к кадмию и способности аккумулировать тяжелые металлы. В результате этой работы проведена селекция устойчивых к кадмию генотипов горчицы и обнаружена корреляция между устойчивостью и некоторыми характеристиками растений, что свидетельствует о возможности проведения направленной селекции устойчивых к тяжелым металлам генотипов по фенотипи-

ческим признакам. Результаты проведенных исследований также показали, что существует генетическая изменчивость гороха по устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов. Например, содержание кадмия в соломе гороха может варьировать в 3 раза в зависимости от генотипа растения. Обоснованная возможность сочетания в одном генотипе признаков повышенной устойчивости и минимального содержания тяжелых металлов в биомассе открывает перспективы для создания новых сортов гороха в целях получения экологически чистой продукции в условиях возрастающего загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами.

8.9.13. Сроки и способы уборки урожая

Для каждой культуры необходимо выбрать срок и способ уборки, обеспечивающий наибольший сбор урожая высокого качества и кормопротеиновых единиц с учетом биологических особенностей культуры, высоты, густоты и полеглости посева, сорта, урожайности, засоренности поля, погодных условий, наличия техники и проч.

Зерновые культуры убирают преимущественно прямым комбайнированием и отдельно. При отдельной уборке скошенные и уложенные в валки хлеба по мере их подсыхания (через 2-4 дня) подбирают и обмолачивают. Этот способ хотя и более трудоемкий, но позволяет снизить потери, упростить технологию и уменьшить затраты на очистку и сушку зерна. Скашивание начинают в фазе восковой спелости при влажности зерна 35-20 % на 5-10 дней раньше, чем прямое комбайнирование. Это уменьшает потери от осыпания и увеличивает урожайность на 3-5 ц/га.

Прямое комбайнирование применяют при полном созревании хлебов при влажности зерна 18-14 % на чистых от сорняков полях. Этот способ менее трудоемкий и более распространенный, но он увеличивает потери урожая, особенно при затянувшихся сроках уборки и на сильно засоренных полях. Эти способы уборки должны дополнять друг друга с учетом складывающихся условий. Нельзя применять отдельную уборку на низкорослых и изреженных посевах. В дождливую погоду, когда зерно в валках долго просыхает и даже прорастает, следует отказаться от отдельной уборки.

Десикация посевов зерновых культур за 2 недели до уборки раундапом (3 л/га) или ураганом (2-4 л/га) при влажности зерна не более 30 % позволяет подсушить сорняки и применить прямое комбайнирование.

Просо, гречиха, овес, сорго созревают неравномерно и их следует убирать отдельно. Их скашивают при созревании 75-80 % зерен, валки подбирают через 3-4 дня. Из зернобобовых культур прямым комбайнированием убирают сою, нут, неполегающие и нестрескивающие сорта гороха и кормовых бобов (с предварительной десикацией или без нее), а остальные – отдельно.

Для мелкосемянных бобовых культур (люцерны и др.) возможен обмолот всего биологического урожая на стационаре.

Уборку подсолнечника начинают, когда у 85-90 % растений корзинки станут бурыми и влажность семян снизится до 14-12 % и заканчивают за 7-9 дней. Для ускорения созревания можно применить десикацию реглоном супер (2 л/га), хар-

вейдом (1,2 кг/га) или бастой (1,5-2 л/га) в начале побурения корзинок при влажности семян 35-25 %.

Сахарную свеклу убирают поточным, перевалочным и поточно-перевалочным способами. Ботвоуборочная машина срезает ботву, а корнеуборочная машина выкапывает корнеплоды и грузит их в рядом идущий транспорт. При поточном способе уборки транспорт отвозит корнеплоды от корнеуборочной машины сразу на свеклопункт, а при перевалочном – в бурты на краю убранной части поля. При сочетании этих способов получается поточно-перевалочный способ уборки сахарной свеклы. Поточный способ уборки применяют при достаточном количестве транспортных средств, на чистых от сорняков полях при хорошей погоде. При недостатке транспортных средств и когда убранные корнеплоды нуждаются в доработке (удаление ботвы, прилипшей почвы и т. п.) применяют перевалочный способ. Современные свеклоуборочные комбайны (Холмер, Кляйн, Агрифак и др.) позволяют за 1 проход скосить ботву, выкопать корнеплоды, накопить их в бункере и выгрузить в транспортные средства или в бурт на краю поля.

Картофель убирают комбайнами или копателями с предварительным удалением ботвы. Комбайновую поточную уборку проводят на легких почвах. Товарный картофель от комбайнов поступает на сортировальный пункт, где его разделяют на крупную, среднюю и мелкую фракции и отправляют на реализацию. Раздельную уборку картофеля применяют на тяжелых и влажных почвах, не пригодных для поточной уборки. Сначала картофель выкапывают картофеле-валкообразователем, подсушивают, подбирают (комбайном или вручную) и отправляют на сортировальные пункты. Возможна комбинированная уборка картофеля в две фазы. Сначала 2 рядка выкапывают копателем и укладывают клубни в междурядье двух смежных рядков. В то же междурядье можно уложить клубни со смежных 2 рядков с другой стороны. Затем 2-рядный комбайн выкапывает эти 2 ряда и заодно подбирает валок картофеля. Этот способ увеличивает производительность комбайнов в 1,5-2 раза. Он применим при хорошей сепарации почвы и урожае клубней до 180 ц/га. В первую очередь убирают ранний товарный картофель, затем – семенные участки ранних сортов, остальные сорта – по мере их созревания. Масловую уборку начинают 15-20 августа и заканчивают 15-25 сентября до снижения среднесуточной температуры до +5 °С.

Кукурузу на силос убирают в молочно-восковой спелости силосоуборочными комбайнами, которые срезают, измельчают скошенную массу и погружают в транспортные средства, которые отвозят ее к месту силосования.

Кормовые травы на сено, сенаж и травяную муку скашивают в фазе колошения (выметывания) злаковых и бутонизации–начале цветения бобовых культур.

8.9.14. Оценка энергетической эффективности агротехнологий

Одной из главных задач современных агротехнологий является повышение коэффициента использования энергии ФАР посевами сельскохозяйственных культур, прежде всего, за счет роста экологической и энергетической эффективности управления техногенными энергетическими потоками в форме удобрений, пестицидов, сельскохозяйственной техники, ГСМ и др.

В решении проблемы рационального использования энергоресурсов в земледелии важная роль отводится адекватному анализу энергетических потоков, реализуемых в агротехнологиях с полным учетом всех категорий энергозатрат, связанных с выполнением комплекса технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур.

При энергетической оценке агротехнологий все энергозатраты можно условно разделить на две категории: прямые и косвенные. К прямым энергозатратам относятся затраты труда, расход ГСМ, затраты электроэнергии, твердых энергоносителей (уголь, торф, дрова), газа, пара, тепла и другие энергоресурсы, которые в качестве энергоносителей непосредственно используются (утилизируются) в агротехнологиях. К косвенным относятся энергозатраты на изготовление, хранение и транспортировку средств производства (сельскохозяйственная техника, семена, удобрения, мелиоранты, пестициды, стройматериалы и др.). Сюда же следует отнести энергетические эквиваленты затрат на добычу, переработку и транспортировку самих энергоносителей (нефть, уголь, лес, торф и др.) и сырья для производства черных и цветных металлов (железная руда, боксит и др.), из которых изготовлены трактора, автомобили и сельскохозяйственные машины.

Расчет энергетической эффективности агротехнологий проводится в соответствии с данными технологических карт и нормативными энергетическими эквивалентами (табл. 8.88).

Суммарные энергозатраты на всю технологию возделывания сельскохозяйственной культуры (E_c) определяются суммой энергозатрат на выполнение отдельных технологических операций по формуле:

$$E_c = E_1 + E_2 + \dots + E_n,$$

где E_1, E_2, \dots, E_n – энергозатраты при выполнении 1, 2 ... n-ной технологической операции, МДж.

По каждой технологической операции учитываются прямые и косвенные энергозатраты по формуле:

$$E_c = (E_{\Pi}^1 + E_K^1) + (E_{\Pi}^2 + E_K^2) + \dots + (E_{\Pi}^n + E_K^n),$$

где $E_{\Pi}^1, E_{\Pi}^2, \dots, E_{\Pi}^n$ – прямые энергозатраты при выполнении 1, 2, ... n-ной технологической операции, МДж;

$E_K^1, E_K^2, \dots, E_K^n$ – косвенные энергозатраты при выполнении 1, 2, ... n-ной технологической операции, МДж.

В свою очередь, прямые энергозатраты при выполнении n-ной технологической операции (E_{Π}^n , МДж) рассчитываются по формуле:

$$E_{\Pi}^n = Z_{\Gamma}^n \cdot K_{\Gamma} + Z_T^n \cdot K_T + Z_{\Theta}^n \cdot K_{\Theta},$$

где Z_{Γ}^n – затраты горюче-смазочных материалов при выполнении n-ной технологической операции, кг;

Z_T^n – затраты труда при выполнении n-ной технологической операции, чел-час;

$3_{\text{э}}^n$ – затраты электроэнергии при выполнении n -ной технологической операции, кВт-час;

$K_{\Gamma}, K_T, K_{\text{э}}$ – энергетические эквиваленты ГСМ (МДж/кг), затрат труда (МДж/чел-час), электроэнергии (МДж/кВт-час) при выполнении n -ной технологической операции.

При расчете косвенных энергозатрат учитывается время работы агрегатов и нормативы годовой загрузки, нормы выработки и их энергетические эквиваленты, устанавливаемые на основе межотраслевых балансовых расчетов исходя из суммарных затрат на изготовление, хранение и транспортировку сельскохозяйственной техники.

Косвенные энергозатраты при выполнении n -ной технологической операции (E_K^n , МДж) рассчитываются по формуле:

$$E_K^n = t_D^n \cdot K_D + t_M^n \cdot K_M,$$

где t_D^n – время работы двигателя (трактора) при выполнении n -ной технологической операции, час;

t_M^n – время работы сельскохозяйственной машины (орудия, агрегаты) при выполнении n -ной технологической операции, час;

K_D, K_M – энергетические эквиваленты времени работы двигателей и сельскохозяйственных машин, МДж.

Если при выполнении n -ной технологической операции используются материалы, энергосодержание которых переносится (полностью или частично) на продукцию, производимую в текущем году (семена, удобрения, пестициды, мелиоранты, поливная вода и др.), они суммируются с косвенными энергозатратами, реализуемыми при выполнении этой технологической операции.

Энергосодержание материалов, используемых в агротехнологиях (E_M^n , МДж), рассчитывается по формуле:

$$E_M^n = M^n \cdot K_{\text{э}},$$

где M^n – масса (объем) материальных средств, используемых при выполнении n -ной технологической операции, кг (м^3);

$K_{\text{э}}$ – энергетический эквивалент материальных средств, МДж/кг (МДж/ м^3).

Энергетические затраты на ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственных машин, тракторов, транспортных средств, электродвигателей по существующим нормативам составляют 10-15 % от уровня прямых энергозатрат на выполнение технологических операций с их участием.

При расчете суммарных энергозатрат затраты ГСМ, труда, нормативы времени работы двигателей (тракторов) и сельскохозяйственных машин, масса (объем) материалов, используемых в агротехнологиях, берутся из технологических карт.

Коэффициент энергетической эффективности агротехнологии (K_e) рассчитывается по формуле:

$$K_e = \frac{E_y}{E_c},$$

где E_y – энергосодержание урожая, МДж/га;

E_c – суммарные энергозатраты на реализацию агротехнологии, МДж/га.

Для удобства расчетов энергетических затрат на выполнение агротехнологий, предлагается следующая форма таблицы:

Энергетические эквиваленты по всем категориям берутся из справочников.

8.90. Энергетические затраты на выполнение агротехнологий

№№ п/п	Наименование технологической операции	Объем работ в физическом выражении	Состав агрегата		Затраты труда, чел-час	Затра- ты ГСМ, кг	Затра- ты электро- тро- энер- гии, кВт-час	Энергетические затраты, МДж			
			Дви- жи- тель (трак- тор)	С.- х. ма- ши- на				Пря- мые	Кос- вен- ные	Суммарные	
										Всего	На 1 га паш- ни

8.10. Контроль качества продукции растениеводства, сертификация продукции и агропредприятий.

8.10.1. Качество продукции растениеводства и стандартизация

Качество продукции растениеводства во многом определяет её рыночную цену. Внутренний рынок и международная торговля требуют введения и дифференциации показателей качества, нахождения их объективных значений, выражаемых через измеряемые приборами количественные характеристики, которые далее будут рассмотрены на примере зерновых культур.

Желаемое качество, прежде всего, проявляется в требованиях стандартов. Национальные стандарты и товарные классификации зерна, закрепляют требования к уровням качества в стране производителе. Международные стандарты (предмет добровольных международных соглашений), ориентированы на требования, устраивающие все договаривающиеся стороны.

Стандарты на растениеводческую продукцию, как правило, устанавливают общие требования к качеству: товарный вид, отсутствие посторонних вкусов и запахов, а также требования и нормы, позволяющие классифицировать продукцию по сортам, классам, категориям и т.п. При этом в сопроводительных документах на сельскохозяйственные продукты, принимаемые к международной перевозке, указываются данные соответствующие или национальным стандартам страны получателя, или международным стандартам.

Стандарты, методы измерений и приборная база в различных странах различны, глобализация торговли зерновыми, как и другими продуктами растениеводства, требует их гармонизации. Тенденция гармонизации национальных стандартов стран - экспортёров продукции растениеводства становится всеобщей.

Россией взят курс на полноценное вхождение в европейское экономическое пространство, что автоматически требует интеграции российских стандартов с международными, последние становятся приоритетными.

Международные стандарты для сферы производства сельскохозяйственного сырья и оборота пищевых продуктов разрабатываются различными международными организациями по стандартизации, в первую очередь Комиссией Кодекс Алиментариус (от лат. *alimentum* – обязывание). Комиссия Кодекс Алиментариус организована совместно ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) и ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) для осуществления объединенной программы ФАО/ВОЗ по разработке единых стандартов на продовольственные товары. В реализации этой программы участвуют 144 страны.

Гармонизация российских национальных стандартов с международными не может быть одномоментной, ибо затрагиваются коммерческие интересы многих российских производителей. Гармонизация требует переоснащения тысячи производственных и инспекционных лабораторий, проведения обучения персонала и это неизбежно, поскольку международные стандарты представляют результат многолетней работы международных научно-промышленных обществ, следствие многолетних дискуссий, приведших к согласию многих сторон.

Так или иначе, но с принятыми ранее международным сообществом коллективными решениями по стандартизации придётся считаться, хотя очевидно, что ещё достаточно долгое время мы будем вынуждены в области стандартизации пользоваться действующей российской нормативной базой. Выгодным будет лишь постепенное, поэлементное введение международной базы.

Главную роль в разработке единых (приемлемых для большинства стран) показателей качества зерновых, методик измерения и приборов играют Международное общество по химии и технологии зерна (ИСС) и Американская ассоциация по химии зерна (ААСС). Понятно, что российским учёным и производителям зерна необходимо существенно увеличить своё влияние в этих организациях, обеспечить своё участие в выработке всех принимаемых обществами рекомендаций, отдавая себе отчёт в том, что принятые сегодня рекомендации, завтра станут международными стандартами. Аналогичные упомянутым общества работают и по другим направлениям растениеводства.

Из всего многообразия показателей качества растениеводческой продукции в стандартах всегда выделяются наиболее важные: в картофеле для промышленной переработки – содержание крахмала, в зерне пшеницы – содержание клейковины или белка, в корнеплодах сахарной свеклы – содержание сахара, в семенах подсолнечника – содержание и кислотное число масла и т.д. В зависимости от характера использования продукции стандарты иногда ориентируют селекционеров на изменение отдельных качественных характеристик одного и того же вида растений в прямо противоположном направлении.

Примером может служить ячмень. Пивоваренные сорта ячменя должны давать зерно с пониженным содержанием белка, от фуражных требуется противоположное. Здесь же отметим ещё одну деталь. Действующий сегодня ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный» содержит соответствующий большинству европейских стандартов перечень измеряемых характеристик и по качеству подразделяет ячмень на два класса, но таким образом, что наш первый класс по некоторым харак-

теристикам оказывается между их первым и вторым классом, что вызывает тенденцию к снижению цены в международных операциях.

Стандарты, действующие сегодня в России и большинстве стран СНГ, были введены в период плановой экономики и отражают необходимость планового использования всего произведённого в стране зерна, а не только зерна высокого качества. Стандарты подразделяют показатели качества зерна на базисные, ограничительные и собственно качества. В международных стандартах подобного нет, используются лишь показатели качества.

Базисные (основные) показатели соответствуют такому уровню качества, при котором зерно, имеет полноценные пищевые, кормовые или технические достоинства и может быть применено по целевому назначению без подработки. За зерно, отвечающее этим нормам, государство в советский период немедленно рассчитывалось с поставщиками. Зерно, удовлетворяющее ограничительным нормам, так же принималось элеваторами. Эти нормы отражают возможность хранения и использования зерна после соответствующей подработки. В нормах по качеству осуществлена товарная классификация с подразделением на классы и типы подтипы и т.п. Эти нормы важны для переработчиков, позволяют, например, смешивая зерно разных типов, формировать однородные партии на мукомольных заводах.

В качестве примера (таблицы 8.91, 8.92 и 8.93) приведены выдержки из ГОСТ 935390 и ГОСТ 5060-86.

8.91. Основные показатели товарной классификации мягкой пшеницы (ГОСТ 9353-90)

Показатели	Класс качества					
	выс- ший	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Сорта, включенные в список	Сильные			Сильные, ценные	Без ограничений	
Типовой состав	1-3-й подтипы 1,4 типов, 1-й подтип 3 типа и 5 тип		1, 3, 4 и 5 типы		1, 3, 4, 5 типы и смесь типов	
Содержание клейковины, % не менее	36	32	28	23	18	Не ограничено
Группа клейковины	1	1	1	2	2	То же
Число падения с	200	200	200	151-200	80-150	Менее 80
Стекловидность, % не менее	60	60	60	Не ограничивается		
Проросших зерен, %, не более	1	1	1	3	3	5
Натура не менее, г/л	Базисная 750-730			710	710	Не ограничено
Фузариозных зерен, %, не более	1	1	1	1	1	1

Таблица 8.92 даёт представление об ограничительных нормах по качеству пшеницы, поставляемой для различных целей.

8.92. Ограничительные нормы для поставляемой пшеницы, используемой на различные цели

Показатель	На муку	На крупу	На корм и комби-корм
Влажность, %	13,5	14,5	14,5
Сорная примесь	2,0	1,5	5,0
в т.ч. минеральная примесь	0,3	0,3	1,0
Галька	0,1	0,1	В пределах содержания минеральной примеси
шлак и руда	0,05	0,05	
Испорченные зерна	1,0*	0,2	1,0
Фузариозные зерна	1,0	1,0	1,0
вредная примесь	0,2	0,2	0,2
в т.ч. вязель и горчак ползучий	0,1	0,05	0,1
спорынья и головня	0,15	0,1	0,1
куколь	0,5	0,5	0,5
Головневые зерна, %, не более	10,0	10,0	10,0
Зерновая примесь, %, не более	5,0	5,0	15,0
в т.ч. проросшие зерна пшеницы: мягкой 1 и 2-го классов	1,0	1,0	
твердой 1 и 2-го классов	0,5	0,5	
мягкой и твердой 3 и 4-го классов	3,0	3,0	
Зараженность вредителями	Не допускается, кроме зараженности клещом, не выше		
	II степени	I степени	II степени

- – для переработки в макаронную крупу – не более 0,2 %

Нормы, аналогичные нормам, приведённым в таблицах 8.91, 8.92, 8.93, разработаны и действуют в России для всей группы зерновых, наряду с общими требованиями (натура, сорная примесь и др.), они содержат специфичные для каждой культуры требования.

Главным показателем, характеризующим качество зерна пшеницы, в российских стандартах выступает клейковина (см. табл. 8.91), в международных стандартах таким показателем является содержание белка. Говорить однозначно, что контроль качества по содержанию белка более объективен, чем по клейковине нельзя, скорее наоборот, но такова сложившаяся мировая практика, с которой необходимо считаться.

Уже сегодня целесообразно заранее закупать оборудование и обучать персонал контрольных и производственных лабораторий работе с общепризнанными методиками определения количества белка в зерне.

Клейковина пшеницы представляет собой сложный белковый комплекс, получаемый при отмывании водой пшеничного теста. В этом комплексе молекулы белка при замешивании теста соединяются посредством дисульфидных, водородных, ионных и других связей в некий каркас, пронизывающий тесто. От клей-

ковины зависят вязко-эластичные свойства теста, его способность удерживать углекислый газ, разрыхляться и давать при выпечке упругий эластичный и пористый мякиш.

8.93. Нормы качества для пивоваренного ячменя (ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный»)

Показатель	Норма для класса	
	1-го	2-го
Цвет	Светло-желтый, желтый	Светло-желтый, желтый, серовато-желтый
Запах	Характерный для нормального зерна	
Состояние	Здоровый, негреющийся	
Влажность, %	15,0	15,5
Белок, %	12,0	12,0
Сорная примесь, %, в т.ч.	1,0	2,0
Вредная примесь, %, в т.ч.	0,2	0,2
гелиотроп опушенноплодный и триходесма седая	Не допускаются	
Зерновая примесь, в т.ч.	2,0	5,0
Мелкие зерна, %	5,0	7,0
Крупность, %	85,0	60,0
Способность прорастания, %	95,0	90,0
Жизнеспособность, %	95,0	95,0
Зараженность вредителями	Не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени	

Сорта пшеницы средней хлебопекарной силы (ценные) дают муку с хорошими хлебопекарными свойствами, но она не улучшает муку слабой пшеницы. Зерно такой пшеницы, как правило, содержит белка (11 — 13,9)%, клейковины — (25 — 27)%, качество клейковины относится ко второй группе.

Слабая пшеница дает муку, хлеб из которой имеет небольшой объем и плохую пористость. Мука из такой пшеницы во время замеса теста нормальной консистенции поглощает немного воды, а тесто в процессе брожения и обработки быстро ухудшает свои физические свойства, становится жидким, неэластичным, липким. Слабая пшеница характеризуется небольшим содержанием белка (менее 11 %), клейковины (менее 25 %) или достаточным их количеством, но с клейковиной плохого качества (третьей группы).

Питательную ценность зерна определяет не только общее содержание белка, но и наличие в белке незаменимых аминокислот: лизина, триптофана, метионина, фенилаланина, валина, треонина, изолейцина и лейцина, а для некоторых животных незаменимыми также являются аргинин и гистидин.

Особого внимания в числе показателей качества заслуживает наиболее простой из них - натура зерна, нашедшая повсеместное применение в практике внутренней и международной оценки товарного зерна. Ее издавна рассматривают как косвенный показатель выходов муки. Натурой называют массу зерна определенного объема. В России этот показатель принято выражать массой одного литра

зерна в граммах, за рубежом — массой одного гектолитра зерна в килограммах. В селекционной работе используют взвешивание 0,25 л. зерна.

Форма зерновки также имеет существенное значение для мукомольной промышленности. Установлено, что наилучшей считается шаровидная зерновка с неглубокой бороздкой ввиду того, что она легче размалывается, чем удлиненная. Предпочтительными с этой точки зрения оказываются сорта с шаровидной зерновкой.

Важным критерием оценки мукомольных свойств зерна пшеницы является его способность к крупнообразованию, обеспечивающая увеличение выхода муки высоких сортов. Крупнообразование зависит от структурно-механических свойств зерновки: твердозерность, сопротивление сжатию, сопротивление раздавливанию, удару, растяжению, скалыванию и др.

Наиболее широкое распространение для оценки структурно-механических свойств зерна получил признак твердозерности. Его определяют различными методами. В США и Канаде для этой цели применяют индекс шелушения зерна, в Германии измеряют индекс прочности зерна с помощью микротвердомера. В России крупнообразующую способность пшеницы большей частью выявляют по степени измельчения зерна (дисперсность) в заданный промежуток времени на лабораторных мельницах.

Признаком, характеризующим способность зерна давать муку нужного качества, является его стекловидность. В основе этого понятия лежит зрительное восприятие внешнего вида зерна, обусловленное его структурой. Структурные особенности придают прозрачность, восковой вид стекловидному зерну или непрозрачность, матовый вид и белый цвет мучнистой зерновке. При размоле мучнистой пшеницы получают крупки беловатого и матового цвета с тупыми краями, при размоле же стекловидной пшеницы мука получается рассыпчатая, крупитчатая, хорошей севкости.

С 1934 г. и по настоящее время в России действует классификация товарной пшеницы по типам и подтипам. Классификацией охвачены шесть типов пшеницы. Среди них основу производства составляет пшеница мягкая краснозерная яровая I типа (около 43% всей производимой пшеницы) и озимая IV типа (около 51%). Доля зерна пшеницы остальных типов значительно ниже. Наименьшие посевные площади заняты под озимой твердой пшеницей VI типа. Данный тип введен в классификацию только в 1985 г.

В основу деления пшеницы на типы положены три признака: биология растений (яровая, озимая); ботанический вид (мягкая, твердая); цвет оболочки (краснозерная, белозерная). Для зерна каждого типа предусмотрена допустимая норма примеси зерен других типов. Характеристика пшеницы разных типов дополнена перечнем сортов, наиболее широко распространенных в производстве.

Каждый тип пшеницы разделен на подтипы с учетом уровня стекловидности зерна и его цвета. При этом для краснозерной пшеницы (озимой и яровой) предусмотрено деление на пять подтипов, различающихся оттенками основного красного цвета и степенью пестроты пробы, обусловленной наличием желтых, желтобоких, обесцвеченных и потемневших зерен.

Требования по стекловидности для зерна 1-го подтипа максимальны (не менее 75%), для зерна 5-го подтипа минимальны (менее 40%). Уровнем стекловидности определяется также деление на подтипы пшеницы белозерной яровой.

Деление пшеницы на подтипы служит для дифференциации зерна по качеству на всех этапах работы с ним и в первую очередь при размещении и формировании на элеваторах первичных товарных партий во время приемки пшеницы. Применение подтипов играет положительную роль, поскольку при формировании товарных партий учитываются такие важные в технологическом отношении признаки, как стекловидность, цвет, а также сортовые особенности.

Признаков, заложенных в подтипы, недостаточно, чтобы разделять заготавливаемое зерно по хлебопекарным свойствам, т. е. получать однородные по силе партии. В связи с этим, начиная с 60-х годов, шло дальнейшее совершенствование количественной оценки качества товарного зерна пшеницы с целью выделения пшеницы - улучшителя. Появилось понятие "сила пшеницы" и разработан комплекс признаков, разносторонне характеризующих ее свойства и схема испытаний. В таблице 8.95 приведено уточненное деление пшеницы по "силе", учитывающее практически все важные критерии качества.

Наряду с прямыми признаками (объемный выход и формоустойчивость хлеба, выпеченного разными методами), в схему включен целый ряд косвенных признаков. Ведущее место отведено тем из них, которые характеризуют хлебопекарные свойства пшеницы, — количеству клейковины, с обязательным учетом ее качества. Ограничения по стекловидности введены для того, чтобы высококачественное в хлебопекарном отношении зерно можно было оценивать и по мукомольным свойствам.

Методика испытания пшеницы по полной схеме достаточно сложна. Понадобилось издание специального методического руководства, регламентирующего проведение всех предусмотренных схемой анализов. Этим руководством пользуются все технологические лаборатории, где проводится оценка пшеницы по силе.

Из-за сложности, трудоемкости и длительности выполнения анализов применение всей схемы в производственных лабораториях затруднено. В зависимости от конкретных технологических задач и профиля лабораторий на разных этапах работы с зерном возможно применение не полных комплексов показателей качества. В 1967 г. была разработана межведомственная система показателей для характеристики зерна пшеницы "по силе" на всех этапах работы с ним, начиная с научных исследований и кончая производственными условиями. Эта система показателей (табл. 8.94) и сегодня продолжает действовать.

При селекции (на завершающих этапах, когда накапливается количество зерна, достаточное для анализов), при сортоиспытаниях, при ежегодно проводимых Государственной хлебной инспекцией обследованиях качества товарного зерна, при подборе партий на экспорт, в научно-исследовательской работе используются все показатели "силы" пшеницы.

8.94. Оценка пшеницы по «силе»

Признак качества	Сильная пшеница	Слабая пшеница
Содержание белка, % на сухое вещество	Не менее 14	Менее 11
Стекловидность, %	60	60
Содержание сырой клейковины в зерне. %	28	25
Содержание клейковины в муке 70% выхода. %	32	30
Качество клейковины (не ниже), группа	1	2
Разжижение теста по фаринографу или валориграфу, е.в.	Не более 80	Более 150
Уд. работа на деформацию теста по альвеографу W. Дж/г	Более 280	Менее 200
Упругость теста по альвеографу, мм.	Не менее 80	-
Отношение упругости к растяжимости по альвеографу	1 - 2	-
Объёмный выход хлеба при выпечке, куб. см		
Без сахара	450 и более	350
С сахаром	500 и более	400
С повторным промесом теста	700 и более	600
Отношение высоты хлеба к диаметру при выпечке		
Без сахара	0,40 и бол.	0,30
С сахаром	0,40 и бол.	0,30
С повторным промесом теста	0,55 и бол.	0,35

8.95. Система показателей "силы" зерна пшеницы, определяемых на разных стадиях.

Тип лабораторий и контрольных операций	Стекло вид-ность.	Со-держа-ние белка	Количе-ство клейко-вины	Каче-ство клей-ковины	Реологи-ческие свойства теста	Выпечка после по-втор. промесс.
Селекционные на стадиях кон-троля: ранних завершающих	+ +	+/- +	+/- +	+/- +	+ - +	+ - +
Госкомиссии по сортоиспытанию с/х культур	+	+	+	+	+	+
Госхлебинспекции при обследо-вании: урожая сельхозпроизводителей	+ +	+ -	+ +	+ +	+ -	+ -
хлебоприёмных предприятий при приёмке зерна: всего сильного и ценного	+ +	- -	- +	- +	- -	- -
при подборе партий зерна на экс-порт	+	+	+	+	+	+
мукомольных заводов, при приём-ке зерна	+	-	+	+	-	-
Мука на экспорт	-	+	+	+	+	+
Мука сортовая	-	-	+	+	+-	+-
Мука обойная	-	-	+	+	-	-
Хлебозаводы	-	-	+	+	+ -	+
Лаборатории НИИ и ВУЗов	+	+	+	+	+	+

Показатели: (+) - обязательно, (+ -) - желательно при возможности, (-) - не требуется, (- /+) - при необходимости.

На этапе приемки хлебоприемными предприятиями сортов пшеницы, относящихся к сильной, достаточно их оценивать по сокращенному числу признаков: стекловидности, количеству и качеству клейковины, поскольку в процессе селекции, сортоиспытания и научных исследований все ботанические сорта пшеницы тщательно изучались по полной схеме.

Те сорта, которые признаны потенциально сильными, включаются в ежегодно пересматриваемый список сортов сильной пшеницы. Поскольку на качество зерна кроме наследственных особенностей влияют условия его выращивания, контроль товарной пшеницы по "силе" остаётся необходимым, хотя и с использованием сокращенной схемы.

8.10.2. Обеспечение качества продукции

Качество продукции растениеводства существенно зависит от сорта. Сорта сельскохозяйственных культур заметно различаются по способности повышать урожайность и качество с улучшением условий выращивания. Сорта интенсивного типа более динамично, чем иные, реагируют на применение удобрений, агрохимикатов, орошения и средств механизации. Однако реакция не всегда выражается в одновременном повышении качества и урожайности. Бывает, что рост урожайности сопровождается снижением показателей качества. Последнее означает, что в производственной технологической цепочке присутствуют операции, (критические точки), требующие повышенного внимания, а возможно и пересмотра.

Внесение изменений в технологии производства через выявление критических точек и усиление контроля качества в этих точках стало основным направлением получения высококачественной продукции растениеводства.

Мировым научным сообществом создана система (методика) обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points - Анализ рисков и критические контрольные точки), которая завоевала всеобщее признание, известна в русской транскрипции как ХАССП, рекомендована и начала применяться в России.

С 1 июля 2001 г. введен ГОСТ Р. 51705.1-2001 "Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования". Введение вышеназванного ГОСТа делает ХАССП главным инструментом обеспечения качества продукции растениеводства. Общее представление о последовательности принятия решений при обеспечении качества методом ХАССП даёт рисунок 8.3.

Детальное рассмотрение технологических операций и переходов, предусмотренное ХАССП, требует, например, осуществления контроля качества зерновых непосредственно в процессе выращивания на поле, оставляя за лабораторией элеватора лишь контроль 1-2 параметров, необходимых элеватору для осуществления собственных действий по подработке, как правило удаление сорной примеси т.п. Приёмка на элеваторе 20 тонного зерновоза занимает в этом случае не более 3-5 минут. Принцип используется и для других культур массового производства. Приёмка грузовика с сахарной свёклой на крупных европейских сахарных заводах так же осуществляется за 3-5 минут.

Применение системы ХАСП, являясь общепризнанным магистральным путём обеспечения качества, требует значительных затрат, как на обновление технологической базы, так и на повышение квалификации персонала. Технологический комплекс, отвечающий этой системе, должен гарантировать создание растениям условий, обеспечивающих получение продукции с заданными стандартом параметрами качества. К таким условиям относится: выбор предшественника; системы обработки почвы, удобрения; соблюдение технологии посева; уход за посевами; применение средств защиты растений, своевременная уборка, послеуборочная подработка и хранение.

Содержание белка в зерне зависит от погоды, агротехники, и особенно азотного питания в период налива зерна. На качество зерна существенно влияют условия возделывания. Количество белка в зерне повышается в направлении с севера на юг и с запада на восток. Более высокое качество зерна отмечено на типичных черноземах, среднее – на выщелоченных черноземах и низкое – на подзолистых почвах.

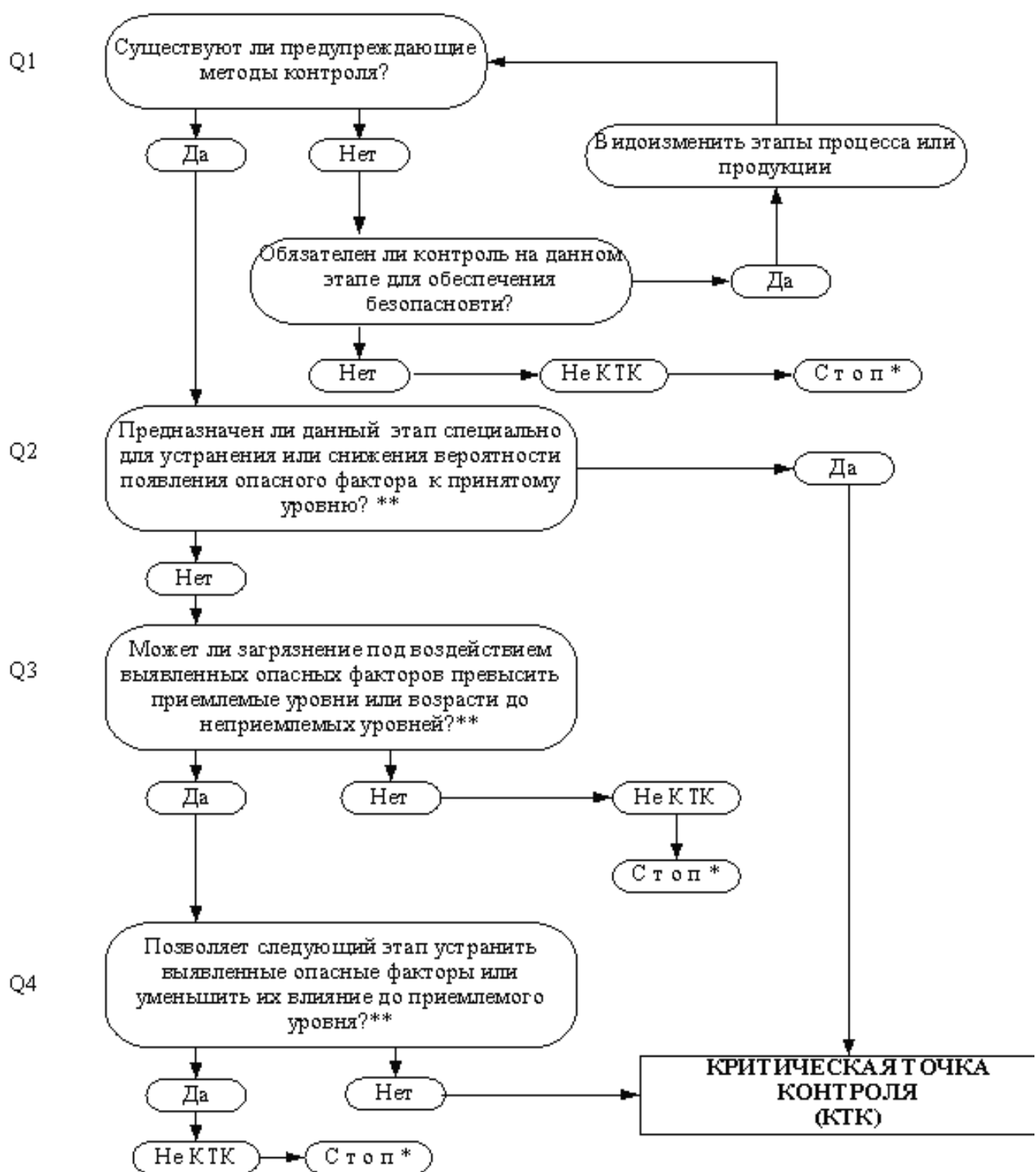
ХАСП обязывает учитывать все вышеприведенные факторы. Поскольку климатические условия на территории хозяйств, расположенных в зоне действия обслуживающего их элеватора, имеют близкие характеристики, то жёсткое соблюдение технологий выращивания зерновых и контроль в критических точках действительно приводят к гарантированному обеспечению заданного стандартом качества.

В хозяйствах, не применяющих систему ХАСП, перед уборкой целесообразно определить поля, с которых можно получить сильную или ценную пшеницу и составить план предварительного обследования посевов на качество. На участках, где намечено получить высококачественное зерно, отдельную уборку начинают с середины восковой спелости при влажности зерна 25-30 %. Ранняя уборка на полях, где применяли позднюю азотную подкормку, может принести вред, так как на таких участках поступление азота в зерно заканчивается лишь в конце восковой спелости.

Начинать уборку полезно с обкосов поля до 25-30 м. Полученное с обкосов зерно ссыпают отдельно, оно бывает менее качественным. Обмолот валков желательно провести через 2-3 дня после скашивания. При достижении полной спелости приступают к прямому комбайнированию.

Высококачественную пшеницу убирают в первую очередь, не допуская смешивания разнокачественного зерна. По результатам оценки на току формируют однородные по классности товарные партии. Зерно на току предохраняют от увлажнения, так как длительное увлажнение зерна ведет к обесцвечиванию, энзимо-микозному истощению, прорастанию и резкому ухудшению качества.

Своевременная очистка от примесей, щуплых и битых зерен и отлежка зерна в течение 1-2 месяца улучшают качество зерна. Примерно так же можно формировать и контролировать качество урожая других сельскохозяйственных культур.



* Перейти к следующему выявленному опасному фактору в рассматриваемом процессе.

** Приемлемые и неприемлемые уровни должны определяться в рамках общих за установления КТК в программах НА СС

Рисунок.8.3. Дерево решений

8.10.3. Контроль качества и сертификация продукции

Понятия - контроль качества продукции растениеводства и сертификация товарных партий, хотя и сходны по типу применяемых измерений, но различны по направленности использования их результатов.

Контроль качества осуществляется в целях производства и может проводиться на всех этапах производства, транспортирования и хранения продукции собственными или сторонними лабораториями. Оперативное получение объективной информации по качеству позволяет своевременно принимать необходимые решения. Производственный контроль качества производителя, как правило, всегда организуют в виде входного, операционного и заключительного (выходного) контроля.

Входной контроль (приёмочный) — это контроль, например, качества семян, удобрений и всего того, что поступает со стороны. Операционный контроль – это контроль качества продукции растениеводства на промежуточных стадиях производства и хранения. По результатам выходного контроля (заключительного) производителем принимаются решения об использовании продукции, в том числе и решение о предъявлении её для обязательной сертификации, если продукция направляется в продажу или на перерабатывающие предприятия.

Сертификация - деятельность третьей стороны, независимой от изготовителя (продавца) и потребителя продукции, по подтверждению соответствия отдельных партий продукции установленным стандартом, если сертификация является обязательной, или техническим условиям, утверждённым производителем, если сертификация является добровольной.

Сертификация проводится аккредитованными органами по сертификации, которыми могут быть организации любой правовой формы, располагающие необходимыми лабораториями и квалифицированным персоналом, прошедшие процедуру аккредитации, посредством которой уполномоченный государством орган официально признаёт возможность выполнения органом по сертификации работ в заявленной области. Основными, но не единственными органами по сертификации зерновых являются подразделения Государственной хлебной инспекции (ГХИ).

Сертификат подтверждает, что изготовитель (продавец) обеспечил соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым продукция была сертифицирована и маркирована.

Сертификация бывает обязательной и добровольной. Обязательной сертификации подлежат продукция и услуги, от которых зависят безопасность окружающей среды, здоровья, жизни и имущества потребителя. Вся пищевая продукция и сырьё сертифицируются в обязательном порядке, но обязательными к предъявлению являются лишь параметры безопасности, отражённые в ГОСТ и медико-биологических требованиях (МБТ) по продуктам, подпадающим под соответствующие группы Отраслевых классификаторов продукции (ОКП).

Целью добровольной сертификации является получение преимуществ в конкурентной борьбе. Производитель через добровольную сертификацию, раскрывающую весь комплекс показателей качества, гарантирует общественности за-

явленный изготовителем уровень качества. Головной организацией по добровольной сертификации является ВНИИСертификации Госстандарта РФ.

Федеральный закон. ФЗ №184-ФЗ «О техническом регулировании» разрешил не только предприятиям, но и физическим лицам самостоятельно разрабатывать и вводить в действие технические условия на выпускаемую ими продукцию, в том числе пищевую. Роль сертификации резко возросла.

Продукцию, подлежащую обязательной сертификации, подразделяют на скоропортящуюся со сроком годности или хранения до одного месяца (кратковременного хранения) и более одного месяца (длительного хранения). Схемы сертификации различны.

Выбор схемы сертификации зависит от вида и специфики свойств продукции, масштабов и способов ее производства и реализации, направления использования и др. Схема сертификации - это совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательства соответствия продукции установленным требованиям. В России применяется десять схем сертификации пищевых продуктов. В основе всех схем заложено испытание образцов, то есть выборочный контроль. Итогом сертификации является выдача сертификата государственного образца.

Порядок проведения обязательной сертификации продукции растениеводства включает: подачу и рассмотрение заявки на сертификацию с прилагаемыми документами; принятие решения по заявке, в том числе выбор схемы сертификации; отбор, идентификацию образцов (проб) и их испытания; анализ состояния производства (если это предусмотрено схемой сертификации) или сертификацию систем качества; анализ полученных результатов и принятие решения о возможности выдачи сертификата соответствия; выдача сертификата и лицензии на применение знака соответствия; инспекционный контроль над сертифицированной продукцией (в соответствии с применяемой схемой сертификации); корректирующие мероприятия при нарушении соответствия продукции установленным требованиям и при неправильном применении знака соответствия.

Сертификация зерна, например, предусматривает определение следующих показателей: органолептические (внешний вид, цвет, запах), физико-химические (натура, стекловидность, количество и качество клейковины), токсичные элементы, микотоксины, вредная примесь, зараженность зерна фузариозом, наличие пестицидов, радиоактивных веществ, а также стекла и металла.

Перед проведением обязательной сертификации проводится идентификация продукции по органолептическим показателям на соответствие ее наименованию. При отрицательных результатах идентификации продукция сертификации не подлежит. Выдача сертификата соответствия осуществляется при наличии: акта отбора проб; протокола сертификационных испытаний партии; гигиенического сертификата; документов, подтверждающих соответствие сырья требованиям безопасности, выданных уполномоченным органом; документов, подтверждающих соответствие упаковочных материалов и тары требованиям безопасности.

И производители продукции растениеводства и центры по сертификации, как правило, используют выборочный метод контроля, когда по рекомендованным

нормативными документами схемам производится отбор проб, которые затем направляются в лаборатории.

Понятно, что выборочный контроль не может обеспечить 100% гарантии качества, однако трудоёмкость тотального контроля качества продукции столь велика (требуется проверка каждой единицы продукции), что выборочному контролю пока трудно найти альтернативу.

Главным недостатком выборочного контроля остаётся его подверженность закону десятикратного увеличения потерь. Смысл этого закона состоит в том, что при необнаружении брака и переходе брака с одной контролируемой технологической операции на другую до 10 раз могут увеличиться затраты, требуемые на его последующее исправление.

Альтернативой выборочному контролю качества продукции стал контроль не собственно продукции, а заявленных технологий её производства и контроль качества подготовки персонала

8.10.4. Сертификация агротехнологий и агропредприятий

Основным направлением борьбы за качество альтернативным выборочному контролю стало использование международных стандартов серии ИСО 9000, в основу которых положен не контроль собственно качества продукции, выпускаемой предприятием, а контроль технологической культуры предприятия, осуществляемый через предписываемую стандартом систему документооборота. Эта система документооборота делает предприятие открытым для общественности, позволяет сертифицирующему органу контролировать не только состояние технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов, но и отслеживать соответствие стандарту профессионального уровня работников.

Системой документооборота устанавливается персональная ответственность каждого работника на своём рабочем месте в системе работник-технология за соблюдение технологических режимов, должностных инструкций и уровня профессиональной подготовки.

Предлагаемый стандартом ИСО 9000 механизм документооборота позволяет в случае снижения качества определить конкретного виновника. Определяющими параметрами рассматриваются качественные характеристики персонала и степень детализации технологий. Высокое качество продукции возникает как следствие. Под качественными характеристиками персонала понимается совокупность профессиональных, нравственных и личностных свойств, являющихся конкретным выражением соответствия персонала тем требованиям, которые предъявляются к должности или рабочему месту. Качество технологий обеспечивается в основном применением уже упоминавшейся системы ХАСП, хотя известны и другие методы.

Переход предприятия на работу в стандартах серии ИСО 9000 требует его сертификации и является сугубо добровольным. Сертификация предприятий производится аккредитованными в органах ИСО уполномоченными на это национальными сертификационными центрами или непосредственно сертификацион-

ными центрами ИСО. По сути, переход в стандарт ИСО 9000 есть публично взятые на себя предприятием моральные обязательства по выпуску высококачественной продукции, подкреплённые через сертификацию «рассекречиванием» технологического состояния предприятия и реальной возможностью найти и наказать конкретного виновника брака, если таковой будет иметь место.

Сертификация агропредприятий на соответствие стандартам серии ИСО 9000 – это требующая долговременной подготовки, дорогостоящая операция, выгодная высокотехнологичным предприятиям, действительно желающим и способным выйти на европейские рынки.

Идеология стандартов ИСО 9000 зародилась в Германии и стала внедряться с середины 70х годов 20-го века. За более чем 25 лет, прошедших с того времени, лишь немногим более 50% промышленных предприятий Германии перешли на эти стандарты. В сельском хозяйстве этот показатель значительно ниже, возникают специфичные проблемы.

Для перехода на стандарты ИСО 9000 в помощь сельхозпредприятиям необходимо разрабатывать типовые наборы агротехнологий, адаптированных к различным экологическим условиям, уровням интенсификации производства, разным хозяйственным укладам в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия, создавать федеральные и региональные регистры сельскохозяйственных машин. Даже в том случае, если вся эта работа будет проделана, хозяйствам будет необходимо выполнить значительный объём работ по документальному оформлению своих индивидуальных технологических особенностей.

При сертификации учитываются: природные условия возделывания сельскохозяйственных культур; сорт и семена; ресурсы интенсификации (минеральные и органические удобрения, мелиоранты, пестициды, ретарданты); структура и элементная база технологического процесса; выходные параметры (урожайность, производительность труда, затраты энергии); показатели экологической безопасности и многое другое.

Несмотря на значительные трудности, переход в стандарт ИСО 9000 остаётся самым перспективным направлением для тех сельхозпроизводителей, что стремятся выйти на международные рынки продовольственного сырья. Прежде других над этим стоит задуматься производителям зерновых. Выполнение национальной программы по наращиванию производства и повышению качества зерновых в России становится насущной необходимостью.

8.11. Проектирование кормопроизводства

8.11.1. Современное состояние кормопроизводства и новые требования к его формированию

В 20 веке в стране господствовал унитарный подход к специализации животноводства и связанного с ним кормопроизводства. Широкое распространение получило строительство крупных птицефабрик, животноводческих комплексов для крупного рогатого скота, овец и свиней. Причем места для них выбирались не

на основе глубокого изучения природных условий, а приказным порядком. В то же время мелкие деревни с их небольшими колхозными фермами были признаны бесперспективными. Поэтому проектировщикам при разработке кормовой базы для гигантских комплексов приходилось подстраиваться под административные решения и подгонять свои расчеты, не обращая внимания на экономику.

При переходе на адаптивно-ландшафтные системы земледелия соотношение различных угодий (в том числе природных сенокосов и пастбищ) и структура посевных площадей полевых культур (в том числе кормовых) должны вытекать из агроэкологической оценки земли. Одновременно необходимо учитывать производственно-ресурсный потенциал товаропроизводителей и разнообразие хозяйственных укладов.

В современном развитии земледелия России с углублением его дифференциации применительно к природным, экономическим и социальным факторам возрастает интегрирующая значимость кормопроизводства, которое оказывает определяющее влияние не только на состояние животноводства, но и на повышение эффективности производства продуктов растениеводства, плодородие почв, устойчивость агроландшафтов, биоразнообразие, экологическую безопасность.

Значимость кормопроизводства во многом обусловлена масштабами отрасли, на долю которой приходится $\frac{3}{4}$ всех сельскохозяйственных земель. В настоящее время под кормовые культуры отведено 45,9 млн. га. пашни. Природные кормовые угодья (ПКУ) занимают огромную – 87,6 млн. га. территорию, кроме того под выпас оленей используется 328 млн. га..

8.11.2. Состояние природных кормовых угодий

Доля кормовой площади различается в зависимости от природных условий. Природные кормовые угодья в лесной зоне занимают 23,5 млн.га или 40,5% площади сельхозугодий, в лесостепной и степной – 33,3 млн.га или 27,9%, в полупустынях – 9,2 млн. га или 83,6 %, в горных районах – 21,2 млн.га или 66,8%. Во всех зонах под корма используются поймы рек.

В европейской лесостепи все водоразделы, занятые черноземами и серыми лесными почвами, распаханы. Природные кормовые угодья сохранились только на склонах и днищах оврагов, и в долинах рек. Преобладают засухоустойчивые злаки, урожайность 1,2-1,5 т/га. Основные пастбища азиатской лесостепи размещены на солонцовых комплексах. Урожайность их 0,6...0,8 т/га.

Природные степи в западной части России сохранились небольшими островками. В летнюю засуху значительная часть многолетних трав, особенно ксерофитных злаков, почти прекращают свою жизнедеятельность. Под пастбища обычно отведены крутые покатые склоны. Растительный покров здесь довольно изрежен. Небольшие площади нераспаханных природных степей расположены на комплексах черноземов и темно-каштановых почвах с солонцами. Урожайность колеблется от 0,8 до 1,8 т/га сухого вещества.

В лесостепной и степной зонах имеют место низинные, пойменные, лиманные луга и даже болота. Они чередуются со степными и лугово-степными паст-

бищами на песчаных и супесчаных почвах. В связи с различной влагообеспеченностью, урожайность травостоев колеблется от 0,3 до 4 т/га сухого вещества.

Полупустынная зона характеризуется доминированием природных кормовых угодий низкой продуктивности, причем на долю пастбищ приходится более 70% площади.

В горных районах природные кормовые угодья занимают около 13 % территории.

ПКУ являются важнейшим источником не только кормовых, но и лекарственных, пищевых, технических, декоративных и других растений. Это банк биоразнообразия ценнейших растительных ресурсов, место обитания реликтовых растений, животных и птиц. Растительность ПКУ имеет большое природоохранное значение. Она играет большую противозерозийную роль, предохраняя поймы и склоны от размыва, а в степных и аридных зонах защищает от ветровой эрозии.

Несмотря на огромную территорию, занимаемую природными кормовыми угодьями, доля получаемых на них кормов составляет лишь 1/3 от общего объема их производства, что связано с низкой продуктивностью и эффективностью их использования. Это привело к неоправданному расширению доли производства объемистых кормов на пахотных землях.

8.11.3. Размещение отраслей животноводства в соответствии с природными условиями

Размещение отраслей животноводства должно быть адаптировано в соответствии с особенностями кормопроизводства применительно природным и экономическим условиям отдельных регионов страны.

Развитие молочного и мясного скотоводства, на долю объемистых кормов которого приходится 70-75% по питательности от общего их расхода кормов, наиболее целесообразно в природных зонах благоприятных для травосеяния, при наличии продуктивных природных сенокосов и пастбищ

Молочное и мясное скотоводство должно развиваться на основе стойлово-пастбищной системы содержания животных. Это позволит также использовать естественные угодья и создавать культурные пастбища с регулируемым использованием их при выпасе животных.

В хозяйствах с высокой распаханностью земель будет применяться стойлово-выгульное содержание и стойлово-лагерная система содержания скота.

В высокоинтенсивном молочном скотоводстве широкое применение должно получить строго нормированное многократное скармливание комбикормов и добавок из автоматизированных кормушек, обеспечивающее наиболее рациональное их использование и раздой коров.

Другим направлением обеспечения сбалансированного полнорационного кормления высокопродуктивных пород может стать скармливание кормосмесей разных по подбору кормов и питательности в зависимости от удоев и физиологического состояния животных.

Молочному направлению скотоводства наиболее полно отвечают природные условия в Северо - Западной и Центральной части таежно-лесной зоны Европей-

ской территории с высокой степенью интенсификации, особенно в пригородных районах, где оно сочетается с птицеводством. Это обусловлено высокой плотностью городского населения и относительно малой транспортабельностью этих видов продукции.

На Юго-Востоке Европейской части лесной зоны основное направление животноводства – молочно-мясное. Этот район является поставщиком масла, сыра и говядины.

Северная лесостепь Европейской части – зона развитого скотоводства, свиноводства и птицеводства. Здесь наиболее высок уровень производства свинины на душу населения и в структуре производства мяса.

Южная часть лесостепной зоны, степная и полупустынная зоны Европейской части выделяются как база производства мяса и тонкой шерсти. В настоящее время здесь размещено более 20 % овцеголовья России. Развивается также молочно-мясное и мясное скотоводство.

Сухостепная часть и предгорья Европейской части располагает благоприятными условиями для развития различных отраслей животноводства: молочно-мясного и мясного скотоводства, овцеводства, свиноводства и птицеводства. Здесь размещается 1/3 поголовья овец в России и производится более 40 % шерсти от общего ее объема по России.

Природные зоны, расположенные вдоль Уральских гор (лесная, лесостепная) характеризуется развитием молочно-мясного скотоводства и свиноводства, а в пригородных зонах промышленного птицеводства. На юге региона, в степной части, где значительные площади заняты природными пастбищами, наиболее целесообразно развитие полутонкорунного и тонкорунного овцеводства и специального мясного скотоводства.

В Западной Сибири развиты различные отрасли животноводства, в т.ч. молочно-мясное скотоводство и тонкорунное овцеводство.

Восточная Сибирь отличается более низкой интенсивностью развития животноводства. Значительная часть продукции, необходимой для питания населения, завозится из других районов.

В Дальневосточном регионе удовлетворение спроса населения в продуктах питания за счет собственного производства обуславливает развитие молочного скотоводства и птицеводства, продукция которых менее транспортабельна.

Таким образом, зонами производства цельномолочной продукции являются районы с высокой концентрацией городского населения – Центральные и Северо-Западные. Товарными зонами по производству и поставкам в другие регионы продукции переработки молока (масло, сыр и др.) остаются районы с меньшей плотностью городского населения: Волго-Вятский, ЦЧЗ, Поволжский и Западно-Сибирский.

Говядина в основном производится за счет свехремонтного поголовья молочного стада (в районах с молочно-мясным направлением скотоводства). Мясные фермы в новых районах (Нечерноземье, Волго-Вятский район, Дальний Восток и районы БАМа), как правило небольшие, созданы в качестве дополнительной отрасли в экономически крепких хозяйствах с производством молока, элитным се-

меноводством. Такие мясные фермы позволяют наиболее полно и эффективно использовать местные ресурсы (отдаленные пастбища, рабочую силу). Специализированное мясное скотоводство предполагает более широкое развитие в районах с высоким удельным весом естественных пастбищ в структуре сельхозугодий и дефицитом рабочей силы: в степных районах Урала, Западной и Восточной Сибири, Поволжья и Северного Кавказа.

В перспективе ожидается увеличение спроса на продукцию козоводства.

В настоящее время доля черно-пестрых пород составляет около 48...50 %, палево-пестрых – около 20 % (в том числе симментальская порода, сычевская), красных пород – 8 % (в том числе красно-степная порода – 93%), бурых пород – (в том числе швицкая порода – 78%, костромская – 19%, кавказская бурая – 3%).

В перспективе в молочном скотоводстве предполагается увеличение черно-пестрых пород до 55%, а по отдельным регионам – до 60...70%. Удельный вес красных пород составит 15%, бурых – 5%. В пригородных районах – красная степная.

В молочно-мясном направлении скотоводства основное место принадлежит комбинированным породам – симментальской и швицкой, а также некоторым молочным породам (черно-пестрая, холмогорская, ярославская).

В мясном скотоводстве породный состав развивается на базе симментальской (мясного направления), калмыцкой, казахской белоголовой, герефордской, абердин-ангусской, лимузинской и шаролеизской пород.

Структура пород мясного направления характеризуется следующими данными по численности коров в племярепродукторах: калмыцкая – 42%, герефордская – 27%, казахская белоголовая – 20% , абердин-ангусская – 7%, лимузинская – 3% и шаролеизская – около 1%.

Специальное мясное скотоводство будет развиваться в основном за счет получения и выращивания помесного молодняка от скрещивания коров отечественных молочно-мясных пород с быками-производителями зарубежных и отечественных мясных пород.

В овцеводстве породный состав поголовья определяется зонами его размещения: в основных зонах размещения овцеводства – тонкорунные и полутонкорунные породы, в горных районах – шерстно-мясное направление, в центральных районах лесной зоны Европейской части – полутонкорунные с мясошерстным направлением продуктивности, в ряде районов лесной зоны – романовская порода овец.

В птицеводстве используются в основном отечественные кроссы, созданные на основе генофонда птицы яичного и мясного направления продуктивности.

Развитие отраслей животноводства целесообразно формировать на базе рационального сочетания крупного, среднего и мелкотоварного производства.

8.11.4. Расчет потребности животных в кормах

Основные различия потребности в кормах зависят от видов животных (травоядных, моногастрических) и птицы, половозрастных групп, специализации производства продукции (молока, мяса, шерсти, яйца и др.).

В качестве основного корма травоядные животные потребляют зеленые корма и продукты их консервирования (сенаж, сено, силос из провяленных трав, силос кукурузы и т.п.). Эти корма почти не используются моногастричными животными и птицей, конкурирующими за зерно с человеком. Высокопродуктивным травоядным животным скармливают дополнительно концентрированные корма.

В рационах свиней в зависимости от типов рационов наряду с комбикормами скармливают картофель, корнеплоды, травяную муку и травы из бобовых культур.

Основными компонентами полнорационных комбикормов для птицы являются зерно злаков – кукурузы, пшеницы, ячменя, проса, зернобобовых. Шроты, дрожжи и корма животного происхождения служат источниками протеина и незаменимых аминокислот. Высокая концентрация обменной энергии и протеина достигается путем производства высокобелковых зернобобовых культур и переработки масличных, в том числе ярового и озимого рапса – жмыхов и шротов.

Концентрация обменной энергии, протеина (в т. ч. переваримого) и клетчатки в сухом веществе рациона – главные показатели нормирования потребности животных.

Повышение конверсионного коэффициента превращения кормовых средств в продукты животноводства за счет увеличения питательности кормов служит основой роста рентабельности производства. Так, общие удельные затраты антропогенной энергии при производстве одного и того же количества молока на одну треть ниже при 6 тыс. кг надоя по сравнению с 3 тыс. кг надоями молока (12). Многие молочные породы скота в России в настоящее время могут обеспечить удой 10 тыс. кг молока в год а мясные породы могут давать среднесуточные привесы более 1 кг (33).

Только при высокой концентрации обменной энергии, сбалансированности по протеину (для свиней и птицы в т.ч. по незаменимым аминокислотам, обеспеченности витаминами и минеральными элементами) достигается высокая продуктивность животных.

В молочном скотоводстве половина необходимых питательных веществ должна покрываться за счет основных кормов. Рационы из качественных высокопитательных кормов при уровне обменной энергии 11 МДж/кг сухого вещества и концентрации сырого протеина 15...18% даже без комбикормов обеспечивают надой молока 20 кг и даже 24 кг в сутки, прирост ремонтного молодняка старше 5...6 месяцев 650...850г. Введение в рационы с такими объемистыми кормами концентратов (комбикормов) обеспечивают удои 35...40 кг у высокопродуктивных коров, высокий прирост молодняка в послемолочный период (Григорьев Н.Г. и др., 2002).

При планировании годовой продуктивности на фуражную корову 4500...5000 кг молока, питательность корма должна составлять не менее 0,8 к. ед. или 0,94 МДж ОЭ в 1 кг сухого вещества, концентрация сырого протеина не менее 11,5 %, при надое 6500...7000 кг – не менее 11,4 МДж ОЭ и 16 % сырого протеина. Для достижения более высоких надоев необходимо иметь корма с большей концентрацией обменной энергии и сырого протеина на уровне 17...18 %.

Для эффективного использования концентрированных кормов содержание обменной энергии и протеина в них должно составлять для жвачных – 11,5...12 МДж ОЭ и 14...16 % СП, для свиней – 13...13,5 МДж и 15...16 % СП, для птицы – 14...14,5 МДж и 20...25 % СП.

Проектирование кормопроизводства для конкретного хозяйства проводят на определенное поголовье с учетом видов и половозрастных групп животных, а также на планируемую животноводческую продукцию. При этом используют детализированные нормы кормления и типовые рационы, принятые в зоотехнии. Обеспечение потребности животных различного уровня продуктивности в энергии и питательных веществах проектируется на основании специальных нормативов. Тип кормления разных животных с учетом их возраста и продуктивности рассчитывается в соответствии с принятыми рационами. На основании структуры кормовых рационов и нормативов затрат кормов на производство продукции разрабатываются специальные таблицы годовой потребности и обеспеченности кормами для всех видов и половозрастных групп животных.

При расчетах годовой потребности по видам кормов их питательность берется из зоотехнических справочников. По данным анализов качества и питательности кормов (не реже одного раза в месяц) вносятся коррективы в принятые рационы.

При определении потребности животных в питательных веществах учитывают поедаемость сухого вещества и содержание энергии в килограмме сухого вещества (табл. 8.95).

Содержание клетчатки в сухом веществе рациона высокопродуктивных коров должно составлять 18-20%.

Потребность коров в питательных веществах определяется в соответствии с массой животных, физиологическим состоянием и продуктивностью показана (табл.8.96).

8.95. Поедаемость и удой коров в зависимости от качества корма (99)

Обменная энергия основного корма, МДж/кг сух. вещ.	Поедаемость, кг сух.вещ./сутки	Возможный удой, кг/сутки
11,0 и выше	14	20-24
10,5-10,9	12,5	15
10,0-10,4	11,5	10
9,6-9,9	9	5
9,0-9,4	8	2

Высокопродуктивных коров, с удоем свыше 8 тыс. кг молока следует кормить индивидуально. Скармливание концентрированных кормов свыше 6 кг в сутки на голову должно производиться тремя порциями.

Для других видов животных расчеты проводятся аналогично.

Кормовой баланс хозяйства подразделяется на два периода: летний и зимний, если не планируется круглогодочного стойлового содержания. Соотношение между периодами отличается в различных зонах и провинциях страны. Например,

в Среднерусской провинции южнотаежно-лесной зоны летний (пастбищный) период составляет примерно 5 месяцев, а зимний (стойловый) 7 месяцев. Практикой хозяйств установлено, что за 5 летних месяцев здесь получается примерно 60 - 70% годового производства молока и мяса, а за 7 зимних месяцев только 30 - 40%. В более южных районах летний период увеличивается, а на севере сокращается. Причем, себестоимость животноводческой продукции в летнее время намного ниже, чем в зимнее. Поэтому при проектировании кормопроизводства главное внимание должно обращаться на высококачественное и бесперебойное кормление животных в летнее время, чтобы как можно больше увеличить долю этой продукции, особенно при условиях выровненных цен на молоко в течение всего года.

8.96. Потребность коров в энергии (99)

Потребность	Потребление сухого вещества, кг/сутки	Обеспечение обменной энергией, (ОЭ), МДж/сут.
– для поддержания жизни	10-12	58
– для сухостойного периода (6-4 недель до отела)	10-12	80
– для сухостойного периода (3 недели до отела)	10,0	91
– для коров с удоем, кг:		
10	12,2	112
15	14,1	138
20	15,8	164
25	17,7	190
30	19,5	216
35	21,3	242
40	23,0	268
45	более 24,0	293

Существует три типа летнего содержания животных: пастбищное, стойлово-выгульное и комбинированное (пастбищно-стойловое). Однако строгую границу между ними провести трудно. В большинстве хозяйств в настоящее время применяется комбинированное содержание животных, при котором какое-то количество кормов они получают на естественных пастбищах, а недостающую часть им доставляют в скошенном виде. В зависимости от состояния и продуктивности естественных пастбищ в различных хозяйствах соотношение пастбищной и скошенной травы будет меняться, что должно учитываться при проектировании.

8.97. Примерные нормы расхода кормов на 1 голову молодняка КРС в год

Показатели	Продукция выращивания на 1 голову в год, кг				
	101-110	151-160	201-210	251-260	>260
Норма расхода кормов на 1 голову в год, ц. корм. ед.	14,5	16,9	19,8	23,2	24,5
Норма расхода переваримого протеина на 1 корм. ед., г.	94	98	103	108	110

8.98. Структура расхода кормов на продукцию выращивания молодняка КРС, %

8.9. Структура расхода кормов на продукцию выращивания молодняка КРС, %										
Продукция на 1 голову в год, кг	Различные корма								Концен- траты	Молоч- ные, всего
	зеленые		сочные		Грубые					
	всего	в т.ч. пастбищ- ные	всего	в т. ч. силос	Всего	в т. ч.				
						сено	сенаж	солома		
101-110	32	22	17	16	27	19	3	5	20	4
151-160	25	16	19	16	26	16	6	4	25	5
201-210	23	14	20	17	24	12	9	3	27	6
251-260	20	10	22	18	23	11	12	-	29	6

При стойлово-выгульном содержании животные обеспечиваются в основном зелеными кормами в скошенном виде, но допускается также небольшой выпас во время прогулки. При пастбищном содержании они получают большинство зеленых кормов путем стравливания трав на корню, но в засушливые периоды может также частично использоваться подкорма в скошенном виде.

Наиболее дешевые зеленые корма можно получать на культурных пастбищах. Пастбищное содержание животных сокращает затраты труда и материальных ресурсов на 50 - 70% по сравнению со стойлово-выгульным за счет исключения работ по скашиванию, подвозу и раздаче объемистых зеленых кормов. Это способствует снижению себестоимости животноводческой продукции и повышению ее рентабельности. Молоко, которое получают в летний период при выпасе коров на пастбище, примерно в два раза дешевле по сравнению со среднегодовыми показателями.

Однако культурные пастбища еще не получили широкого распространения в нашей стране, в т.ч. в лесостепной зоне. Необходимо вернуться к этой проблеме на новой социально-экономической и экологической основе.

8.11.5. Ассортимент кормовых культур

Подбор и структура кормовых культур должны отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать высокую кормовую ценность;
- отвечать агроэкологическим условиям возделывания и оказывать благоприятное средообразующее влияние;
- рационально сочетать производство кормов с пашни и луговых угодий;
- обеспечивать высокую экономическую эффективность.

Интенсификация животноводства, особенно свиноводства, а также птицеводства самым непосредственным образом зависит от структуры фуражного зерна. По концентрации обменной энергии в зерне среди злаковых культур первое место для всех видов животных и птицы принадлежит кукурузе. Увеличение производства зерна кукурузы возможно как на основе интенсификации в традиционных зонах возделывания, так и путем расширения посевов раннеспелых гибридов в более северных районах Центрально-Черноземной зоны, Поволжья и Урала. Ограниченность возделывания этой культуры в южных регионах России обуслов-

лена критическими уровнями влагообеспеченности. На смену кукурузе здесь приходит сорго.

Северная граница возделывания кукурузы на силос ограничивается теплообеспеченностью, при которой возможно устойчивое формирование початков с зерном не менее восковой спелости. Именно такой силос может экономически конкурировать по питательности (более 11 МДж/кг ОЭ) с силосом из более дешевых многолетних трав.

Зернобобовые культуры – горох, вика пелюшка, люпин и др. обладают высоким содержанием ОЭ и играют определяющую роль в решении белковой проблемы, особенно в свиноводстве и в птицеводстве. Новые сорта сои северного экотипа расширяют ареал возделывания этой культуры в северной лесостепи. Из масличных культур ведущая роль в обеспечении белком принадлежит озимому и яровому рапсу.

В соответствии с адаптивным потенциалом растений, возможностью получения устойчивых урожаев в Северо-Западном природно-экономическом районе приоритетное значение имеют такие зернофуражные культуры, как ячмень, озимая рожь, вика яровая, пелюшка, люпин, горох, рапс; в Центральном и Волго-Вятском – озимая рожь, озимая пшеница, озимая тритикале, ячмень, кукуруза, горох, вика, пелюшка, люпин, рапс; в Центрально-Черноземном – зернобобовые, кукуруза, ячмень, сорговые; в Поволжском – кукуруза, ячмень, зернобобовые, сорговые; в Северо-Кавказском – кукуруза, зернобобовые; в Уральском – озимая рожь, пшеница, ячмень, зернобобовые; в Западно- и Восточно-Сибирском – ячмень, зернобобовые; в Дальневосточном – кукуруза, зернобобовые.

При производстве объемистых кормов ведущая роль принадлежит многолетним травам. Стратегическим направлением в развитии полевого и лугового травосеяния является расширение посевов бобовых трав и их смесей со злаковыми. Бобовые культуры – основной источник биологического азота. Использование этих растений позволяет:

- при поедании вволю травяных кормов увеличить суточные надои на 1,4...4 кг молока на корову по сравнению со злаковыми травами, удобренными азотом;
- сократить затраты на возделывание;
- увеличить продуктивность природных кормовых угодий, многолетних трав на пашне и последующих культур севооборота;
- снизить расход затрат на комбикорма благодаря лучшей обеспеченности белком основного корма;
- производить высококачественную экологически безопасную кормовую и животноводческую продукцию.

В лесной зоне Европейской части России, в таежной и подтаежной зонах Сибири и на Дальнем Востоке основной многолетней бобовой культурой является клевер луговой. В структуре посевных площадей на пашне клеверу луговому отводится около половины занимаемых под многолетними травами площадей. Урожайность клевера лугового в северных и восточных регионах составляет 6...8

т/га, в центральных и западных районах лесной зоны Европейской части России – 8,5...10 т/га.

В Западной и Восточной Сибири на долю клевера лугового отводится 20...25 % посевных площадей трав.

Люцерна приоритетна в лесостепи и степи. Однако и в лесной зоне Европейской части России посевы люцерны могут быть расширены в 2...3 раза. Урожайность люцерны в центральных, южных и восточных районах лесной зоны Европейской части составляет 8...10 т/га. Доля люцерны в полевом травосеянии Европейской части и Западной Сибири может составлять около 40...45 %.

Ареал распространения эспарцета, который отрицательно реагирует на кислую реакцию почвенной среды, ограничивается черноземными почвами лесостепной и степной зон. Донник – непревзойденная культура для солонцовых почв.

В решении проблемы кормового белка и обогащения почвы биологическим азотом особое значение имеет создание травостоев на основе смесей из различных бобовых трав (без или с добавлением злаковых видов).

За последнее десятилетие созданы экологически дифференцированные сорта кормовых культур с высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, универсальностью использования на полевых землях, сенокосах и пастбищах. В частности, принципиально важным преимуществом новых сортов клевера лугового является высокая зимостойкость, что позволило продвинуть на 300 км северную зону устойчивого возделывания и семеноводства этой культуры. По концентрации энергии и протеина кормовая масса этих сортов клевера лугового при уборке в фазу бутонизации приближается к зерну зерновых и зернобобовых культур. Кроме того, с корневыми и пожнивными остатками в почву после клевера лугового поступает более 150 кг/га биологического азота, что позволяет получать в последствии высокие и устойчивые урожаи зерновых культур.

Созданы сорта люцерны с высокой (8...10 т/га) продуктивностью, повышенной зимостойкостью и симбиотической азотфиксацией.

Среди новых кормовых бобовых культур все большее внимание уделяется козлятнику. Особенности культуры являются высокая продуктивность кормовой массы, азотфиксирующая способность, продуктивное долголетие (8 и более лет). Эта культура обладает большой экологической пластичностью. Ее посевы распространяются на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и черноземах с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной. Для нее пригодны осушенные торфяники и кратко затопляемые пойменные земли. Успешное возделывание достигается при сумме осадков 450...500 мм, при меньшем количестве – на орошаемых землях.

Однолетние травы в основном предназначены для производства зеленых кормов в летний период, в меньшей степени используются для заготовки кормов на зимний период.

Ведущим направлением в повышении качества производимых кормов является формирование бобово-злаковых травостоев. В Европейской части России однолетние смеси возделывают преимущественно в занятых парах в качестве предшественников озимых зерновых культур. В Нечерноземной зоне наряду с тради-

ционными вико-овсяными, горохо-овсяными, пелюшко-овсяными смесями существенные преимущества имеют многочленные агрофитоценозы, например, горох или вика с люпином, кормовыми бобами, смеси с овсом, подсолнечником, яровым рапсом.

В регионах с ограниченной влагообеспеченностью преимуществом обладают посевы суданской травы, кормового проса в смеси с яровой и озимой викой, донником и т. п.

Возделывание кормовых культур на пашне осуществляется в различных типах севооборотов.

При определении доли производства травяных и других сочных, грубых кормов в севооборотах, необходимо учитывать три условия:

- возможные объемы поступления кормов с луговых угодий;
- средообразующая роль многолетних трав в севооборотах;
- экономическая эффективность скормливания основного вида корма в сочетании с комбикормами.

При соотношении в рационе основных (травяных) и концентрированных кормов 2:1 соотношение площадей под многолетними травами и зерновыми культурами в севообороте составит 1:1 при отсутствии в хозяйстве лугов. Например, при скормливании вволю корма, заготовленного из бобово-злаковых и злаковых культур ранних сроков уборки (12 кг СВ в сутки) возможный удой составляет порядка 15 кг молока. Введение в рацион концентратов (5-7 кг в сутки) позволяет увеличить концентрацию обменной энергии и получить надои на уровне 25...30 кг в сутки.

В таежных районах Европейской части приоритетным направлением в развитии полевого кормопроизводства является формирование многокомпонентных бобовых (например, люцерна + клевер луговой) и бобово-злаковых травостоев в сочетании с зернофуражными культурами, что позволяет увеличить в 1,5...1,8 раза продуктивность севооборотов по сравнению с традиционным возделыванием клеверо-тимофеечных смесей (72).

В степной зоне многолетние травы размещают преимущественно на склоновых эрозионноопасных землях. Состав культур в травосмесях, уровень насыщения ими севооборотов играют ключевую роль в предотвращении эрозии почв. В лесостепных и степных районах ведущую роль в качестве кормовых культур на склоновых землях играют травосмеси с доминированием люцерны и костреца безостого. Формирование состава травосмесей и других культур севооборота зависит от сложности эрозионного ландшафта, расчлененности территории и экспозиции склонов.

8.11.6. Организация культурных пастбищ

Пастбищное содержание травоядных животных имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими видами содержания скота. Высококачественный пастбищный корм обеспечивает 20-24 кг надоя молока на корову в сутки. Пастбищный корм в 2...3 раза дешевле по сравнению со скормливанием массы в кормушках и в 4 раза дешевле, чем при круглогодичном стойловом кормлении си-

лосом, сенажом, сеном. При этом та же техника может быть задействована в основном для заготовки кормов на зиму, вместо ее использования на косьбу, транспортировку и раздачу зеленой массы.

По сравнению со стойловым содержанием, при пастьбе в два с лишним раза сокращаются расходы на осеменение коров, отпадает или сокращается необходимость в покупке лекарственных препаратов. Молоко или мясо при пастбищном корме повышает устойчивость организма человека к стрессам.

Ориентировочная потребность в зеленых кормах для дойных коров на пастбище устанавливается с учетом средней массы животных и размеров гурта. Корова массой 50...550 кг иможет потребить в день около 14-15 кг сухого вещества или 70-80 кг зеленой массы, а при массе 600-...650 кг корова потребляет 17-18 кг сухого вещества или 85-90 кг зеленой массы. Максимальные размеры гурта для дойного стада составляют 200 голов.

При проектировании культурного пастбища необходимо учитывать среднюю продолжительность его использования, а также неравномерность поступления кормов по циклам стравливания. Например, в лесостепной зоне самая высокая продуктивность бывает в первом и во втором циклах стравливания – май (34 %) и июнь (32 %), а во второй половине вегетационного периода она постепенно затухает (третий цикл – 20 %, четвертый цикл – 14 % от общей за летний период). Продолжительность пастбищного периода по средним многолетним данным составляет здесь 145...150 дней.

Для полной обеспеченности зелеными кормами за счет пастбищ площадь их рассчитывают не по средней урожайности за весь летний период, а по более низкой величине во второй его половине. Учитывают также количество продуктивных животных и поедаемость пастбищного корма, которая при самых прогрессивных способах пастьбы (загонный, загонно-порционный) составляет около 80...85 %. Если планируется полное обеспечение зелеными кормами за счет культурных пастбищ (70 кг на одну голову в день), то при урожайности 100 ц/га требуется выделить на весь летний период 2 га на одну корову; при урожайности 200 ц/га – 1 га и при урожайности 300 ц/га – 0,5 га.

Если же проектируется обеспечение зелеными кормами за счет культурных пастбищ на 70...80 %, а остальная потребность удовлетворяется за счет других кормовых культур, выращиваемых на пашне, то вышеуказанные площади можно сократить соответственно до 1,0; 0,5 и 0,30 га на 1 корову. Однако излишки зеленой массы, которые чаще всего бывают только в первом цикле стравливания, можно использовать в скошенном виде для другого поголовья или же для заготовки консервированных кормов на зиму.

Культурные пастбища для дойных коров (общественные и фермерские хозяйства) проектируют, как правило, рядом с фермами, чтобы не делать дополнительных затрат на строительство летних лагерей, так как за счет этого содержание животных возрастает более чем на 50 %. При этом самые отдаленные загоны не должны быть расположены от фермы более 2 км, так как каждый дополнительный 1 км перегона приводит к потере 0,5...1 кг молока. Культурные пастбища для лич-

ных подсобных хозяйств должны проектироваться в непосредственной близости от них.

Бессистемный выпас на естественных пастбищах приводит к изреживанию ценных кормовых трав, распространению сорных, вредных и ядовитых растений, а в результате к вырождению травостоя, снижению урожайности и качества кормов. Поэтому для пастбищ должны обязательно проектироваться пастбищеобороты, загонная и загонно-порционная система пастбы. С этой целью они разбиваются на загоны, которые огораживают по периметру и скотопрогону постоянной изгородью; для выделения однодневных порций целесообразно использовать временные электроизгороди («электропастухи»).

Трава, в фазе кущения или начала выхода злаков в трубку, без плодоносящих побегов (колос, метелка), представляет собой ценный пастбищный корм, сбалансированный по питательным веществам и богатый протеином, который хорошо поедается животными.

8.11.7. Технологии улучшения природных кормовых угодий

Современные технологии улучшения и использования кормовых угодий основываются на следующих принципах:

- производство высококачественных экологически безопасных кормов при сохранении окружающей среды от разрушения;
- выбор оптимальных уровней интенсификации применительно к конкретным агроэкологическим условиям ландшафтов;
- достижение максимальной рентабельности производства с учетом выхода животноводческой продукции.

Природные кормовые угодья улучшают в зависимости от мелиоративного состояния и состава травостоя коренным или поверхностным способом. Технологии коренного улучшения состоят из комплекса приемов по созданию высокопродуктивных сеяных сенокосов и пастбищ. Технологические приемы, применяемые при поверхностном улучшении направлены на улучшение состава и увеличения продуктивности естественных травостоев.

Коренное улучшение в таежной и лесостепной зоне целесообразно проводить на закустаренных, закочкаренных, заболоченных лугах, а также на выродившихся естественных и старосеяных травостоях. В степной зоне коренное улучшение проводят на сильно сбитых и малоценных по ботаническому составу выгонах на склоновых землях, солонцах и солонцовых комплексах. Поверхностное улучшение проводится на незакустаренных, незакочкаренных лугах с наличием в лесной и лесостепной зонах не менее 30%, в степной 50 % ценных видов трав. На крутых склонах лесостепи и степи, при затрудненном применении почвообрабатывающей техники, поверхностное улучшение необходимо сочетать с почвозащитными мероприятиями.

Наибольшая экономическая отдача от приемов улучшения достигается на пойменных землях и низинных лугах. Суходольные луга располагаются на более бедных почвах, поэтому затраты на окультуривание почв здесь выше.

Культуртехнические работы состоят из расчистки древесно-кустарниковой растительности, выкорчевке пней, удаления камней, первичной обработки почвы. В зависимости от закоряченности и закустаренности территории, особенностей структуры почвенного покрова и почв применяются различные технологии культуртехнических работ.

Мелиоративные работы и освоение осушенных земель под сенокосы и пастбища проводятся по техно-рабочим проектам в соответствии с принципами изложенными в разделе...

Коренное улучшение лугов, освоение осушенных угодий под сенокосы и пастбища проводят или путем ускоренного залужения или путем посева травосмесей вслед за обработкой почвы с предварительным 1...2-летним возделыванием однолетних культур.

Ускоренное залужение наиболее целесообразно прежде всего на пойменных и склоновых, подверженных эрозии участках.

Предварительное возделывание однолетних культур целесообразно на осушенных лугах, особенно с осоковыми кочками, слаборазложившимся торфом, в степной зоне на солонцовых почвах. В качестве предварительных культур в лесной зоне высевают подсолнечник, райграс однолетний, горохо-, вико- овсяные и другие смеси; в степных районах на солонцовых почвах – просо, суданскую траву, донник.

Основной способ обработки почвы суходольных, пойменных, осушенных лугов со средней и мощной дерниной состоит в дисковании тяжелыми боронами в 2 следа или фрезеровании с последующей запашкой плугами с полувинтовыми отвалами для оборота пласта на дно борозды и затем дискования в 2...4 следа. Такая обработка хорошо измельчает дернину, способствует ускорению минерализации органического вещества, создает условия для формирования продуктивных травостоев.

На суходольных лугах с мелкой 4...7 см дерниной осуществляют безотвальную обработку: дискование в 3...4 следа или фрезерование в 2 следа, или сочетание фрезерования с дискованием. При такой обработке не выворачивается на поверхность бедный подзолистый горизонт почвы.

На низинных и суходольных лугах временного избыточного увлажнения применяют комбинированные обработки почвы, сочетающие вспашку и безотвальное рыхление.

В лесостепной и степной зонах при коренном улучшении сенокосов и пастбищ балочных склонов в зависимости от их крутизны осуществляют следующие технологические операции:

- на пологих склонах (до 5°) – дискование в 2...3 следа или фрезерование в 1 след, затем отвальная вспашка, дискование, культивация с боронованием, прикатывание;
- покатые склоны средней крутизны (5...10°) дискуют в 3...5 следов, прикатывают или вслед за двукратным дискованием ведется безотвальная обработка стойками СибИМЭ, затем вновь дискование в 2 следа и прикатывание;

- крутые склоны (более 10°) – глубокое, на 30...35 см безотвальное рыхление стойками СибИМЭ, дискование в 3...4 следа по диагонали участка, прикатывание.

Необходимым мероприятием при улучшении суходольных лугов на дерново-подзолистых, светло-серых лесных почвах, осушенных переходных торфяниках является известкование. Известкуют улучшенные луга с pH почвы ниже 5,0 и при pH 5,1...5,5 при посеве бобово-злаковых травосмесей. Нормы извести должны обеспечить сдвиг кислотности до 5,5...5,8 для злаковых травостоев и 6,0 для бобово-злаковых смесей. Ориентировочные дозы извести – 3...4 т/га для легких и 5...8 т/га для суглинистых почв. Известкование проводят после основной обработки дернины и выравнивания поверхности. Известь вносится на глубину 10...12 см.

Составление травосмесей осуществляется с учетом агроэкологического типа улучшаемого кормового угодья, способа использования травостоя – пастбищного, сенокосного, разных по скороспелости травосмесей.

Предпочтение целесообразно отдавать бобово-злаковым травостоям. Злаковые смеси имеют преимущества в экстремальных экологических условиях, например, на долгопоемных участках, лиманах длительного затопления, солонцах. В северной лесостепи при создании позднеспелых сенокосов в состав травосмесей включают люцерну синегибридную и костра безостого, раннеспелых – овсяницу луговую и ежу сборную, среднеспелых – клевер луговой, люцерну синегибридную. В более засушливых условиях лесостепи и степи для залужения склонов (включая южные экспозиции), оврагов и песчаных земель используют житняк ширококолосный, кострец безостый, эспарцет песчаный, люцерну желтую или пестрогибридную.

На склоновых землях южной лесостепи состав смесей состоит из люцерны синегибридной, пырея бескорневищного, пырея среднего. На смытых почвах склонов степной зоны вместо костреца безостого используют кострец прямой. Кострец безостый или костер прямой в сочетании с люцерной желтой возделывают на глубоких солонцах. На более жестких солонцах преимущество имеют донники с кострцом прямым, житняком гребневидным или пустынным.

На лиманах с кратковременным затоплением высевают люцерну или эспарцет с кострцом безостым. При средней продолжительности затопления в состав травосмеси включают кострец безостый, лисохвост луговой, полевицу гигантскую. Наибольшую устойчивость к длительному затоплению имеет пырей ползучий.

В поймах рек, на осушенных болотах при создании злаковых травостоев наибольшее распространение имеет кострец безостый, овсяница луговая, тимopheвка луговая, в Восточной Сибири – кострец безостый в смеси с пырейником сибирским.

В условиях орошения в Поволжье, Южном Урале, Восточной Сибири особое преимущество по урожайности, высокой питательности, в т. ч. содержанию белка, имеют посевы люцерны синегибридной и пестрогибридной.

На торфяных почвах наиболее адаптированы к этим условиям двукисточник тростниковидный, овсяница тростниковидная, кострец безостый и др.

Во всех регионах при введении (интродукции) бобовых культур (козлятник, люцерна, люпин, астрагал, соя и др.) необходимо применение биопрепарата на основе клубеньковых бактерий **Ризорфин** (см. раздел 8.9.12).

Предпосевная обработка семян в этом случае обеспечит повышение продуктивности на 30-100% (и более), что связано с отсутствием специфических клубеньковых бактерий на новых для данной культуры почвах. При этом также существенно повышается накопление протеина, а также резко улучшается перезимовка многолетних бобовых.

Хорошие результаты получены и в районах, где бобовые данного вида возделывались ранее - +15 - +25% по продуктивности и 20-35% по накоплению протеина.

Улучшение и рациональное использование природных кормовых угодий позволяет увеличивать количество укосов и качество кормов, и в зависимости от интенсивности технологий производить в таежной зоне 3...6 тыс. кормовых единиц, в лесостепной и степной зонах – 2,5 тыс. кормовых единиц с гектара в неорошаемых условиях.

8.11.8. Организация зеленого конвейера

Зеленый конвейер представляет собой систему организационных, агротехнических и экономических мероприятий, обеспечивающих максимально продолжительное, бесперебойное поступление кормов высокого качества в полной потребности. Его проектируют с учетом почвенно-климатических условий конкретного хозяйства, специализации и структуры животноводства.

Большинство культур зеленого конвейера обычно размещают в специализированных кормовых севооборотах, вблизи животноводческих ферм или летних лагерей, чтобы избежать дальних перегонов животных и перевозок зеленой массы. В него необходимо включать виды, сорта и гибриды кормовых культур, с таким расчетом, чтобы обеспечить ритмичное и бесперебойное снабжение всего поголовья животных биологически полноценными кормами.

Проектирование зеленого конвейера начинают с естественных пастбищ и посевов многолетних трав прошлых лет. Для этого уточняют их площади и урожайность, массу травы, которая будет получена в каждом месяце и период ее использования в зависимости от суточной потребности и оптимальной для скармливания фазы развития растений; учитывают также процент поедания кормов. Например, в Среднерусской провинции лесостепной зоны самые ранние корма (примерно с 10...15 мая) могут быть получены с естественных пастбищ на южных склонах, за счет озимых культур и многолетних злаковых трав. С 20...25 мая используют озимую рожь в течение 2...3 недель, затем тритикале и озимую пшеницу (5...7 дней). Для повышения качества зеленых кормов озимые зерновые должны выращиваться в смеси с высокобелковыми культурами (вика мохнатая, сурепица озимая и рапс озимый). В дальнейшем озимые зерновые культуры грубеют и плохо поедаются животными.

Примерно в середине июня подходит первый укос многолетних бобово-злаковых смесей (20...25 дней). Во второй половине июня и в начале июля начи-

нают скашивать однолетние смеси (овес, вика яровая и мохнатая, горох посевной и полевой, яровая сурепица и яровой рапс). При благоприятных условиях увлажнения и минерального питания в конце июля – начале августа формируется второй укос многолетних сеяных трав и естественных пастбищ. При недостатке влаги в середине лета второй укос отрастает слабо. В то же время однолетние травы вторых и третьих сроков сева еще не успевают к этому времени сформировать хороший урожай.

Для устранения дефицита зеленых кормов в июле при засушливых условиях очень перспективны загущенные посевы засухоустойчивых культур (кукуруза, сорго сахарное, суданская трава, сорго-суданковые гибриды, пайза, кормовое просо и др.), которые высевают на небольших площадях в общепринятые для них сроки. За счет большой густоты стояния растений они намного опережают обычные (пунктирные или широкорядные) посевы этих же культур по темпам нарастания зеленой массы и формируют высокий урожай за 50...60 дней вегетации.

В августе и сентябре основным источником зеленых кормов являются обычные посевы этих же культур. Кроме того, при благоприятном увлажнении могут быть получены третьи укосы многолетних трав. В осенний период (сентябрь, октябрь) можно скармливать корнеплоды и бахчевые культуры, а также различные отходы растениеводства и овощеводства.

При проектировании зеленого конвейера важное значение играют промежуточные посевы, которые возделывают в кормовых и других севооборотах до посева или после уборки основных культур. В лесостепной зоне после уборки озимых на зеленый корм в качестве поукосных культур более перспективными являются засухоустойчивые растения (кукуруза, сахарное сорго, суданская трава, сорго-суданские гибриды, пайза, кормовое просо, подсолнечник и др.). После уборки однолетних трав на зеленый корм во второй декаде июля в качестве поукосных целесообразно использовать следующие культуры: горох, кормовые бобы, овес, ячмень, подсолнечник.

После уборки гороха, ячменя и озимых на зерно в качестве пожнивных культур в начале августа можно сеять только растения семейства капустных: яровой рапс, яровая сурепица, редька масличная, горчица белая и др. Так как эти культуры продолжают вегетировать до -8°C , то их можно использовать в системе зеленого конвейера весь октябрь, а в отдельные годы и в ноябре. Очень важно, что по содержанию сырого протеина они приближаются к бобовым растениям. За счет широкого внедрения позднеосеннего звена зеленого конвейера можно продлить содержание животных на летних кормах на 1...1,5 месяца и сэкономить значительное количество консервированных кормов, заготовленных на зиму. При средней урожайности различных культур от 150 до 250 ц/га на одну условную голову КРС требуется примерно 0,5...1,0 га пашни.

С агрономической точки зрения, набор различных культур в зеленом конвейере целесообразно иметь небольшой и по возможности с одинаковыми приемами их возделывания, что будет способствовать снижению затрат. В то же время с зоотехнической точки зрения, предпочтение отдается более широкому разнообразию зеленых кормов, так как животные неохотно поедают в течение длительно-

го периода одну и ту же культуру. В связи с этим при проектировании зеленого конвейера рассчитанные площади целесообразно расширить, чтобы в каждом месяце можно было использовать 2...3 различные культуры. Излишки зеленой массы можно использовать для заготовки на зимний период сена, силоса и сенажа.

8.11.9. Заготовка кормов на зимний период

В общественных хозяйствах на зиму заготавливают корма грубые (сено, сенаж, солома), сочные (силос) и фуражное зерно для приготовления концентрированных кормов. В фермерских и личных подсобных хозяйствах обычно производят зеленые корма и продукты их консервирования (сенаж, силос, сено), сочные (корнеплоды, картофель, бахчевые культуры). Главной целью консервирования кормов является максимальное сохранение биологической ценности зеленой массы. Питательность заготавливаемых кормов зависит от химического состава растений. Наряду с агроэкологическими условиями особое влияние на качество заготавливаемых кормов оказывают сроки уборки и технологии приготовления. Оптимизация сроков уборки и строгое выполнение регламента технологии заготовки позволяет производить корма с содержанием обменной энергии более 10 МДж/кг сухого вещества, что отвечает потребности высокопродуктивных животных.

В соответствии с ГОСТ 4808-87 качество сена должно отвечать следующим основным требованиям. Массовая доля в сухом веществе сырого протеина должна составлять: естественные сенокосы – 11 % (1 класс), 9 % (2 класс), 7 % (3 класс); сеяный злаковый травостой – 13 % (1 класс), 10 % (2 класс), 8 % (3 класс); сеяный бобово-злаковый травостой – 14 % (1 класс), 11 % (2 класс), 9 % (3 класс); сеяный бобовый травостой – 16 % (1 класс), 13 % (2 класс), 10 % (3 класс).

В соответствии с ОСТ 10201-97 качество сенажа должно отвечать следующим основным требованиям. Массовая доля сухого вещества во всех трех классах может колебаться от 40 до 60 %. Массовая доля сырого протеина в сухом веществе злаковых трав должна составлять 12 % (1 класс), 10 % (2 класс), 8 % (3 класс). Для бобово-злаковых травосмесей эти показатели равны соответственно 13, 11 и 9 %, для клевера 15, 13 и 11 %, для других бобовых трав 16, 14 и 12 %.

В соответствии с ОСТ 10202-97 массовая доля сухого вещества в силосе 1 класса может колебаться от 18 % (подсолнечник) до 30 % (проявленные многолетние травы); для 2 класса эти показатели должны быть 15...30 % и для 3 класса – 15...25 %. Массовая доля сырого протеина в сухом веществе должна составлять: 1 класс – от 11 % (кукуруза, сорго, злаковые травы и др.) до 15 % (бобовые травы); 2 класс – от 7,5 % (кукуруза, сорго) до 13 % (бобовые травы), 3 класс – от 7,5 % (кукуруза, сорго) до 11 % (бобовые травы).

8.11.10. Устройство территории пастбищ

Организация территории пастбищ включает следующие задачи:

- закрепление пастбищ за животноводческими фермами;
- размещение гуртовых и отарных участков;
- организация пастбищеоборотов;

- размещение загонов очередного стравливания;
- размещение летних лагерей, водных источников и скотопрогонов;
- обоснование устройства территории пастбищ.

Основными требованиями, учитываемыми при устройстве территории пастбищ, являются:

- соответствие качества травостоя гуртовых участков биологическим особенностям разных видов и возрастных групп животных;
- устранение дальних перегонов животных и приближение мест производства зеленых кормов в севооборотах к местам их потребления скотом в пастбищный период.

При устройстве территории пастбищ особое внимание обращается на природное и сельскохозяйственное состояние участков. От степени изученности существующего экологического состояния и использования пастбищ зависит их территориальная организация.

При устройстве производится согласованное размещение линейных элементов. Устанавливают структуру и площади.

Закрепление пастбищ за животноводческими фермами и комплексами производится с учетом их пригодности для пастбы различных видов животных, особенностей летнего содержания скота, качества травостоя.

При определении площади пастбищ (П) га, закрепленных за животноводческой фермой, необходимо исходить из потребности животных в зеленом (сухом веществе) корма (Н) ц., проектной урожайности пастбищ (У) ц/га, а также площади пастбищ, используемых ежегодно в порядке пастбищеоборота под сенокосение, заготовку сенажа и силоса, отдых и восстановление травостоя и площади, отводимой под скотопрогоны, летние лагеря и водоисточники:

$$П = \frac{1,25Н}{У}$$

Этот метод расчета применим только к фермам крупного рогатого скота и овцефермам. Свиньи и птица получают зеленую массу с полей севооборотов и прифермских участков.

Для пастбищного содержания производится формирование выпасных групп животных: крупный рогатый скот объединяют в гурты, овец в отары, различные виды скота (смешанный скот) - в стада, лошадей - в табуны, за которыми закрепляют постоянные участки пастбищ, так называемые гуртовые.

Коров формируют в гурты не более 200 голов, телят до 6-месячного возраста - до 100 голов, откормочный молодняк крупного рогатого скота - по 200-300 голов, отары овец по 600-1200 голов, табуны лошадей - по 30-100 голов. Выпасные группы личного скота формируют в зависимости от размещения населенных пунктов и величины стада.

Расчетная площадь гуртовых, отарных участков зависит от потребности в зеленой массе одной головы скота в сутки, поголовья скота в гурте, продолжительности пастбищного периода и продуктивности пастбищ. При этом необходимо учитывать площадь пастбища, используемую ежегодно в порядке пастбище-

оборота под сенокошение, отдых и восстановление травостоя, а также площадь, отводимую под скотопрогоны, летние лагеря и водные источники.

Расчетную площадь гуртового (отарного) участка (П) можно рассчитать по формуле, га:

$$П = \frac{1,25HKД}{У},$$

где Н - суточная потребность животного в зеленой массе, кг корм. ед.

К- количество скота в гурте (отаре);

Д - продолжительность пастбищного периода, дней;

1,25 - коэффициент, включающий 20% от расчетной площади, выделяемой в порядке пастбищеоборота под сенокошение, отдых и восстановление травостоя и 5% - отводимой под летние лагеря, водные источники и скотопрогоны;

У - проектная урожайность пастбища, кг корм. ед. с 1га.

При недостаточной обеспеченности пастбищами в приведенную формулу вводят коэффициент обеспеченности пастбищами, который равен отношению имеющейся площади к расчетной (К=Пн:Пр).

Границы гуртовых и отарных участков совмещают с дорогами, естественными урочищами, скотопрогонами, пастбищезащитными лесными полосами и другими элементами ситуации.

Для повышения продуктивности пастбищ и улучшения качества травостоя разрабатывается система пастбищеоборотов. В зависимости от природных и экономических условий применяют разные виды пастбищеоборотов.

Под пастбищеоборотом понимают систему использования пастбищ и ухода за ними, направленную на поддержание и увеличение их продуктивности путем последовательного чередования выпаса, отдыха и сенокошения, заготовки сенажа и силоса по годам на отдельных участках в сочетании с другими мероприятиями по возобновлению и улучшению травостоя. Оставленные для отдыха и восстановления травостоя участки пастбищ служат вместе с тем и страховым фондом, то есть в неблагоприятные для роста трав годы они могут использоваться под выпас скота.

Схемы пастбищеоборотов различаются в зависимости от природных особенностей пастбищного участка, его площади и продуктивности, типа травостоя, сроков и интенсивности отрастания, системы производства кормов.

Пастбищеобороты разрабатывают одновременно с проектированием гуртовых участков или загонов очередного стравливания и совмещают с ними. При гуртовых участках больших размеров проектируют такие пастбищеобороты, которые предусматривают мероприятия по использованию пастбищ и уходу за ними в пределах загонов очередного стравливания. На участках небольших размеров, исключаящих возможность проектирования расчетного числа загонов очередного стравливания, пастбищеоборотным считается выпасной (гуртовой) участок. При создании пастбищеоборота в системе выпасных (гуртовых) участков число их увеличивается на 2-3 , чтобы в порядке ротации проводить мероприятия по улучшению или возобновлению травостоя и скашиванию травы на сено или зеленую подкормку. На остальных участках осуществляют выпас. В пастбищеоборот объ-

единяют выпасные участки, используемые одним видом скота. Число лет пастбищеоборота предопределяет число выпасных участков и площадь пастбищ, которая ежегодно выделяется для сенокоса с возможным позднеосенним выпасом по отаве, отдыха и обсеменения. Ротация пастбищеоборота зависит от климатических условий, почв, типов пастбищ. Продолжительность ротации пастбищеоборота в лесной зоне 10-12 лет, степной и лесостепной зонах 3-6 лет. Примерные схемы пастбищеоборотов приводятся в таблицах 8.99.-8.109.

Каждый гуртовой (отарный) участок делится на загоны. Загоны очередного стравливания проектируют на всех видах пастбищ (культурных, улучшенных, естественных) независимо от уровня продуктивности, характера использования травостоя. При проектировании решают следующие задачи:

- определение числа и размеров загонов;
- установление формы загонов;
- размещение загонов.

Число загонов зависит от принятого пастбищеоборота и определяется исходя из продолжительности периода отрастания травы, числа дней пастбы в одном загоне за один цикл стравливания, продуктивности пастбищ, площади гуртового участка.

8.99. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ лесостепи

Годы ротации	Номера пастбищеоборотных участков						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Номера гуртовых участков						
	1	2	3	4	5	-	-
1	1	2	3	4	5	ул	0
2	1	2	3	4	ул	0	5
3	1	2	3	ул	0	4	5
4	1	2	ул	0	3	4	5
5	1	ул	0	2	3	4	5
6	ул	0	1	2	3	4	5
7	0	1	2	3	4	5	ул

8.100. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ степи

Годы ротации	Номера пастбищеоборотных участков				
	I	II	III	IV	V
	Номера гуртовых участков				
	1	2	3	-	-
1	ул	1	2	3	0
2	0	Ул	1	2	
3	1	0	ул	2	3
4	1	2	0	Ул	3
5	1	2		0	Ул

8.101. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ лесостепи

Годы ротации	Номера пастбищеоборотных участков			
	I	II	III	IV
	Номера гуртовых участков			
	1	2	-	-
1	Л	2	ул	0
2	1	ул	0	2
3	Ул	0	1	2
4	0	1	2	ул

8.102. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ степи

Годы ротации	Номера пастбищеоборотных участков		
	I	II	III
	Номера гуртовых участков		
	1	2	-
1	1	2	Ул
2	1	2	0
3	1	ул	2
4	1	0	2
5	ул	2	1
6	1	2	1

Условные обозначения: цифры 1,2,3-- и т.д. означают очередность пастбы скота на участках (загонах) соответствующих гуртов;

Ул. - мероприятия по улучшению с целью возобновления (восстановления) травостоя в данном году;

О - естественное обсеменение участка (загона) или сенокошение во влажные годы на сено и зеленый корм.

На высокопродуктивных культурных пастбищах может быть 5-7 циклов стравливания, на естественных - 3-5.

Для определения числа загонов можно пользоваться формулой:

$$K = \frac{П + Ч}{Ч} + О$$

где К - число загонов;

П - период возобновления травостоя, дней;

Ч - средняя численность стравливания загона в течение одного цикла, дней ;

О - число загонов, выделяемых в порядке пастбищеоборота для сенокошения, отдыха и обновления травостоя, которая принимается 15-20% от регулярно стравливаемых загонов.

Период отрастания травостоя в зависимости от вида пастбищ, типа травостоя, характера увлажнения и месяца (или цикла стравливания) колеблется от 18-20 до 30-35 дней пастбищного сезона, иногда до 40 дней.

При орошении травостой после стравливания возобновляется в среднем за 24-26 дней. Продолжительность пребывания скота в загоне по санитарно-профилактическим соображениям, а также во избежание вторичного использова-

ния травостоя в одном цикле стравливания не должна превышать 1-3 дней на культурных и 4-6 дней на других видах пастбищ.

8.103. Схема ротации пастбищеоборота в системе загонов очередного стравливания для суходольных пастбищ степи и лесостепи

Годы ротации	Номера загонов очередного стравливания							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	УЛ	2	3	4	5	6	1	0
2	0	Ул.	3	4	5	6	1	2
3	1	0	Ул.	4	5	6	3	2
4	1	2	0	Ул.	5	6	3	4
5	1	2	3	0	Ул.	6	5	4
6	1	2	3	4	0	Ул.	5	6
7	1	2	3	4	5	0	Ул.	6
8	1	2	3	4	5	6	0	Ул.

Число загонов должно быть кратным числу участков пастбищеоборота. Размеры сторон загонов и их соотношение устанавливают с учетом организации рациональной пастбы животных, производительного использования сельскохозяйственной техники по уходу за травостоем, минимальных затрат на огораживание, а при орошении – удобства работы поливной техники.

Загоны очередного стравливания должны быть однотипными по травостою и размещены длинными сторонами поперек склона одинаковой экспозиции. В степных, полупустынных и пустынных районах с равнинным рельефом загоны размещают длинной стороной перпендикулярно направлению господствующих ветров или с востока на запад, чтобы избежать движения животных при пастбе против солнца. Минимальная протяженность скотопрогонов достигается при размещении загонов по так называемой коридорной системе с выходом их коротких сторон на скотопрогон.

Длина загона рекомендуется не более 600-800 м, ширина устанавливается с учетом двойного нормального разворота стада, но не менее 100м, форма прямоугольная, соотношение сторон 1:2 или 1:3. Длинная сторона размещается поперек склона, короткая сторона загона – вдоль склона по линии стока. Границы совмещают с искусственными и естественными рубежами.

После размещения загонов очередного стравливания окончательно устанавливается порядок использования пастбищ, с учетом принятого пастбищеоборота для данного вида скота или гуртового участка.

Для ограждения загонов используют постоянные, переносные или комбинированные изгороди. Иногда применяют зеленые изгороди из кустарника. Постоянная изгородь из деревянных или железобетонных столбов, устанавливаемых на расстоянии 4-6 метров и соединенных 3-5 рядами проволоки, жердей, может возводиться по границам гуртового и старного участка и вдоль скотопрогонов. Временная электроизгородь часто используется для выделения порционных участков, а в отдельных случаях и загонов.

Одновременно с размещением гуртовых участков и загонов очередного стравливания намечаются места для строительства летних лагерей, источников водоснабжения, проектируются скотопрогоны. Строительство летних лагерей (навесы, постройки для жилья, хранения продуктов и кормов, искусственного осеменения и др.) предусматривается для сокращения расстояний перегонов животных при удаленности пастбищ от фермы на расстояния, превышающие допустимые для данного вида и группы животных. В одном летнем лагере могут размещаться 2-3 выпасные группы скота.

Участок для строительства летнего лагеря должен размещаться по возможности в центре пастбищного массива, вблизи водного источника, быть сухим, защищенным от ветров, иметь хорошие подъездные пути. Площадь летнего лагеря устанавливается из расчета 50-60 м² на корову и 20-30 м² на голову молодняка крупного рогатого скота.

Размещение пастбищезащитных лесных полос производится по границам выпасных участков. Расстояние между лесополосами по длинной стороне гурта 200-300 м, по короткой (поперечной) 1500-2000 м. Ширина лесных полос - 7,5-15 м.

Зеленые зонты (куртины) площадью 0,2-1,2 га размещают вблизи водных источников. Количество зонтов зависит от числа гуртов и наличия водных источников.

На пастбищных угодьях создают энтомологические участки для диких животных, птиц, насекомых опылителей и ценной растительности. Такие участки размещают по опушкам пастбищезащитных лесных полос и зеленых зонтов в местах сукцессии, а также в водоохранных зонах прудов, водоемов, озер, ручьев, копаней, малых рек. Площадь энтомологических участков и их количество зависят от числа обитаемых популяций.

8.11.11. Устройство территории сенокосов

Устройство территории сенокосов заключается в размещении сенокосооборотных и бригадных участков, дорожной сети и скотопрогонов, водных источников, полевых станов.

На основе землеустроительного обследования уточняют площади, размещение сенокосов, закрепление их за производственными подразделениями, мероприятия по их улучшению.

Под сенокосооборотом понимается система использования сенокосов и ухода за ними, предусматривающая чередование сроков сенокосения и выпаса по отаве, проведение мероприятий по улучшению травостоя. Сенокосы закрепляются за теми бригадами, на территории которых они расположены. После закрепления сенокосов за бригадами устанавливается сенокосооборот, предусматривающий деление сенокосов на 4-5 участков для использования по определенной схеме. Для каждого типа сенокоса (суходольный, пойменный, улучшенный и т.д.) вводится самостоятельный сенокосооборот.

При проектировании сенокосооборотных участков учитывают следующие основные требования: они должны быть компактными, примерно одинаковыми по

площади, однотипными по характеру травостоя, удобными по размерам сторон и конфигурации для механизированного сенокошения, а при орошении для производительного использования поливной техники. Границами бригадных и сенокосооборотных участков могут быть дороги, ручьи, канавы, балки и другие естественные элементы.

На сенокосах размещают энтомологические заказники и кормовые поля для дикой фауны.

Сочетание разных видов пастбище- и сенокосооборотов в агроландшафтах способствует оптимальному их функционированию, улучшению их видового разнообразия.

Схемы ротации пастбищеоборотов и сенокосооборотов для степи и лесостепи даны в таблицах 8.104.-8.107.

8.104. Схема ротации сенокосооборота при одноукосной системе использования суходольных сенокосов лесостепи

Годы ротации	Номера сенокосооборотных участков (полей)			
	1	2		4
1	У _к	У _о	У _{ц-в}	У _ц
2	У _о	У _{ц+в}	У _ц	У _к
3	У _{ц+в}	У _п	У _к	У _о
4	У _ц	У _к	У _о	У _{ц+в}
5	У _к	У _о	У _{ц+в}	У _ц

8.105. Схема ротации сенокосооборота для двухукосных заливных сенокосов лесостепи

Годы ротации	Номера сенокосооборотных участков (полей)					
	1	2	3	4	5	6
1	У _{нк}	У _к	У _б	У _о	У _{ц+в}	У _ц
2	У _к	У _б	У _о	У _{ц+в}	У _ц	У _{нк}
3	У _б	У _о	У _{ц+в}	У _ц	У _{нк}	У _к
4	У _о	У _{ц+в}	У _ц	У _{нк}	У _к	У _б
5	У _{ц+в}	У _ц	У _{нк}	У _к	У _б	У _о
6	У _ц	У _{нк}	У _к	У _б	У _о	У _{ц+в}

8.106. Схема ротации сенокосооборота для одноукосных суходольных сенокосов степи

Годы Ротации	Номера севооборотных участков (полей)				
	1	2		4	5
1	У _к	У _к	У _о	У _{ц+в}	У _ц
2	У _к	У _о	У _{ц+в}	У _ц	У _к
*>	У _о	У _{ц+в}	У _ц	У _к	У _к
4	У _{ц+в}	У _ц	У _к	У _к	У _о
5	У _ц	У _к	У _к	У _о	У _{ц+в}

**8.107. Схема ротации сенокосооборотов для высокоурожайных
одноукосных сенокосов лесостепи**

Годы ротации	Номера севооборотных участков (полей)			
	1	2	3	4
1	Упц	Уц	Уо	Ук
2	Уц	Уо	Ук	Упц
3	Уо	Ук	Упц	Уц
4	Ук	Уцп	Уц	Уо

8.11.12. Составление картограммы мероприятий по организации, использованию и улучшению кормовых угодий

После разработки мероприятий по улучшению кормовых угодий и составления необходимых расчетов и документации, оформляется картограмма мероприятий. Картографической основой для составления картограммы служит карта типов кормовых угодий. Она должна быть в том же масштабе, что и проектный план или на масштаб крупнее. При отсутствии обобщенной карты типов кормовых угодий или в случае большой ее загруженности, картограмму можно составлять на плане землепользования с нанесением на него специальной нагрузки или совмещать ее с основным чертежом проекта. На картограмме показываются:

- все элементы организации пастбищной территории, предусмотренные в проекте, условными знаками;
- типы улучшаемых угодий - присвоенным им в легенде номером, который ставится в числителе, в знаменателе указывается номер контура по уточненной по-контурной ведомости;
- назначение трансформируемого угодья - буквенными индексами, которые ставятся в числителе рядом с номером современного типа угодья по легенде. Для этих целей предлагается использовать следующие индексы: Пк – пастбища крат-кострочные, ДКП - долголетние культурные пастбища, С - сенокос, СП - комбинированное использование, Ло - лиманное орошение; ОО - оазисное орошение;
- культуртехническое состояние кормовых угодий - специальными немасштабными знаками;
- запроектированные комплексы мероприятий по улучшению - штриховкой контуров: по поверхностному - горизонтальной, по коренному - вертикальной, по осушению - крестообразной, по орошению (лиманному, оазисному) - наклонной и специальными немасштабными знаками;
- очередность освоения мероприятий: первоочередного освоения - штриховкой (выше упомянутой) красной тушью, на дальнюю перспективу - черной тушью;
- границы контуров или участков проектируемых для улучшения наносятся сплошными линиями коричневой тушью.

Одновременно с графическим оформлением картограммы мероприятий по улучшению и использованию кормовых угодий, составляется краткая пояснительная записка, которая должна войти в раздел организации пастбищной территории проекта. Пояснительная записка должна иметь примерно следующее содержание:

- краткую современную характеристику кормовых угодий, их культуртехнического состояния, способов использования;
- характеристику и обоснование предусмотренных в схеме проекта землеустройства организационно-хозяйственных мероприятий по устройству пастбищной территории.
- перечень и объем намечаемых мероприятий по поверхностному и коренному улучшению кормовых угодий;
- описание в соответствии с имеющимися рекомендациями технологий улучшения и последующего использования улучшенных угодий, примерный расчет потребности в семенах, технике и трудовых затратах;
- ориентировочная по укрупненным показателям экономическая эффективность всех намечаемых мероприятий;

8.12. Овощеводство

8.12.1. Задачи овощеводства

Овощеводство – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства. После некоторого спада производства в 1991-1995 годах отрасль резко увеличила производство овощей (на 32%) по сравнению с дореформенным уровнем. В настоящее время производство овощей в стране неуклонно возрастает благодаря росту посевных площадей (с 669 тыс. га в 1986-1990 гг. до 831-859 тыс. га в 2001-2003 гг.). Урожайность овощей за этот период также несколько увеличилась (с 154 до 164 ц/га), а валовое производство достигло 4,8 млн. тонн (в том числе 0,5 млн. тонн тепличных овощей), что составляет около 100 кг на одного человека в год. Однако это количество значительно отстает от среднемирового уровня (130 кг), его недостаточно для удовлетворения потребности населения по медицинским нормам (121 кг овощей и 20 кг бахчевых в год). Поэтому в стране необходимо увеличить производство овощной продукции до 17 млн. тонн, бахчевых – до 3,0 млн. тонн.

В настоящее время в России 15% овощной продукции производится в сельхозпредприятиях, 5% - в фермерских хозяйствах и 80% - в личных подсобных хозяйствах. Увеличение производства товарных овощей в стране до требуемого уровня возможно только за счет специализированных овощеводческих и крупных фермерских хозяйств, где можно применить механизацию, новые технологии возделывания овощей. Производство теплотребовательных и ранних овощей во вне-сезонный период необходимо наладить на крупных тепличных комбинатах (потребность 1,0-1,2 млн. тонн в год).

Рентабельность производства овощей в стране хотя и сильно колеблется по годам (от 22 до 83%), но является одной из самых высоких в сельском хозяйстве страны.

Как показал опыт интенсификации сельского хозяйства страны в 1970-1990 годах, чрезмерное увлечение непродуманной мелиорацией, высокими дозами минеральных удобрений и пестицидов в условиях монокультуры или отсутствии севооборотов приводит к деградации почв, резкому возрастанию засоренности по-

лей, загрязнению почв и водоемов остатками агрохимикатов, а продукции – тяжелыми металлами и нитратами. Поэтому проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и экологически безопасных агротехнологий в овощеводстве является важной задачей.

Процесс адаптации овощеводства к природным условиям развивался еще в XVII-XVIII веках при зарождении этой отрасли. Овощеводство возникло на небольших участках при монастырях, огородах, около водоемов, на плодородных почвах. Крестьянин интуитивно сотрудничал с природой, придерживаясь строго ландшафтного размещения культур, выбора сорта, приспособленного к местным почвенно-климатическим условиям, внесения больших доз навоза, регулирования микроклимата за счет оптимального размещения растений на склоне, посева кулис, тщательной прополки вручную, уплотнения основной культуры дополнительной, защиты посевов и посадок от вредителей и болезней, обязательного чередования различных культур.

Вплоть до начала XX столетия овощеводство в основе своей базировалось на преимущественно адаптивных принципах.

Создание в 30-80 годы XX века специализированных овощеводческих хозяйств вокруг промышленных центров страны, перевод овощеводства на чисто полевые земли, внедрение промышленных технологий возделывания овощных культур способствовало существенному увеличению валовых сборов овощей в стране. Однако постепенно накапливались и печальные последствия такой интенсификации производства.

Во избежание ухудшения обстановки необходимо уже сегодня установить экологические правила ведения отрасли овощеводства в современных условиях, взяв за основу качество продукции, охрану окружающей среды, сохранение оптимального равновесия в агроэкосистеме.

8.12.2. Агроэкологическая оценка овощных культур

В России возделываются около 80 видов овощных растений, принадлежащих к 21 ботаническому семейству. В практике овощеводства обычно выделяют 8 групп растений по ботанико-производственным признакам:

1. Капустные овощи (капуста белокочанная, цветная, краснокочанная, савойская, брюссельская, брокколи).
2. Столовые корнеплоды (морковь, свекла столовая, петрушка, сельдерей, пастернак, редис, репа, редька, дайкон).
3. Пасленовые культуры (томат, баклажан, перец, физалис).
4. Тыквенные культуры (тыква, огурец, кабачок, арбуз, дыня, патиссон).
5. Луковичные культуры (чеснок, лук репчатый, батун, порей, шнитт, слизун).
6. Бобовые овощи (фасоль, овощной горох, бобы).
7. Зеленные овощи (салат, шпинат, укроп, кинза, базилик, иссоп, мелисса и др.).
8. Многолетние овощи (щавель, ревень, хрен, спаржа, эстрагон).

Овощные культуры существенно отличаются между собой по требовательности к факторам внешней среды и адаптивному потенциалу.

Ввиду того, что большая часть территории России находится в условиях сурового климата, важнейшее значение имеет скороспелость культур, их отношение к теплу, свету, влаге, почве и т.д.

По продолжительности вегетационного периода овощные культуры классифицируются в следующем порядке:

Скороспелые культуры (вегетационный период 20-70 дней) – редис, редька, репа, салат, укроп, лук на перо, зеленные.

Среднеспелые культуры (вегетационный период 70-130 дней) – капуста ранняя и средняя, цветная, морковь, столовая свекла, огурец, кабачок, овощной горох, фасоль, лук репчатый, ранние сорта арбуза, дыни, тыквы.

Позднеспелые культуры (вегетационный период 130-180 дней) – капуста позднеспелая, петрушка, сельдерей, томат, перец, баклажан, поздние сорта арбуза, дыни, тыквы.

Для раннеспелых культур требуется 600-1200[°]С активных температур, для среднеспелых – 1200-1800[°]С, для позднеспелых – 1800-2500[°]С.

При помощи выращивания рассады вегетационный период выращивания овощей можно сократить на 20-50 дней.

Требовательность к теплу. К морозостойким культурам относятся хрен, ревень, щавель, спаржа, чеснок, которые являются многолетниками и способны зимовать в суровых условиях севера и центра России. Эти культуры способны выносить заморозки до -8-10[°]С, а под снегом подземные корневища их выдерживают морозы до -30[°]С.

К холодостойким культурам относятся двулетние овощные культуры (капуста, морковь, свекла, другие корнеплоды), а также зеленные культуры (салат, шпинат, укроп). Эти культуры выдерживают заморозки до -4-6[°]С, а отдельные культуры (петрушка, шпинат) – до -7-9[°]С. Оптимальная температура для роста холодостойких культур – 18-25[°]С, а при температуре выше -30[°]С процессы ассимиляции у них резко снижаются.

К теплотребовательным культурам относятся овощные растения из семейства пасленовых (томат, баклажан, перец) и тыквенных (огурец, патиссон, кабачок), эти культуры не выдерживают даже кратковременного снижения температуры до 1-3[°]С. Оптимальный интервал температур для нормального роста и формирования урожая 22-30[°]С, однако повышение выше 35-40[°]С вызывает угнетение растений.

К жаростойким культурам относятся арбуз, дыня, тыква, фасоль, которые хорошо выдерживают температуры 30-35[°]С и даже до 40[°]С.

Требовательность к световому режиму. По этому критерию овощные культуры можно расположить в следующей последовательности: дыня – арбуз – тыква – перец – баклажан – томат – огурец – фасоль – горох – чеснок – лук – свекла – морковь – капуста – петрушка – сельдерей – салат – укроп – шпинат – щавель – ревень – спаржа.

Если такие культуры, как арбуз, дыня, томат, перец не выдерживают избыточного загущения и требуют не менее 30-40 тыс.лк, то листовые овощи (петрушка, укроп, шпинат, щавель, ревень) требуют не более 10-20 тыс.лк, являются теневыносливыми и выдерживают уплотнение и затенение. Для выгоночных культур (зеленый лук, петрушка, кочанный салат) достаточна освещенность 2-10 тыс.лк.

По требовательности к воде овощные культуры очень резко различаются. Очень требовательными являются капуста белокочанная, цветная, краснокочанная, китайская, брокколи, а также зеленные культуры (редис, салат, укроп, кинза, базилик, мелисса, кресс-салат и другие). Эти растения характеризуются тем, что они плохо забирают воду и неэкономно ее расходуют. Они очень чувствительны даже к кратковременной почвенной и, особенно воздушной, засухе. Эти культуры обязательно должны выращиваться при орошении. Оптимальный режим влажности для них должен поддерживаться на уровне 80% НВ, а относительная влажность воздуха на уровне 80-90%.

Требовательны к влаге такие культуры, как кабачок, баклажан, морковь, петрушка, сельдерей, редька, репа, лук, чеснок. Эти культуры желательно выращивать при орошении, особенно в условиях засушливого климата. Оптимум влажности почвы для них – 70-80% НВ.

Менее требовательными к водному режиму являются томат, перец, картофель, горох, а также столовая свекла. Оптимум для них – 60-70% НВ. Поэтому они могут выращиваться без орошения во многих районах России. Для этих культур большое значение имеет хорошая влажность почвы в начальный период развития растений. Избыток влаги приводит к заболеванию томата и картофеля фитофторой.

Наиболее засухоустойчивыми являются арбуз, дыня, фасоль и сахарная кукуруза. Эти культуры хорошо переносят и воздушную засуху. Оптимум влажности почвы для них – 60% НВ, воздуха – 50-60%.

Требовательность к уровню почвенного плодородия. Свойства почвы оказывают очень большое влияние на продуктивность и качество овощных культур.

В Нечерноземной зоне большинство ранних овощных культур для своего выращивания требуют почв супесчаного и легкосуглинистого механического состава, а позднеспелые культуры лучше растут на легких и средних суглинках. Тяжелые суглинки и глины малопригодны для овощеводства, ибо на них резко снижаются товарные свойства овощей, возрастает поражение растений болезнями (например, капустной килой). Торфяные почвы благоприятны для возделывания столовой моркови и сельдерея. Другие позднеспелые культуры (капуста, свекла) также могут выращиваться на осушенных торфяниках, а теплолюбивые (огурец, томат) на таких холодных почвах резко снижают урожай.

Очень важное значение для овощей в орошаемых и осушенных условиях имеет уровень залегания грунтовых вод. При высоком уровне грунтовых вод, особенно на пойменных почвах, овощные культуры снижают урожайность на 30-70%. Особенно чувствительны к переувлажнению такие культуры, как морковь, лук, томат, а капуста при избытке влаги может полностью погибнуть.

Оптимальная реакция среды для большинства овощей лежит в пределах pH 6,0-7,2. Наиболее широкий интервал pH выдерживают такие культуры, как редис, щавель, томат. Очень чувствительными к кислой реакции почвы являются лук, салат, столовая свекла, цветная и белокочанная капуста. У капустных культур при кислой реакции среды резко увеличивается заболевание растений килой. Большинство овощных культур наибольший урожай дают при интервале насыщенности основаниями 90-95%, содержании гумуса свыше 2,5-3,0%, содержании подвижных форм фосфора и калия – более 20-25 мг/100 г почвы.

В целом по отношению к почвенному плодородию овощные культуры можно классифицировать на следующие группы:

Очень требовательные: петрушка, спаржа, лук, салат кочанный, чеснок, перец, огурец, баклажан, морковь, капуста цветная, капуста брюссельская, брокколи.

Требовательные: капуста белокочанная, свекла столовая, томат, тыква, кабачок, дыня, арбуз, сельдерей, горох, фасоль, шпинат, укроп.

Малотребовательные: щавель, редька, репа, брюква, ревень.

Растения первой группы растут только на хорошо окультуренных рыхлых, структурных почвах с нейтральной реакцией почвенного раствора.

Растения второй группы могут расти на почвах различного механического состава и разной степени окультуренности, но не переносят кислые почвы с маломощным гумусовым горизонтом.

Растения третьей группы лучше всего приспособлены к возделыванию на дерново-подзолистых почвах естественного уровня плодородия в условиях севера и центра Нечерноземной зоны.

Отношение к длительному бессменному выращиванию. Овощеводческие хозяйства с узкой специализацией из-за недостатка благополучных земель прибегают к бессменному возделыванию овощных культур, что имеет место в отношении белокочанной капусты, лука и моркови в Нечерноземной зоне, томата и лука в южных регионах.

Длительные исследования ВНИИ овощеводства и опытных станций позволили установить реакцию различных овощных растений на длительность бессменного выращивания:

1. Устойчивые к монокультуре (выдерживают 2-3 года бессменного выращивания без существенного снижения урожайности): морковь, томат, лук, редис, картофель.

2. Слабоустойчивые к монокультуре (снижают урожай на 15-20%): капуста, свекла, арбуз, репа, редька, брюква, горох овощной, фасоль, чеснок.

3. Непригодные к повторному выращиванию (снижают урожай на 30-50%): огурец, дыня, кабачок, тыква, капуста цветная, перец, баклажан.

Устойчивость к сорнякам. По способности конкурировать с сорной растительностью овощные культуры можно классифицировать следующим образом:

Устойчивые к засорению: ревень, щавель, хрен, капуста, кабачок, патиссон, тыква, арбуз.

Среднеустойчивые: томат, огурец, редис, редька, репа, салат, шпинат, перец, баклажан, фасоль, боб овощной, кукуруза сахарная.

Неустойчивые: морковь, петрушка, сельдерей (из семян), лук репчатый, пастернак, свекла столовая.

На устойчивость овощных растений к засорению большое влияние оказывает способ выращивания. Как правило, культуры, выращенные рассадным способом (капуста, огурец, томат), более конкурентноспособны, чем посевные. Лук, выращенный из севка, лучше переносит засоренность, чем выращенный из семян.

8.12.3. Особенности проектирования овощеводства и бахчеводства

В целом овощные культуры, в отличие от полевых и кормовых, предъявляют более высокие требования к теплу, почвенному плодородию и воде, поэтому, как правило, возделываются на наиболее плодородных, окультуренных почвах, вблизи надежных водоисточников (поймы и дельты рек, надпойменные террасы, осушенные торфяники, прифермские севообороты).

8.12.3.1. Севообороты

Выбор оптимальных предшественников имеет чрезвычайно важное значение для большинства овощных культур. Лучшие предшественники позволяют поднять урожайность овощных культур на 21-36% и более. Для белокочанной капусты лучшими предшественниками являются однолетние травы, картофель, многолетние травы, морковь, зеленные овощи; для моркови – картофель, однолетние травы, капуста; для свеклы столовой – картофель, морковь, однолетние травы, огурец; для огурца – пласт многолетних трав, вико-овсяная смесь и лук репчатый; для томата – огурец, капуста, морковь, лук и пласт многолетних трав; для лука – озимые зерновые, капуста, картофель, овощной горох; для бахчевых культур – многолетние и однолетние травы, зерновые.

Использовать чистый пар в орошаемом овощеводстве при недостатке плодородных поливных земель экономически нерентабельно, а занятый пар (особенно сидеральный) очень перспективен как с точки зрения борьбы с сорняками, вредителями и болезнями, так и для обогащения почвы свежим органическим веществом, а также для улучшения качества продукции (снижение содержания нитратов, повышения количества сахаров и витаминов).

Занятый пар в овощеводстве можно использовать также как ремонтное поле (один раз в 4-5 лет) для известкования почв, внесения органических удобрений или паровых гербицидов для борьбы с многолетними сорняками. Наиболее перспективными культурами для занятого пара в овощеводстве являются вико-овес, горох-овес, озимая рожь.

Использование пласта многолетних трав (2-3 лет) очень перспективно при возделывании бахчевых культур (арбуз, дыня тыква), а также при возделывании капусты, томата, огурца. По данным ВНИИ овощеводства 2-3-летний пласт люцерны на 30-40% увеличивает урожайность арбуза, дыни и тыквы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, а 2-летний пласт клевера способен увеличить среднегодовую урожайность культур овоще-кормового севооборота на аллювиальных почвах Подмосковья с 64 до 83 т/га, т.е. на 29,7% при существенном

улучшении качества продукции, причем капусту лучше возделывать по пласту, а морковь и свеклу – по обороту пласта трав.

В интенсивных севооборотах, при насыщении ведущими культурами (капустой, томатом, луком) более 30%, перспективно использование промежуточных и пожнивных сидеральных культур. В центральных районах такими культурами являются озимая рожь (высевается после уборки ранних овощных и раннего картофеля и запахивается перед посадкой капусты), а также вико-овсяная смесь, фацелия, горчица. Люпин однолетний малоприспособлен из-за сильного засорения посевов. В южном регионе перспективно использование овощного гороха, а на Дальнем Востоке – сои на сидерат.

Оптимальная площадь овощей в пригородном специализированном хозяйстве – 300-450 га, количество овощных бригад – 2-3, по 120-150 га овощей в каждой бригаде.

Число севооборотных полей в овощеводстве и бахчеводстве не должно превышать 7-8, а с ранними овощными культурами – 5-6. Размер полей зависит от площади овощных культур в хозяйстве. При оптимальной площади 300-450 га размер поля обычно составляет 50-70 га, а в раннем овощеводстве – 10-20 га.

Примерные схемы севооборотов

Нечерноземная зона.

7-польный овоще-кормовой севооборот. 1. Зерновые с подсевом многолетних трав. 2-4. Многолетние травы (клевер + тимофеевка). 5. Капуста белокочанная. 6. Картофель. 7. Морковь. 8. Свекла столовая + кормовая.

7-польный овоще-картофельный севооборот. 1. Зерновые с подсевом многолетних трав. 2-3. Многолетние травы (клевер). 4. Капуста белокочанная. 5. Картофель. 6. Столовые корнеплоды. 7. Картофель.

6-польный овощной севооборот. 1. Однолетние травы с повторным посевом на сидерат (вика + овес; горох + овес). 2. Капуста белокочанная. 3. Картофель ранний. 4. Морковь столовая. 5. Капуста белокочанная. 6. Свекла столовая и кормовая.

5-польный овощной севооборот с высокой насыщенностью капустой – 40%. 1. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 2. Капуста белокочанная (лежкие сорта). 3. Капуста белокочанная (килоустойчивые сорта). 4. Морковь столовая. 5. Свекла столовая.

4-польный овощной севооборот. 1. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 2. Капустные (капуста ранняя, цветная). 3. Столовые корнеплоды (морковь и свекла на раннюю продукцию). 4. Зеленные (редис, салат, укроп, лук на перо).

6-польный овоще-сидеральный севооборот. 1. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 2. Капуста белокочанная. 3. Морковь столовая. 4. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 5. Капуста белокочанная. 6. Свекла столовая.

В Нечерноземной зоне овощеводство прекрасно сочетается с животноводством, овощи часто выращиваются в прифермских севооборотах, в частности на осушенных торфяниках, пойменных землях. Поэтому в овощеводческих хозяйствах нужно включать в севообороты кормовые культуры (многолетние и одно-

летние травы, кормовые корнеплоды). При дефиците плодородных орошаемых земель, можно ограничиться 4-5-польными севооборотами с насыщенностью овощами 80-100%.

Сибирь и Дальний Восток.

6-польные овоще-кормовые севообороты на слабокультуренных почвах.

I Вариант. 1. Зерновые с подсевом трав. 2. Травы. 3. Морковь. 4. Капуста. 5. Лук. 6. Томат.

II Вариант. 1. Зерновые с подсевом трав. 2. Травы. 3. Огурец. 4. Капуста. 5. Лук. 6. Томат.

III Вариант. 1. Зерновые с подсевом трав. 2. Травы. 3. Огурец. 4. Картофель ранний. 5. Лук. 6. Свекла столовая.

5-польные овощные севообороты с различным насыщением ведущими культурами на окультуренных орошаемых почвах.

I Вариант (капуста 40%). 1. Капуста. 2. Огурец. 3. Капуста. 4. Лук. 5. Морковь.

II Вариант (корнеплоды 40%). 1. Лук. 2. Морковь. 3. Томат. 4. Огурец. 5. Свекла столовая.

III Вариант (огурец 40%). 1. Капуста. 2. Огурец. 3. Лук. 4. Картофель ранний. 5. Огурец.

IV Вариант (лук 40%). 1. Капуста. 2. Лук. 3. Томат. 4. Огурец. 5. Лук.

4-польные овощные севообороты на плодородных орошаемых почвах.

I Вариант. 1. Капуста. 2. Огурец. 3. Лук. 4. Морковь.

II Вариант. 1. Капуста. 2. Лук. 3. Морковь. 4. Томат.

III Вариант. 1. Огурец. 2. Лук. 3. Морковь. 4. Томат.

IV Вариант. 1. Томат. 2. Огурец. 3. Картофель. 4. Морковь.

Южные районы России.

8-польные овоще-кормовые севообороты.

I Вариант. 1. Яровые зерновые с подсевом трав. 2-3. Люцерна. 4. Томат, баклажан, перец. 5. Огурец, кабачок. 6. Томат. 7. Горох овощной. 8. Капуста.

II Вариант. 1. Ранний картофель или овощи + люцерна (летний посев). 2-3. Люцерна. 4. Огурец, кабачок. 5. Томат, баклажан, перец. 6. Лук. 7. Капуста. 8. Зеленные овощи.

III Вариант. 1. Овощной горох + повторный посев на сидерат. 2. Томат. 3. Огурец, кабачок. 4. Лук. 5. Горох овощной + повторный посев. 6. Томат. 7. Капуста. 8. Столовые корнеплоды.

7-польные севообороты.

I Вариант. 1-2. Люцерна. 3. Капуста. 4. Томат. 5. Лук. 6. Картофель. 7. Корнеплоды.

II Вариант. 1-2. Люцерна. 3. Огурец. 4. Томат. 5. Лук + корнеплоды. 6. Томат. 7. Капуста.

III Вариант. 1. Овощной горох + повторный посев. 2. Томат. 3. Лук + корнеплоды. 4. Овощной горох + повторный посев. 5. Огурец. 6. Томат. 7. Капуста.

Овощные севообороты с насыщением ведущими культурами.

I Вариант (томат 33%). 1. Овощной горох + повторный посев на сидерат. 2. Огурец. 3. Томат. 4. Капуста. 5. Томат. 6. Лук + корнеплоды.

II Вариант (томат 40%). 1. Озимая пшеница. 2. Томат. 3. Огурец. 4. Капуста. 5. Томат.

III Вариант (томат 50%). 1. Капуста. 2. Томат. 3. Огурец. 4. Томат.

IV Вариант (лук 40%). 1. Овощной горох + повторный посев на сидерат. 2. Лук. 3. Томат. 4. Огурец. 5. Лук.

Бахчевые севообороты. Для бахчевых культур (арбуз, дыня, тыква) лучшими являются супесчаные окультуренные почвы с глубоким залеганием грунтовых вод. Бахчевые культуры хорошо отзываются на применение органических удобрений. Лучшие предшественники для бахчевых культур - многолетние травы (люцерна, житняк), озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на силос. Наиболее качественная продукция арбуза и дыни получается в богарных условиях. Орошение снижает сахаристость плодов бахчевых культур, но увеличивает урожайность плодов в 1,5-2 раза.

Бахчевые севообороты в богарных условиях.

I Вариант. 1. Озимая рожь. 2-4. Многолетние травы. 5-7. Бахчевые культуры. 8. Кукуруза на силос.

II Вариант. 1. Озимая рожь + подсев многолетних трав. 2-3. Многолетние травы. 4-5. Бахчевые культуры. 6. Яровая пшеница. 7. Кукуруза на силос.

III Вариант. 1. Пар чистый. 2. Озимая рожь. 3. Бахчевые культуры. 4. Яровая пшеница. 5. Кукуруза на силос. 6. Бахча. 7. Яровая пшеница.

Бахчевые севообороты в орошаемых условиях.

I Вариант. 1-3. Люцерна. 4-5. Бахчевые культуры. 6. Кукуруза на силос. 7. Озимая пшеница.

II Вариант. 1-2. Люцерна. 3-4. Бахчевые культуры. 5. Кукуруза на силос. 6. Озимая пшеница.

III Вариант. 1. Озимая пшеница. 2. Бахчевые культуры. 3. Кукуруза. 4. Однолетние бобовые. 5. Бахча. 6. Кукуруза.

IV Вариант. 1. Однолетние бобовые. 2. Бахча. 3. Томат. 4. Капуста. 5. Кукуруза на силос. 6. Бахча. 7. Лук. 8. Перец.

Включение овощных культур в бахчевые севообороты возможно в орошаемых условиях на богатых черноземных почвах. В качестве однолетних трав лучше использовать овощной горох или сою.

В целом бахчеводство, в отличие от овощеводства, хорошо сочетается с зерновым полеводством в условиях Волгоградской, Ростовской областей, Краснодарском и Ставропольском краях РФ.

8.12.3.2. Особенности удобрения овощных культур

Овощные культуры, при выращивании их в условиях орошаемого земледелия на окультуренных почвах, способны давать высокие урожаи, но и потребление питательных элементов с урожаем значительно выше, чем у полевых культур.

Среди овощных культур наибольшим выносом питательных элементов с урожаем отличаются белокочанная капуста среднеспелых и позднеспелых сортов (546-712 кг/га NPK), столовая свекла, брюква, кабачок (510-560 кг/га NPK). Повышенный уровень выноса питательных элементов характерен для листовой, брюссельской и цветной капусты, петрушки, сельдерея, ревеня, тыквы, огурца (410-420 кг/га NPK), а минимальный вынос и, следовательно, нуждаемость в удобрениях отмечены для салата, шпината, редиса, лука (70-190 кг/га NPK). При выращивании в пленочных теплицах огурца и томата вынос питательных элементов возрастает в 3-4 раза и достигает очень больших величин (1085-1354 кг/га NPK), что предъявляет очень высокие требования к условиям питания этих культур.

По интенсивности потребления питательных элементов на первом месте находится огурец и томат в защищенном грунте, а в открытом – столовая свекла, кабачок, белокочанная и цветная капуста (4,15-5,6 кг/га в сутки). Эти культуры в наибольшей степени нуждаются в применении быстродействующих минеральных удобрений.

К культурам, наиболее требовательным к применению азотных удобрений, относятся белокочанная капуста, листовая и цветная капусты, столовая свекла, ревень, а также все зеленные овощи (салат, шпинат, листовая петрушка, укроп). На фосфорные удобрения наиболее отзывчивы пасленовые (томат, картофель, перец, баклажан) и бобовые культуры (горох, фасоль, бобы). Высокая потребность в применении калийных удобрений является отличительной особенностью столовых корнеплодов (морковь, пастернак, корневая петрушка, сельдерей, свекла, репа, редька, брюква, редис), а также поздних сортов белокочанной капусты.

Из всех овощных культур наиболее отзывчивыми на применение органических удобрений являются огурец, тыква, арбуз, дыня, зеленные, а минеральных удобрений – белокочанная капуста и столовая свекла, однако наибольший урожай они дают при совместном применении этих удобрений. Морковь, томат, лук примерно одинаково реагируют на использование минеральных туков и навоза. Однако свежий навоз вызывает излишнее образование пасынков у томата, разветвление корнеплодов у моркови и утолщение шейки лука, что задерживает его созревание. Поэтому под эти культуры лучше вносить или перепревший навоз, а еще надежнее возделывать эти культуры по последствию органических удобрений, внесенных под предшественник (капусту, тыквенные, зеленные).

Наиболее отзывчивыми на известкование почвы являются белокочанная капуста, столовая свекла, под которые рекомендуется непосредственно вносить известь в условиях севооборота, а остальные культуры возделывать по последствию извести.

Научными учреждениями изучены различные варианты систем удобрения.

Показано, что чисто минеральная система удобрений в овощеводстве, особенно при применении повышенных доз, малоперспективна. Хотя урожайность значительно повышается, но снижается качество продукции, ухудшается структура почвы, снижается биологическая активность, а часть внесенного азота минеральных

удобрений (8-18%) теряется за счет вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы, что создает угрозу загрязнения почвы, грунтовых вод и водоемов.

Чисто органическая система применения удобрений, которая ранее применялась в овощеводстве, в экологическом отношении имеет существенное преимущество перед минеральной: улучшается качество продукции, возрастает биологическая активность почв, содержание в ней гумуса, улучшается структура, но большое повышение продуктивности севооборотов недостижимо, ибо при этой системе нужно обеспечить ежегодное внесение 35-40 т/га навоза под овощные культуры, что весьма трудно осуществить не только в крупном хозяйстве, но даже на фермерском или дачном участке. Только на приусадебных участках крестьян, имеющих большое количество домашнего скота, такая система удобрения может быть с успехом использована и вполне оправдана с экологической и экономической точки зрения.

В специализированных овощеводческих и фермерских хозяйствах, дачных кооперативах, там, где существует острый дефицит навоза, перспективной является минерально-биологическая система удобрений овощных культур, когда на фоне ежегодного применения расчетных доз минеральных удобрений периодически (1-2 раза за ротацию севооборота) высевается бобовая или бобово-злаковая травосмесь и запахивается в качестве сидерата. Такая система применения удобрений позволяет улучшить качество продукции и урожайность культур, в значительной степени снизить дефицит органического вещества в почве, улучшить ее структуру и биологическую активность, а также резко снизить потери азота от выщелачивания в грунтовые воды.

Но наиболее перспективной в овощеводстве является комплексная, минерально-органно-биологическая система применения удобрений, когда при ежегодном использовании умеренных доз минеральных удобрений на уровне 200-300 кг/га NPK периодически (1-2 раза за ротацию) используются сидераты и навоз (или компост) в среднем 15-18 т/га в год. Такая система позволяет в 2-2,5 раза сократить потребность в органических удобрениях, но получить наиболее высокий уровень урожайности овощных культур с хорошим качеством и высокой сохраняемостью продукции в зимний период, полностью предотвратить потери гумуса в почве, улучшить ее структуру, уменьшить плотность, повысить биологическую активность за счет интенсивного развития полезной микрофлоры, свести до минимума вымывание нитратов в грунтовые воды, что очень важно в условиях гидроморфных ландшафтов.

Большинство овощных культур очень отзывчивы на применение биоудобрений (Агрофил, Азоризин, Бактосан, Экстасол, Флавобактерин). При этом важно следовать рекомендуемой технологии их применения, которая предусматривает использование биопрепаратов направленного действия с четковыраженными функциями ростостимуляции и биоконтроля (см. раздел 8.9.12.). Рекомендуется начинать применение микробиологических удобрений с обработкой семян и выращивания рассады и заканчивать обработкой продукции перед закладкой на хранение. Использование бмикробиологических препаратов позволяет более эффективно использовать имеющиеся минеральные удобрения (снизить дозу применения NPK в два раза при сохранении урожайности), а также биологический потенциал современных сортов овощных культур. Кроме того, за счет эффективного функционирования растительно-микробных ассоциаций существенно улучшается товарный вид и качество продукции (см. раздел 8.9.12.).

8.12.3.3. Особенности системы обработки почв

Система обработки почвы в овощных севооборотах строится на тех же принципах, что и в полевых севооборотах. Но при этом более тщательно учитывается плотность почвы.

Для дерново-подзолистых почв центральных районов Нечерноземной зоны с содержанием гумуса 1,5-2,7% оптимальная плотность для овощных культур находится в пределах 1,2-1,4 г/см³ и значительно ниже их равновесной плотности. Поэтому под овощные культуры требуется систематическое рыхление почвы в целях предотвращения избыточного уплотнения наряду с обработками для борьбы с сорной растительностью.

Аллювиальные луговые почвы пойм рек Москвы и Оки, а также темно-серые лесные почвы и выщелоченные черноземы Европейской части и Западной Сибири, имеющие содержание гумуса порядка 3-5% и равновесную плотность на уровне 1-1,2 г/см³ (близкую к оптимальной для овощных культур), нуждаются в поддержании указанной плотности путем минимализации междурядных и предпосевных обработок, но с учетом необходимости заделки растительных остатков и удобрений, эффективных приемов для борьбы с сорняками.

Для торфяно-болотных почв (со степенью разложения торфа 30-40%) равновесная плотность не превышает 0,17-0,18 г/см³, а оптимальная плотность для овощных культур на торфяниках составляет 0,23-0,25 г/см³. Поэтому система обработки таких почв для овощеводства обязательно должна предусматривать приемы уплотнения (прикатывания) для создания оптимальных условий роста и развития овощных растений.

8.13. Сорта и семеноводство

В системе Российской академии сельскохозяйственных наук функционируют 43 селекционных центра по растениеводству, селекционная работа ведется в сельскохозяйственных ВУЗах, учреждениях Российской академии наук, фирмах различных форм собственности. В Государственный реестр сортов допущенных к использованию включено около 100 сортов сильной пшеницы, количество ценных по качеству сортов озимой пшеницы, яровой пшеницы, овса, ячменя, проса, гречихи, риса, гороха, чечевицы, фасоли, нута составляет более 380, пивоваренных сортов ячменя – около 50, высокомасличных сортов и гибридов подсолнечника – более 160, безэруковых (0-типа) и безэруковых низкоглюкозинолатных (00-типа) сортов рапса – более 60.

8.13.1. Правовые аспекты селекции и семеноводства, сертификация семян

В основе динамичного развития селекции и семеноводства должна лежать четкая законодательная база. Создание строгих правовых рамок является важнейшей предпосылкой работы в рыночной экономике. В последние годы уже проделана значительная работа по регламентации рынка семян России.

Приняты Закон Российской Федерации “О селекционных достижениях” (6 августа 1993 г. №5605-1), Федеральный закон «О семеноводстве» (17 декабря 1997 г. №149-ФЗ) и др.

Принятие первого из них произвело существенные изменения не только в порядке использования результатов селекционной работы, но и в системе государственного испытания селекционных достижений. Была образована Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (далее Госсорткомиссия). Госсорткомиссия осуществляет единую политику в области правовой охраны селекционных достижений в Российской Федерации, принимает к рассмотрению заявки на селекционные достижения, проводит по ним экспертизу и испытания, ведет Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, выдает патенты и авторские свидетельства, регистрирует лицензионные договоры на действия с семенами охраняемых сортов

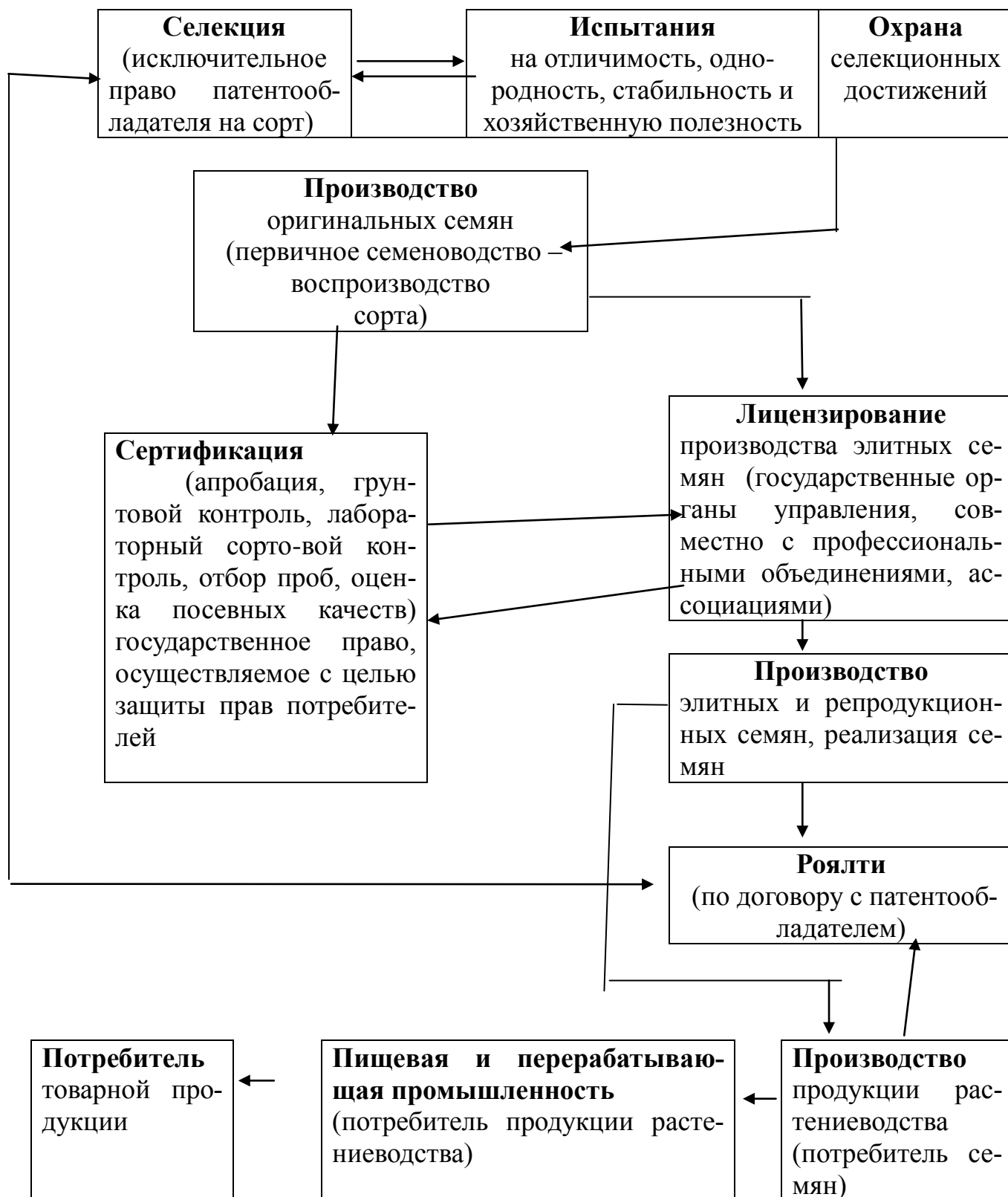
Современная правовая база регулирует имущественные, а также неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием, правовой охраной и использованием селекционных достижений. Право на селекционное достижение охраняется законом и подтверждается патентом. Патент удостоверяет исключительное право патентообладателя на использование селекционного достижения. Селекционное достижение, на которое Госсорткомиссией выдан патент, регистрируется в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений. Критериями охраноспособности селекционного достижения являются: новизна, а также отличимость, однородность и стабильность (ООС). Большинство культур на ООС испытывают на 1-2-х участках в течение 1-2-х лет. На 2004 год Госсорткомиссия выдала около 2000 патентов на селекционные достижения по сортам растений.

Исключительное право патентообладателя состоит в том, что любое (юридическое или физическое) лицо должно получить от обладателя патента лицензию на осуществление с семенами охраняемого селекционного достижения следующих действий: 1) производства; 2) доведения до посевных кондиций для последующего размножения; 3) предложения к продаже; 4) продажи и иных видов сбыта; 5) вывоза с территории Российской Федерации; 6) ввоза на территорию Российской Федерации; 7) хранения в перечисленных выше целях.

По лицензионному договору (исключительная или неисключительная лицензия) патентообладатель (лицензиар) передает право на использование селекционного достижения другому лицу (лицензиату) в порядке расчетов, обусловленных договором, или безвозмездно.

В декабре 1997 г. было принято постановление Правительства Российской Федерации о присоединении к Международной конвенции по охране новых сортов растений, и Россия с 24 апреля 1998 г. стала членом Международного союза по охране новых сортов растений – UPOV. Российские граждане и юридические лица получили право подать заявку на охрану селекционного достижения в странах-членах UPOV. Соответственно, граждане и юридические лица этих стран имеют право на охрану своих селекционных достижений на территории России.

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на 2004 год находится более 8000 сортов растений. Существующая на сегодня нормативная база по закону «О селекционных достижениях», охраняя право на селекционное достижение посредством выдачи патента, делает возможным постепенный переход селекции растений на возвратную основу через сбор селекционного вознаграждения – роялти (рис.8.4).



**Рисунок 8.4. Схема использования охраняемых селекционных достижений
в производстве**

Селекционное достижение при условии получения патента относится к категории интеллектуальной собственности. Реализация объектов интеллектуальной собственности потребителем на полностью или частично возвратной основе с аккумулярованием полученных средств позволяет направлять их на создание новой научно-технической продукции или развитие инновационной инфраструктуры.

Роялти в развитых странах является основным источником поступления средств на дальнейшее развитие селекции.

Федеральный Закон Российской Федерации “О семеноводстве” является логическим продолжением Закона “О селекционных достижениях”. Им регламентируются правовые отношения производителей и потребителей семян в процессе производства, заготовки, реализации и использования семян сельскохозяйственных и лесных растений, а также регулируются организационные основы их деятельности.

Механизм реализации Федерального закона “О семеноводстве” включает лицензирование производителей элитных семян; обязательную сертификацию семян, предназначенных для реализации; грунтовой контроль партий семян; осуществление контроля за технологией производства сортовых семян; сортовой контроль; отбор проб из партий семян и их анализ специалистами Государственной семенной инспекции.

Важнейший аспект проблемы – ограничение числа поколений при размножении семян, дифференцированное по регионам. Последней репродукцией в семеноводстве, например, в Краснодарском, Ставропольском краях и других благоприятных районах будет вторая, а в районах с неблагоприятными условиями (Республика Бурятия, Читинская область и др.) – четвертая.

Переход всей системы семеноводства на ограничение числа поколений со всей остротой ставит проблему проведения грунтового контроля (установления принадлежности сельскохозяйственных растений к определенному сорту и определение сортовой чистоты растений посредством посева семян на специальных участках и последующей проверки сельскохозяйственных растений).

Сортовой и семенной контроль сельскохозяйственных растений в настоящее время обеспечивает Государственная семенная инспекция (далее Госсеминспекция). В спектр деятельности государственного семенного контроля входит ряд важных функций: надзор за соблюдением законодательства Российской Федерации в области семеноводства, сертификация семенного и посадочного материала; контроль за соблюдением государственных и отраслевых стандартов при производстве, заготовке, обработке, хранении, реализации, транспортировке и использовании семян; разработка стандартов на семена и методы определения их качества, проведение апробации сортовых посевов, испытание семян в лабораторных условиях, проверка наличия материально-технической базы при лицензировании деятельности по производству семян элиты; международное сотрудничество со странами-членами Международной ассоциации по контролю качества семян (ISTA) и ряд других.

Ежегодно апробируется и регистрируется более 20 млн. га сортовых посевов. Исследуется более 2,5 млн. проб семян, включая проведение полного анализа, повторного анализа по окончании срока действия сертификата, определение всхожести перед посевом, определение влажности зерна перед уборкой семенных участков и др. Специалисты госсеминаспекций проводят также клубневой анализ картофеля, паспортизацию питомников, определение качества посадочного материала плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда.

Семена, предназначенные для реализации, должны пройти процедуру сертификации. Сертификат выдается только на семена сортов, допущенных к использованию. Исключение составляют семена, производимые с целью реализации за пределами России. В соответствии с приказом Минсельхозпрода России от 08.12.99 № 859 «Об утверждении Положения о порядке проведения сертификации семян сельскохозяйственных и лесных растений» обязанности Центрального органа по сертификации семян возложены на Государственную семенную инспекцию Российской Федерации.

Органами по сертификации семян являются аккредитованные в установленном порядке государственные семенные инспекции субъектов России. В качестве испытательных лабораторий (ИЛ) аккредитуются районные, межрайонные, городские государственные семенные инспекции. Кроме государственных семенных инспекций в качестве испытательных лабораторий могут быть аккредитованы контрольно-семенные лаборатории заводов по обработке семян сахарной свеклы, лаборатории научно-исследовательских институтов, других организаций, имеющие необходимую оснащенность, техническую компетентность и кадровый состав специалистов.

Процесс сертификации семян включает: подачу заявки на проведение сертификации; рассмотрение заявки и принятие решения; контроль за соблюдением стандартов и другой нормативной документации при производстве, подработке, упаковке и реализации семян; проведение сортовой идентификации; отбор проб для проведения испытаний; проведение испытаний; анализ полученных материалов и принятие решения о возможности выдачи сертификата; выдачу сертификата; осуществление инспекционного контроля за сертифицированными семенами.

Современная нормативная правовая база в области семеноводства в целом унифицирована с законодательством развитых стран. Это создает предпосылки для плавной интеграции России в международный рынок семян, признания и поддержку ее авторитетными организациями, такими, как ISTA (Международная ассоциация по контролю качества семян), UPOV (Международный союз по охране новых сортов растений), ISF (Международная федерация по семеноводству), OECD (Организация экономического сотрудничества и развития).

8.13.2. Система семеноводства

Важнейшим условием повышения эффективности растениеводства и ускорения происходящих в нем рыночных преобразований является хорошо развитая система семеноводства.

Система семеноводства сельскохозяйственных растений представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных физических и юридических лиц, осуществляющих деятельность по производству оригинальных, элитных (семян элиты) и репродукционных семян. При этом развитая система семеноводства должна представлять собой высокоэффективный механизм, не только обеспечивающий потребность в высококачественных семенах, но и соблюдение прав потребителей и патентообладателей (правообладателей) на сорта растений, определяя оптимальное функционирование рынка семян. Актуальность данного вопроса определяется многократным усилением значения сорта в земледелии, повышением роли качественных семян в условиях формирования рыночных отношений.

Мировая практика показывает, что наиболее эффективным является производство семян на промышленной основе, при соответствующей его специализации и концентрации. Развитие рыночной инфраструктуры, приватизация, многообразие форм собственности сильно изменили систему семеноводства бывшего СССР. Основными субъектами, действующими на этом рынке в России, являются акционерные общества (бывшие колхозы и совхозы), предприятия системы заготовок, элеваторы, дилерские и брокерские конторы, торгово-сбытовые и посреднические фирмы, организованные на принципах кооперативной, частной и долевой форм собственности. Однако, независимо от их организационно-правовых форм, получение семян высокого качества зависит от уровня внутрихозяйственного семеноводства. Поэтому, при разработке системы земледелия обязательно должна быть учтена специфика производства семян.

Организация внутрихозяйственного семеноводства предусматривает создание специализированного подразделения по производству высококачественного семеноводческого материала, планирование производства, выбор сортов, выделение отдельного семеноводческого севооборота, учет особенностей технологии возделывания культур на семена, сортовой и семенной контроль, хранение, реализацию, подготовку семян к посеву, организационно-экономическое обеспечение всей этой деятельности.

При планировании семеноводства учитывают источники поступления семян, порядок сортосмены и сортообновления, структуру посевных площадей, выход кондиционных семян, норму высева, объемы основных, страховых и переходящих фондов семян.

Разработка отдельных звеньев системы земледелия в оптимальном варианте с целью максимального производства товарной продукции далеко не всегда подходит для семеноводства. Это касается как структуры посевных площадей, которая в семеноводческих хозяйствах определяется спецификой севооборотов, так и состава и рациональной эксплуатации машинно-тракторного парка.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели имеют право заниматься производством семян элиты сельскохозяйственных растений в случае наличия у них лицензии на право осуществления этой деятельности (Постановление правительства Российской Федерации от 13 июня 2002 года № 415).

По степени завершенности цикла производства семян юридических лиц и индивидуальных предпринимателей можно разделить на две группы:

- с законченным циклом, при котором семена производятся, проходят послеуборочную доработку и реализуются;
- с незаконченным циклом, когда семена только производятся, а их послеуборочную доработку проводят на специализированных (межхозяйственных) предприятиях. Там осуществляется предварительная очистка, сушка, вторичная доработка, сортирование, протравливание семян, хранятся страховые и переходящие фонды семян. Такая схема наиболее распространена в семеноводстве зерновых культур, кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, овощных культур, трав. По мере интенсификации производства семян, эта форма организации будет получать все большее развитие, но при условии взаимовыгодных экономических отношений между ее участниками.

В некоторых случаях целесообразно проведение межхозяйственной кооперации в семеноводстве. В такую систему организации семеноводства на внутрихозяйственном уровне могут войти фермерские хозяйства, которым, естественно, экономически невыгодно создавать собственную материально-техническую базу по послеуборочной обработке семян и их хранению.

Для крупных предприятий с организованным внутрихозяйственным семеноводством целесообразнее размножать полученные семена элиты и I репродукции для полного обеспечения собственной потребности в сортовых семенах. Эта модель организации внутрихозяйственного семеноводства наиболее предпочтительна для основных зерносеющих регионов России. Форма организации семеноводства сельскохозяйственных растений, естественно, должна постоянно совершенствоваться с учетом многоукладности сельскохозяйственного производства в рыночных условиях.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели в России, скорее всего, еще длительное время будут заниматься семеноводством на собственной базе без внутрихозяйственной специализации производства семян. Этому способствуют недостаточная интенсивность процессов специализации и концентрации в семеноводстве, а также вполне естественное на современном этапе развития нашего общества изменение экономических взаимоотношений в условиях рыночной экономики. На первых этапах введения рыночной экономики ряду хозяйств при наличии определенной материально-технической базы будет выгоднее производить семена у себя по законченному циклу. По мере обострения конкуренции между производителями семян их цена будет приближаться к потребительной стоимости. Число таких хозяйств, несомненно, будет уменьшаться.

Перечисленные категории хозяйств - это первичные структуры при разных формах организации семеноводства. Ассоциации, союзы, селекционно-

семеноводческие фирмы и другие предприятия, не производящие семена, относятся уже ко вторичным структурам организации семеноводства.

Семеноводство решает две основные связанные между собой задачи: сортосмену и сортообновление. В идеальном варианте при плановом внедрении новых сортов в производство сортообновления быть не должно. Создание нового сорта происходит за период, в течение которого ухудшение сортовых качеств и урожайных свойств старого сорта достигает экономической значимости. Однако на практике постоянная сортосмена (через 4-5 лет) пока невозможна по нескольким причинам.

Во-первых, чрезвычайно трудно при современном уровне развития селекции обеспечить необходимую периодичность в создании новых сортов. Во-вторых, успехи селекции скачкообразны, примеры тому - выведение сортов озимой пшеницы Безостая 1 и Мироновская 808, картофеля Лорх, сахарной свеклы Рамонская 06 и др. Сорта такого типа находились или находятся в производстве в течение нескольких десятилетий. В-третьих, еще недостаточно используются потенциальные возможности современных сортов непосредственно в хозяйствах.

Планирование в семеноводстве зависит от многих причин, и прежде всего от биологических особенностей культуры, уровня развития производственных отношений и производительных сил. Оно предусматривает расчеты по сортосмене, получению семян в хозяйстве (районе, области) и производству семян элиты. Таким образом, процесс планирования семеноводства можно разделить на три самостоятельных этапа, тесно связанных между собой. Предполагаемая последовательность обусловлена тем, что сортосмена в последнее время играет ведущую роль в семеноводстве, дальнейшие расчеты по производству семян в хозяйстве, районе, области позволяют спланировать план-заказ на семена элиты и соответственно объем работ в первичных звеньях семеноводства.

В системе мероприятий по переводу семеноводства на промышленную основу важнейшее место принадлежит сортосмене, т.е. внедрению новых сортов в производство в течение 3-4 лет по классической схеме: участок размножения - семенные посевы - товарные посевы. При выборе сорта для возделывания в хозяйстве следует учитывать многие факторы. Прежде всего необходим дифференцированный подход к выбору сорта для конкретного места выращивания. Условия возделывания различных культур в одной и той же почвенно-климатической зоне весьма разнообразны (область, район, хозяйство), при этом существует значительное колебание урожайности. Если сорт обладает высоким потенциалом продуктивности, то он, естественно, предъявляет повышенные требования к условиям возделывания. Сорт с меньшим потенциалом урожайности невыгодно использовать в очень хороших условиях и наоборот. Например, во время государственных испытаний озимой пшеницы сорта Мироновская 808 в Московской области при урожайности более 4 т/га он дал прибавку по сравнению со стандартом ППГ 186 0,96 т/га, при урожайности 3-4 т/га прибавка оказалась меньше - 0,6 т/га, а при урожайности 2-3 т/га ее практически не было. Современные сорта интенсивного типа в

производственных условиях часто дают урожай значительно меньший, чем старые сорта, которые более приспособлены к возделыванию в этих условиях. При выборе сорта нужно учитывать реальные производственные ситуации.

Юридические и индивидуальные предприниматели, имеющие лицензию, в течение 2-3 лет выпускают элиту нового сорта, используя повышенный агрофон, пониженные нормы высева, способствующие увеличению коэффициента размножения, видовую и сортовую прополку, другие формы отбора, тщательно соблюдая меры предосторожности во избежание механического засорения при посеве, уборке, транспортировке семенного зерна, его послеуборочной обработке и хранении.

В Центральном районе Нечерноземной зоны России основные зерновые культуры - озимая пшеница, озимая рожь, ячмень и овес. Уменьшение нормы высева семян для семенных посевов озимой пшеницы с 4,5-5,5 до 2 млн. не способствует снижению урожайности, при этом коэффициент размножения повышается в 2,5 раза. Дальнейшее сокращение нормы высева осложняет борьбу с сорняками. Однако применение современных высокоэффективных гербицидов позволяет успешно решать эту проблему. При норме высева семян 1 млн/га может наблюдаться определенное снижение урожая, но коэффициент размножения при этом значительно возрастает.

В процессе репродуцирования сорта происходит его постепенное ухудшение, причем оно не носит линейного характера и зависит от механического, биологического засорения (переопыление или спонтанная гибридизация, появление естественных мутаций), расщепления и увеличения уровня заболеваемости. У различных сельскохозяйственных культур причины, приводящие к снижению качества сорта, неодинаковы. У зерновых культур главная причина потери сортовых достоинств - механическое засорение, а также увеличение уровня заболеваемости. У перекрестноопыляющихся культур во избежание переопыления необходимо строго соблюдать установленную пространственную изоляцию. У картофеля главная опасность исходит от вирусных и бактериальных болезней, при этом у него установлена почти линейная зависимость снижения урожайности от числа лет репродуцирования.

В связи с этим периодически возникает необходимость обновления семян уже распространенных в производстве сортов - сортообновление, а у картофеля вся система семеноводства направлена на проведение быстрого сортообновления. Основа обновления семян - элита.

Оптимальный уровень факторов для получения наивысшего урожая не учитывается в системе производства семян высокого качества. Поэтому при составлении системы земледелия с семеноводческой спецификой необходимо учитывать факторы и условия формирования биологического потенциала качества семян.

Основные факторы, модифицирующие условия формирования биологического потенциала качества семян, - генетические, технологические и природные - указаны на рис. 8.5.

При выращивании высококачественных семян сортов и гибридов сельскохозяйственных культур включенных в Государственный Реестр, осуществляется сортовой контроль, цель которого - установить, соответствуют ли посевы тому сорту, который обозначен в документах на высейнные семена, а также определить степень сортовой чистоты (типичности) и пригодность посева на семенные цели.

Основной метод сортового контроля - полевая апробация (от латинского *approbatio* - одобрение, утверждение), при которой, кроме сортовой чистоты и типичности, определяют засоренность посевов трудноотделимыми культурными и сорными растениями, устанавливают наличие карантинных, злостных и ядовитых сорняков, степень поражения посевов болезнями и повреждения вредителями, контролируют соблюдение семеноводческой агротехники и ведение сортовой документации.



Рисунок 8.5. Факторы, модифицирующие условия формирования биологического потенциала качества семян

Апробацию проводят на всех сортовых посевах на семенные цели. При выращивании семян гибридов первого поколения разных типов для товарного использования на участках гибридизации проводят полевые обследования. Все остальные сортовые посевы, в том числе и товарные посевы гибридов первого поколения (кукурузы, сорго, подсолнечника), регистрируют. План апробации составляют ежегодно с учетом обеспечения хозяйств семенными, страховыми и переходящими фондами семян, заготовок в федеральные и региональные семенные фонды. Апробацию проводят государственные семенные инспектора и аккредитованные физические лица, прошедшие специальную подготовку.

Для начала проведения апробации подается заявка. Полевую апробацию проводят в строгом соответствии с Инструкцией по апробации сортовых посевов в следующем порядке: подготовка к проведению апробации, отбор и анализ снопов (образцов), составление сортовой документации. Перед апробацией проверяют документацию на высейнные семена и осматривают все сортовые посевы на корню. При этом оценивают состояние посевов, визуально определяют урожайность, устанавливают степень засоренности, соблюде-

ние норм пространственной изоляции для перекрестноопыляющихся культур. Норма пространственной изоляции зависит от биологии культуры, методов создания сортов и гибридов. Так, у гречихи она составляет 200 м, у подсолнечника 1000 м с преградой и 3000 м без преграды, а на участках размножения родительских форм гибридов 5000 м, на участках гибридизации той же культуры 3000 м, у кукурузы разных типов посевов от 300 до 500 м, у многолетних злаковых трав 400 м, у многолетних бобовых трав 200 м, у свеклы при возможных комбинациях размещения семенников различных форм от 1 до 10 км.

Один из главных показателей посевов - сортовая чистота или типичность. Для элитных посевов установлены более высокие нормы сортовой чистоты: для посевов пшеницы мягкой, полбы, овса, ячменя и гороха - не менее 99,7%, риса, проса, чечевицы, фасоли, маша, чины и нута - 99,8%, тритикале - 99,5%.

Для посевов установлен допустимый процент поражения болезнями, которые распространяются через семена. Посевы пшеницы и полбы I и последующих репродукций считаются непригодными для семенных целей, если пораженность их пыльной головней (по стеблям) превышает 0,5%, а твердой головней 0,3%, ячменя - при пораженности пыльной головней более 0,5% и твердой головней более 0,5%, овса - пыльной и покрытой головней (по стеблям) в сумме более 0,5, проса - пыльной головней выше 3%. Не допускаются к посеву семена элиты пшеницы, полбы и ячменя, пораженные пыльной и твердой головней, овса - пыльной и покрытой головней, проса, пораженные пыльной головней более 1%.

По ряду культур учитывают повреждения вредителями. В сортовых посевах нормируют примеси трудноотделимых культурных растений и трудноотделимых сорняков (т.е. семена которых не удастся полностью отделить от семян апробируемой культуры, так как размеры их совпадают).

У зерновых культур не допускаются примеси трудноотделимых культурных растений более 3% и трудноотделимых сорняков более 3%. Например, трудноотделимыми культурными растениями в посевах озимой пшеницы считают рожь и ячмень, яровой пшеницы - ячмень и гречиху, ячменя - пшеницу и овес, овса - ячмень и рожь, тритикале - пшеницу, рожь и ячмень.

К трудноотделимым сорнякам в посевах пшеницы относят софору лисохвостую и толстоплодную, головчатку сирийскую, синеглазку и гречиху татарскую; овса - овсюг, овес щетинистый и триходесму седую; ячменя - овсюг, софору толстоплодную, синеглазку, дикую редьку и триходесму седую; проса - щетинник сизый, тысячеголов, гумай, просо рисовое и крупноплодное, синеглазку, горчак ползучий, гелиотроп опушенноплодный, просо куриное, вьюнок полевой и вязель разноцветный; тритикале - овсюг, софору лисохвостую, головчатку сирийскую и гречиху татарскую.

На каждый апробированный участок сортового посева составляют отдельный акт апробации. В зависимости от репродукции посева и назначения сортовых семян заполняют различные формы актов апробации.

По результатам апробации подводят итоги, уточняют планы сортообновления и разрабатывают мероприятия по улучшению семеноводства. При выращивании семян необходимо предусматривать предупредительные меры обеспечения высокой сортовой чистоты (рис. 8.6.). В группу предупредительных мер входят как технологические, так и организационные.

Кроме предупредительных мер обеспечения высокой сортовой чистоты, которым отведена главная роль, необходимы профилактические меры (рис.8.7).

В хозяйствах с законченным циклом производства семян послеуборочная обработка целиком сосредоточена на нуждах семеноводства и зависит от числа культур и репродукционного состава. В хозяйствах с незаконченным циклом производства семян послеуборочная обработка ограничивается предварительной очисткой и сушкой.

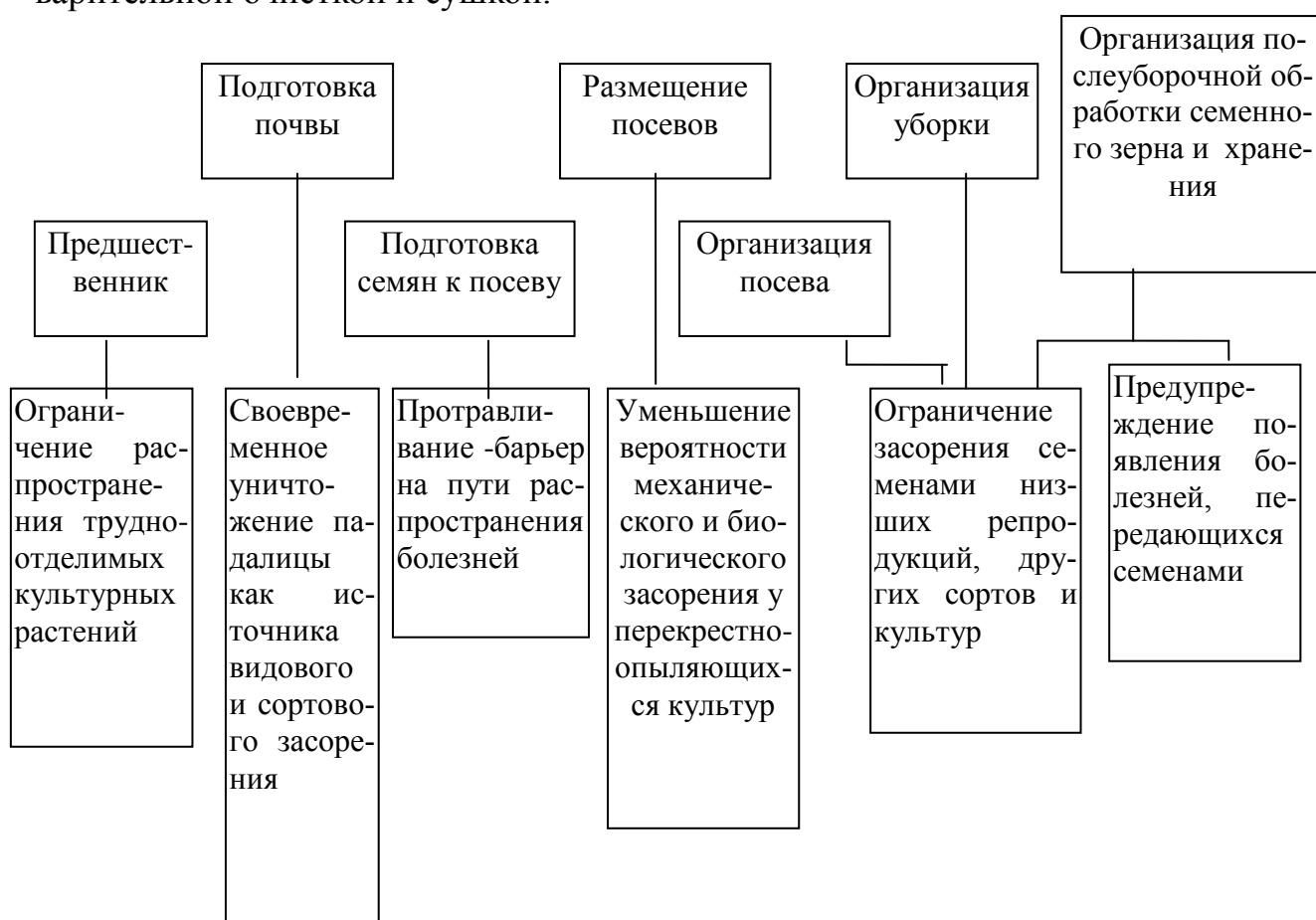


Рисунок 8.6. Предупредительные меры обеспечения высокой сортовой чистоты

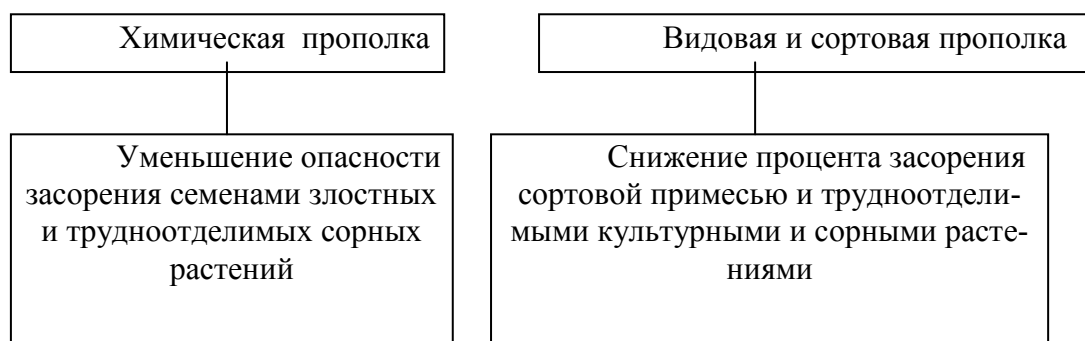


Рисунок 8.7. **Профилактические меры обеспечения высокой сортовой чистоты**

В крупных хозяйствах со специализацией производства семян в семеноводческих подразделениях необходимо иметь как минимум две материально-технические базы по послеуборочной обработке, одна из них по обработке семенного зерна с законченным циклом. В хозяйствах без внутрихозяйственной специализации производства семян материально-техническая база по послеуборочной обработке может развиваться по смешанному типу.

Контроль за качеством семян бывает внутрихозяйственный и государственный (рис.8.8). Основная его задача заключается в обеспечении условий для производства и использования семян с высокими сортовыми и посевными показателями, соответствующими требованиям законодательства и ГОСТов.

Внутрихозяйственный контроль проводят во время уборки, в момент поступления на ток и в период послеуборочной обработки семенного зерна и во время хранения.

Государство в лице Министерства сельского хозяйства, Государственной семенной инспекции, Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений выступает гарантом качества семян.

При разработке технологической части системы земледелия в хозяйствах с семеноводческой специализацией конечной целью является получение высокого урожая семян с наилучшими посевными качествами. Поэтому развитие внутрихозяйственного семеноводства должно сопровождаться жестким сортовым и семенным контролем. Контроль за соблюдением технологических требований производства семян, полевую апробацию, отбор проб для анализа осуществляет агрономическая служба конкретного хозяйства совместно со специалистами Государственной семенной инспекции.

В целом перед сельским хозяйством, селекцией и семеноводством, особенно с разделением функций законодательной и исполнительной власти и в связи с предстоящим вступлением в ВТО (Всемирная торговая организация), стоят очень сложные задачи, с которыми Россия столкнется в ближайшее время, но на основе своего сильного научно-технического потенциала она с этим успешно справится.

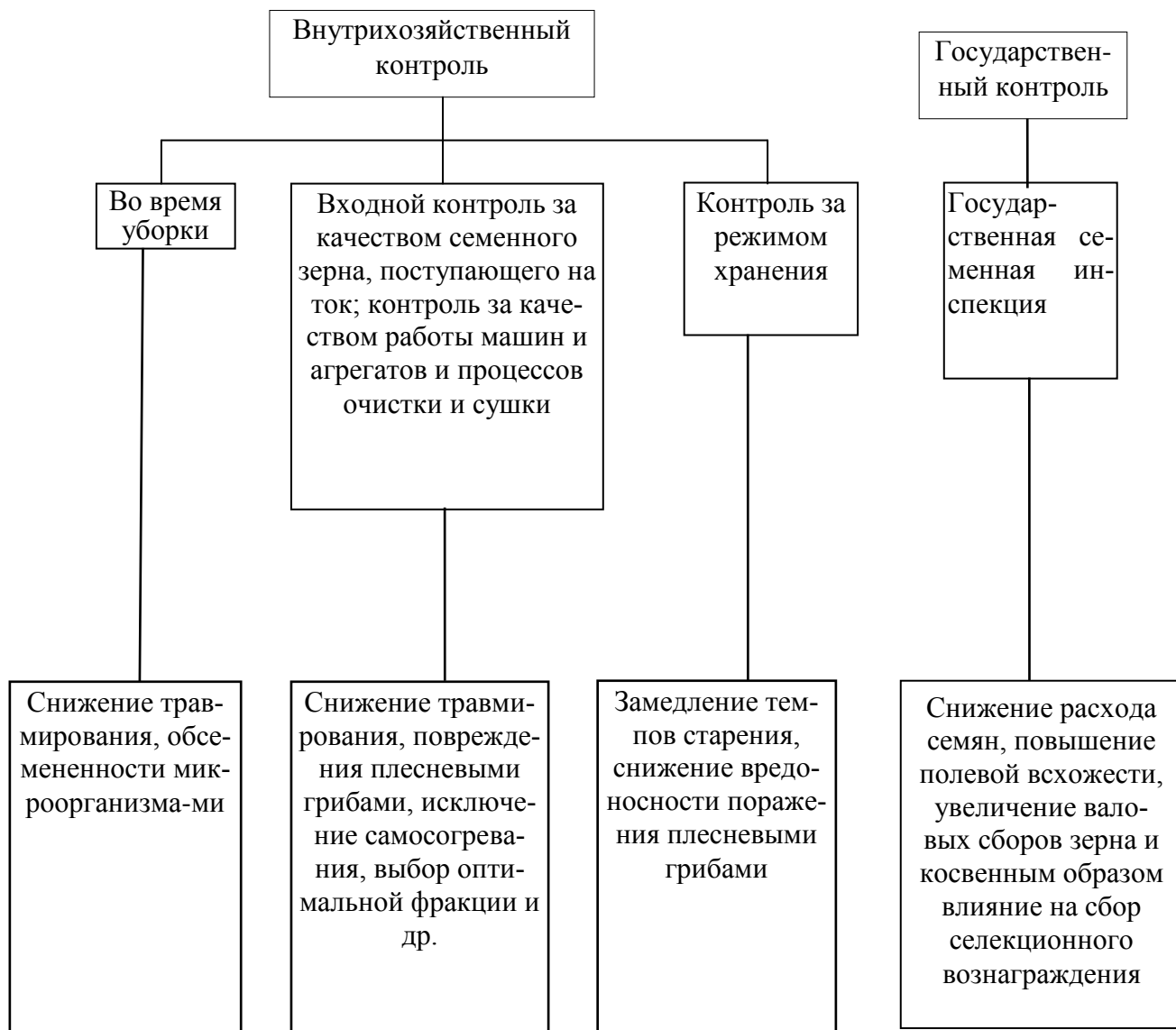


Рисунок 8.8. Виды контроля за качеством семян

8.14. Охрана природы и поддержание биоразнообразия, микрозаказники

Принцип экологического императива, положенный в основу проектирования АЛСЗ предполагает обеспечение социально-экологического равновесия в сельскохозяйственных ландшафтах. Каждая позиция проекта имеет экологическую составляющую. В комплексе они должны обеспечить максимальное сохранение окружающей среды одновременно с рациональным использованием земель, исключаящим эрозию, засоление, заболачивание, загрязнение, переуплотнение почв и другие неблагоприятные явления. Экологический ландшафтный подход к проектированию АЛСЗ предполагает оптимальное регулирование поверхностного, грунтового и латерального стока, гидрологи-

ческого и гидрогеологического режимов и соответственно предотвращение истощения, заиления и загрязнения рек и озер. При этом особое внимание уделяется охране болот, расположенных на водоразделах, питающих реки и выполняющих роль аккумуляторов стока.

Особая задача – восстановление земель, нарушенных в результате строительных, промышленных и других работ.

Помимо агротехнологических решений в проектах АЛЗ предусматриваются специальные природоохранные мероприятия, в частности организация особо охраняемых территорий и объектов: охранных и санитарных зон, заповедников, заказников, мест обитаний редких видов растений и животных.

При этом особое значение как природоохранное так и агрономическое имеет создание микроразмерных объектов охраны (МРОО) птиц, шмелей, пчел, полезных энтомофагов.

В процессе выделения конкретных МРОО необходимо стремиться к максимальной мозаичности, сопряжению контрастных открытых (степных, луговых) и закрытых (лесных) ландшафтов, между которыми возникают краевые, опушечные экосистемы и экотонные эффекты. Чем выше мозаичность, контрастность, тем больше экологических ниш для охраняемых объектов. При организации орнитологических МРОО важное значение имеет признание полезности всех видов птиц в агроландшафте. На первый взгляд бесполезные и даже вредные виды пользы приносят значительно больше чем вреда.

Целесообразно рекомендовать максимально возможное снижение «факторов беспокойства», особенно, в периоды гнездования и выведения потомства. В это время с апреля по август должны быть запрещены даже рубки ухода за лесом. В пределах каждого хозяйства необходима регулярная всесезонная работа по сохранению естественных и созданию искусственных укрытий для птиц в осеннюю непогоду, в зимние морозы.

В качестве мер по искусственному привлечению птиц в МРОО и агроландшафты в целом следует рекомендовать охрану естественных и создание различных вариантов и конструкционных типов дуплянок, синичников, скворечников, забетонированных с одной стороны асбестовых труб и т.д. Крупные хищные птицы для гнездования выбирают наиболее высокие и крупные деревья с хорошо сформированными кронами. Именно такие фрагменты леса подходят для создания МРОО для этих птиц.

Для привлечения хищников на поля следует устанавливать спецплатформы для отдыха птиц в процессе охоты. Крупный хищник - луговой лунь гнездится в некосимых фрагментах луговой поймы с куртинками низких кустарников. Существенное значение имеет насыщение агроландшафтов (особенно лесных полос и лесокультурных ландшафтов) плодово-ягодными деревьями и кустарниками. При хорошем урожае они могут служить хорошим подспорьем для кормежки птиц, как в летний, так и в зимний сезон, во время прилета птиц - северян, выполняющих не менее полезные функции в садах, питомниках, лесных полосах и лесах. Необходимо рекомендовать применение

ние щадящих методов кошения на полях и лугах, что важно для сохранения молодняка птиц, так и для других животных.

В структуре агроландшафта целесообразно создание максимально возможного количества "скворечных городков" в местах летних стоянок крупного рогатого скота, в местах выпаса и вдоль скотопрогонных троп. Необходимо осуществлять строжайший контроль за рациональным применением ядохимикатов. Пораженные инсектицидами насекомые, употребленные в пищу птицами, приводят к их гибели.

Стабильно высокая численность птиц будет поддерживаться в тех МРОО, где существенно ограничен или полностью запрещен выпас скота, применяется нерегулярное (раз в 2-3 года) или "шахматное" кошение травостоя, т.е. чередование выкашиваемых и некосимых участков.

Во многих хозяйствах ощущается дефицит водных ландшафтов, вносящих существенное оживление в агроландшафт и способствующих повышению разнообразия птиц. В таких хозяйствах целесообразно создание элементарных копаных микропрудов и микроозерков. Их сооружение возможно за счет микровыемок глубиной 2-3 м в днищах не распахиваемых ложбин стока, западинах со значительными водосборами, в днищах балок и суходолов. При этом необходимо общее озеленение зоны водоема. Даже временное функционирование таких микроводоемов благоприятно скажется не только на численности птиц, но и других водных и околоводных животных.

Не менее важна задача повсеместного создания энтомологических микрозаказников, в особенности шмелей и пчел опылителей. Одиночные пчелы и шмели в настоящее время численно сокращаются под влиянием ряда антропогенных факторов и уже сейчас не обеспечивают опыление семенных посевов ряда культур. Так, например, для полного опыления люцерны требуется около 10-15 тысяч особей опылителей, а в условиях ЦЧЗ их общее количество по годам колеблется от 300 до 2000 штук/га. Одна из причин низких урожаев семян – недоопыление образующихся цветков многих энтомофильных культур. Особенно страдает семенная люцерна, которая в основном опыляется дикими пчелами.

Микрозаказник - это первичный очаг для сохранения и увеличения численности диких пчелиных семей и шмелей. Необходимо, чтобы численность опылителей была под контролем человека. Опыление пчелами должно стать обязательным элементом в технологии энтомофильных культур, особенно люцерны.

Многие опылители (андрены, эвцеры, галикты, мелитты, рофиты и др.) строят свои гнезда в уплотненной почве, хорошо прогреваемой солнцем, слабо заросшей травой или совсем обнаженной, предпочитая участки вдоль опушек леса, лесополос, склонов, оврагов с цветущей растительностью. Поэтому под микрозаказники следует отводить пологие склоны балок южных экспозиций, опушки древесных насаждений, обрывистые откосы оврагов, склоны гидрографической сети искусственного и естественного происхождения, склоны холмов, полосы отчуждения вдоль дорог.

Каждое насекомое строит здесь гнезда на глубине 20-25 см. Дочерние проявляются рядом с материнскими. В условиях хорошей обеспеченности цветущей растительностью и сохранности гнездовых постепенно образуются большие колонии гнезд. Стеблевые пчелы (антидии, осмии, мегахиллы и другие) устраивают гнезда в старых ветвях деревьев и кустарников, высверливая сердцевину. Некоторые из этих пчел, как, например, мегафиллы, хорошо поддаются искусственному разведению.

Сохранение и увеличение численности диких опылителей должно решаться вместе с вопросами рационального землепользования и реконструкции ландшафта; при этом, например, для лучшего расселения пчел во вновь создаваемых лесных полосах необходимо подбирать состав растений с непрерывным и длительным цветением (шиповник, белая и желтая акация, боярышник и др.). Такая лесная полоса может стать в дальнейшем микрозаказником. Семенники люцерны, клевера, эспарцета и других культур лучше располагать по периметру полезащитных лесополос шириной до 100-150 м.

Большие перспективы для создания микрозаказников имеет закрепление склонов, оврагов и балок с лесными насаждениями. Количество пчелиных семей на микрозаказниках можно увеличить за счет улучшения условий их обитания - создания открытых уплотненных площадок, запрета выпаса и прогонов скота. На таких участках следует запрещать выжигать сухую растительность. Для сохранения пчелиных гнезд не следует распахивать полевые дороги около лесных полос.

Все типы лесных насаждений, сады, овражно-балочная сеть, естественные участки с системой защитных лесных насаждений должны равномерно располагаться на территории хозяйства, чтобы составить единую эколого-ландшафтную систему.

В опылении клевера особую роль играют шмели. В естественных условиях шмелевые колонии чаще всего находятся на лесных полянах и опушках, у старых канав, на склонах балок и насыпей. Участки с местообитанием шмелей загораживают, на них не допускается выпас скота, применение ядохимикатов, скашивание трав и т.д. Вблизи таких естественных шмелевников на прилегающих пахотных землях возделывают клевер на семена. Шмелиная семья средней мощности, находящаяся среди обильно цветущего клеверного поля, наиболее интенсивно обрабатывает участок в радиусе 40-50 м, т.е. площадью 0,5-0,7 га. Зная число шмелиных семей и их расположение, можно определить размер опыляемой площади.

Однако не всегда бывает удачным естественное размещение шмелевников относительно севооборотов. Возникает необходимость создания искусственных гнездовых. С этой целью делаются подземные гнезда в виде деревянных ящиков-ульев. Внутренний объем улья 1,5-3 дм.

Ульи закладывают на участке группами, по 3-10 штук, лучше "линиями", но не ближе чем 2-2,5 м друг от друга, по возможности дальше от муравейных (пусть даже небольших) гнезд. Часть ульев можно установить полуподземно, с учетом особенностей микрорельефа.

Наряду с основными природными опылителями клевера - шмелями шмелепитомники, где охраняется весь растительный и животный комплекс, концентрируют и другую разнообразную полезную мезофауну и флору. Участок обносят легкой прочной оградой, по типу культурных пастбищ. Размер площади одного микрозаказника может быть в пределах 1-3 га.

8.15 Особенности проектирования АЛСЗ для земель различных агроэкологических групп в зональном и провинциальном аспектах

8.15.1 Эрозионноопасные земли

Ввиду стохастической природы водной эрозии, основным методическим подходом при количественном обосновании элементов системы земледелия в эрозионных ландшафтах является вероятностный, позволяющий проектировать агротехнические мероприятия, лесо- и гидротехническую мелиорацию с определённой степенью надёжности, рассчитанной на худший случай совпадения факторов эрозии (Герасименко, Кумани, 2000).

К особенностям проектирования относятся решение следующих вопросов:

- оценка эрозионной опасности агроландшафтов по комплексу показателей;
- оптимизация водного режима эрозионноопасных агроландшафтов;
- расчет доз органических и минеральных удобрений для окультуривания эродированных почв и повышения их противоэрозионной стойкости;
- вероятностная оценка стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий;
- выбор оптимального комплекса противоэрозионных мероприятий;
- создание эрозионно-устойчивых агроландшафтов, в которых потери почв не должны превышать допустимые, а сток талых и ливневых вод должен находиться в пределах допустимых значений;

В процессе проектирования противоэрозионной системы земледелия выделяют агроландшафтные массивы земель, идентичных по степени смытости почв и интенсивности эрозии на карте землепользования М 1:5 000 с сечением горизонталей через 1 м для отдельных форм склонов: прямых, вогнутых, выпуклых, сложных (сочетание форм профилей). Границы разных категорий эрозионноопасных земель определяются по формулам (2.3) и (2.4). В результате устанавливаются участки, на которых величина суммарного (весеннего и ливневого) смыва почв не превышает допустимые значения интенсивности эрозии (M_0 , т/га), вычисленные по формуле (2.9) и соответствующие пяти категориям эрозионности.

I категория - пахотные земли интенсивного использования на привокзальных участках, как правило, несмытые с потенциальным (средне-многолетним) смывом менее 3 т/га.

II категория - земли интенсивного использования с преобладанием слабосмытых почв с потенциальным смывом 3,1 – 7 т/га (слабоэрозионные).

III категория - земли умеренного использования с преобладанием среднесмытых почв с потенциальной интенсивностью эрозии 7,1-15 т/га (среднеэрозионные)

IV категория - земли ограниченного использования, где распространены, в основном, сильносмытые почвы со среднемноголетним смывом 15,1-25 т/га (сильноэрозионные)

V категория - чрезвычайно эрозионноопасные с потенциальным смывом более 25 т/га.

Границы категорий земель по расчетным участкам соединяют между собой плавной линией с учетом рельефа, производят вычисления площадей земель по категориям. Картограмму категорий земель используют при организации типов и видов севооборотов.

Для достоверного информационного обеспечения формул (2.3-7) особое внимание следует уделять выделению групп склонов, сходных по микроклимату (приходу ФАР, снегоотложению, интенсивности снеготаяния, промерзанию-оттаиванию почвы, тепло- и влагообеспеченности, ветровому режиму, условиям перезимовки растений) и почвенным условиям (строению почвенного профиля, гранулометрическому составу, водопроницаемости, структурному состоянию и др.).

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур должна включать требования, связанные с технологическими особенностями их возделывания и влиянием на окружающую среду.

Растения по разному реагируют на снижение почвенного плодородия в результате эрозионных процессов. Наиболее устойчивы к снижению плодородия почв горох и озимая рожь. Сахарную свеклу, картофель, кукурузу, просо, яровую пшеницу, гречиху, подсолнечник, ячмень, озимую пшеницу лучше размещать на несмытых и слабосмытых почвах, т.е. на землях I и II-1 категории.

Оценка средообразующего влияния растений на почвы и ландшафты включает установление почвозащитной способности культур. По противоэрозионной эффективности все сельскохозяйственные культуры разделяют на три группы. К первой группе относят многолетние травы, ко второй - зерновые и однолетние травы, к третьей - пропашные и технические, кормовые и овощные, плодовые. Почвозащитная способность растений зависит от густоты посевов, фазы их развития продуктивности. Коэффициенты эрозионной опасности различных сельскохозяйственных культур приведены в работе М.И. Лопырева, Е.И. Рябова (108).

Установление оптимального соотношения возделываемых культур (зерновых, пропашных, бобовых) и чистых паров является чрезвычайно важным фактором предотвращения эрозии. Корректировка структуры использования эродированной пашни сводится к расширению посевов многолетних трав и зернобобовых, замене части площадей чистого пара сидеральным. Уплотнение севооборотов промежуточными культурами повышает их почво-

защитную роль. Усиление почвозащитной эффективности севооборотов при включении промежуточных культур, используемых на корм и зеленое удобрение, достигается благодаря удлинению периода, в течение которого почва находится под прикрытием растений, а также за счет улучшения физических свойств почвы вследствие дополнительного поступления в нее свежего органического вещества. В качестве озимых промежуточных культур целесообразно использовать озимую рожь и ее смесь с озимой викой, в качестве поукосных - рапс яровой, горчицу белую, редьку масличную, в качестве пожнивных - горох укосный, рапс яровой.

Оптимизация структуры посевных площадей достигается путем дифференцированного освоения различных видов севооборотов в зависимости от эрозионной опасности земель. Полевые севообороты располагаются на пашне интенсивного и умеренного использования. На землях интенсивного использования вводятся зернопаропропашные, зернопропашные, плодосменные, а на пашне умеренного использования преимущественно зернотравяные севообороты. На сильноосмытых почвах, т.е. на пашне ограниченного использования вводят почвозащитные севообороты с преобладанием многолетних трав.

Система обработки почвы в севооборотах также дифференцирована в зависимости от категорий ландшафта. В эрозионных ландшафтах с неустойчивым и недостаточным увлажнением (лесостепь, степь) система обработки на склонах должна обеспечивать максимальное впитывание в почву выпадающих осадков и предупреждать потери влаги на непродуктивное испарение, а в регионах с избыточным увлажнением (лесная зона) – способствовать безопасному отводу воды с пашни в овражно-балочную сеть. Приемы противоэрозионной обработки почвы на склонах условно делят на две группы: общие (вспашка, рыхление, культивация, боронование, междурядные обработки) и специальные (обвалование зяби, щелевание и мульчирование почвы и др.). На пахотных землях I и II категорий, т.е. интенсивного использования, основной является отвальная разноглубинная обработка, дополняемая нулевыми, поверхностными и мелкими безотвальными обработками. На пашне III категории (умеренного использования) отвальную разноглубинную обработку необходимо заменять на комбинированную. На пахотных землях IV категории (ограниченного использования) предпочтительна безотвальная разноглубинная обработка.

Коэффициенты стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности способов обработки почв расчетной вероятности превышения по природным зонам России приведены в работе В.П. Герасименко, М.В. Кумани (178). Используя эти коэффициенты и коэффициенты эрозионной опасности культур проектируют состав противоэрозионных агротехнических мероприятий, чтобы обеспечить оптимальное задержание стока талых и ливневых вод на пашне и перевод его в почву.

На эродированных почвах дефицитным элементом питания является азот в связи с пониженным содержанием гумуса. Эффективность азотных

удобрений возрастает по мере увеличения степени смытости почв. Минимальную норму азотных удобрений следует рассчитывать по формуле:

$$H = H_1 + H_1 \cdot C / 100 \quad (5.2)$$

где H_1 - норма азотных удобрений на несмытых почвах; C - коэффициент уменьшения содержания гумуса в зависимости от степени смытости почв: 10-20% - слабосмытые, 21-50% - среднесмытые, более 50% - сильносмытые.

В борьбе с водной эрозией, наряду с почвозащитными агротехнологиями, важную роль играют лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Современная научно-обоснованная схема защитного лесоразведения предусматривает отведение под лесополосы в лесостепной зоне 2-2,5 %, в степной зоне 3-4 % площади пашни. Защитное лесоразведение на эродированных землях включает полезащитные и водорегулирующие лесополосы.

Полезащитные полосы проектируют на землях крутизной менее 1° и размещают по границам землепользования и полей севооборотов и внутри их для улучшения микроклимата и регулирования снегоотложения.

Водорегулирующие лесополосы проектируют на землях крутизной более 1°. На склонах с прямым продольным и поперечным профилем лесополосы размещаются прямолинейно, а на вогнутых, выпуклых, сложных склонах лесополосы проектируются только в направлении горизонталей. Методика расчета расстояний между водорегулирующими лесополосами на почвах разной степени смытости для регионов проявления эрозии от стока талых и ливневых вод изложена в работе В. П. Герасименко, М.В. Кумани (178). Для повышения водорегулирующей эффективности лесополосы усиливают простейшей гидротехникой: обвалованием по нижней опушке, созданием прерывистой канавы в нижнем междурядье с валом на опушке, устройством водозадерживающих валов на ложбинах по нижней опушке лесополос.

Гидротехнические сооружения (валы-террасы, канавы с валами, водорегулирующие валы) проектируют на пашне только в том случае, когда избыточный сток 10 %-ной обеспеченности, вычисленный по формуле (2.7), не удастся снизить до допустимого уровня противоэрозионной агротехникой и лесомелиорацией.

Для соблюдения параллельности лесополос и гидротехнических сооружений на пахотных землях необходимо осевые линии водо-регулирующих устройств проектировать по равноудаленным друг от друга кривым с радиусом поворота не менее 50-70 м (108).

На границе пашни и овражно-балочной сети для снижения стока до допустимого, исключаящего оврагообразование, необходимо проектировать прибалочную лесополосу с валом и канавой. Естественные кормовые угодья, расположенные на овражно-балочных землях, используются в системе противоэрозионных пастбищеоборотов.

При проектировании систем земледелия в эрозионных ландшафтах возникает сложная задача установления оптимального комплекса агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий. Достижение

этой цели возможно на основе анализа большого числа вариантов противоэрозионных комплексов. Для решения такого рода задач целесообразно использовать современные пакеты прикладных программ для работы на ПЭВМ с электронными таблицами типа «EXCEL», «SuperCalc», «Lotus». В этом случае склон разбивается на расчетные участки, длина которых должна соответствовать или быть кратной максимальной ширине захвата сельскохозяйственной техники при различных технологических операциях (обработке почвы, посеве, уборке). Для каждого участка склона определяются показатели, входящие в формулы (2.1-2.9). Оценка эрозионной опасности склона ведется для различных севооборотов (например, зернопаропропашного, зерно-травяного, травянозернового) и применяемых в них противоэрозионных агротехнических приемов по формулам (2.1-2.4). Для каждой степени эродированности почв склона определяется допустимый сток и допустимый смыл по формулам (2.8) и (2.9). Данные по дефициту баланса гумуса, расчетный сток и смыл почвы, допустимый сток и допустимый смыл являются критериями для выбора оптимального комплекса противоэрозионных мероприятий. Сначала проектируются только противоэрозионные агротехнические мероприятия (дифференцированные севообороты, способы обработки почвы, щелевание, мульчирование). Если расчетные значения стока и смыла не превышают допустимых величин, то это свидетельствует о достаточной защите почв склона агротехническими мероприятиями.

Когда противоэрозионная агротехника не решает проблему борьбы с эрозией, в расчеты вводят данные по эффективности водорегулирующих лесополос с простейшей гидротехникой, а в случае неэффективности агролесомелиорации проектируются валы-террасы. Коэффициенты стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности 3-х рядных лесополос с канавой и валов-террас приведены в работе (178). Линейные рубежи следует размещать с того участка на склоне, на котором расчетный сток и смыл начинает превышать допустимый. Примеры оптимизации противоэрозионных комплексов приведены в Рекомендациях по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях (178).

8.15.2 Дефляционноопасные земли

Ветровая эрозия – черные, или пыльные бури наиболее часто проявляются в засушливых районах СНГ южнее линии Балашов - Самара - Уфа - Новотроицк - Магнитогорск - Омск - Новосибирск. Особенно ощутимый ущерб пыльные бури наносят на Северном Кавказе, в Башкортостане, в Кулундинской степи, Хакасии, Бурятии.

Ранее существовало ошибочное мнение, что в степных регионах отсутствует опасность проявления водной эрозии почв. Сегодня эти территории можно отнести к регионам очень высокой опасности проявления ветровой эрозии почв и умеренной водной.

Ветровая эрозия почв представляет собой физический процесс разрушения почвенного покрова под воздействием ветрового потока. Для ее возникновения необходимы определенные исходные условия:

- сглаженная поверхность распыленной почвы, образовавшаяся под воздействием предшествующих механических обработок или попеременных изменений погодных условий – увлажнения, замерзания, оттаивания, высыхания почвы;

- отсутствие какого-либо растительного покрова (живого или мертвого) на поверхности почвы;

- достаточная дистанция пробега ветрового потока для максимального насыщения его мелкоземом;

- эрозионноопасная скорость ветра в течение достаточно продолжительного отрезка времени.

Пыльные бури, прокатившиеся в 60-ые годы и охватившие юг Украины, Северный Кавказ, Поволжье, Башкирию, недавно освоенные целинные земли на Севере Казахстана, Западной и Восточной Сибири, явились результатом совпадения во времени всех составных исходных условий для их стремительного развития.

Количество мелкозема, эродируемого воздушным потоком, находится в тесной зависимости от распыленности почвы и количества растительных остатков на ее поверхности. Из этого следует, что регулируя, изменяя в процессе обработки почвы уровень распыленности верхнего слоя и количество сохраняющихся на поверхности пожнивных растительных остатков, можно управлять ветроустойчивым состоянием почвы и обеспечивать ее эффективную защиту от пыльных бурь.

Поскольку величина отрываемого ветром мелкозема находится в кубической зависимости от скорости ветрового потока, расчет параметров ветроустойчивой поверхности должен учитывать наиболее часто встречающуюся среднюю скорость ветра во время пыльных бурь.

Дистанция пробега воздушного потока, на которой концентрация мелкозема в потоке достигает допустимых значений, находится в тесной зависимости от гранулометрического состава почвы, что определяет допустимую ширину эрозионноопасных полос в зависимости от гранулометрического состава, - от 6-10 метров для песчаных почв до 150-200 метров для – глинистых. Эродируемость ветром почвенного покрова полей севооборота может быть оценена количественно по уравнению ветровой эрозии почв.

Помимо общих закономерностей проявления ветровой эрозии имеют место зонально-провинциальные особенности, которые определяют проектирование систем земледелия в регионах активного ее проявления.

Наиболее крупным очагом проявления ветровой эрозии в Европейской части страны является так называемый Армавирский ветровой коридор, охватывающий территорию восточных районов Краснодарского, южную часть Ставропольского краев и юго-восточные районы Ростовской области общей площадью около 3 млн.га.

Основным источником проявления пыльных бурь является открытая, незащищенная растительностью зябь и слаборазвитые растения озимых, посеянные по поздним предшественникам (пропашным культурам).

Наиболее разрушительное проявление ветровой эрозии в этих районах наблюдалось в 1969 году, когда в результате пыльных бурь почти полностью были уничтожены посевы озимых культур и на зяблевых фонах снесен плодородный слой толщиной 10 см. Особый вред пыльные бури нанесли оросительным системам, были занесены мелкоземом каналы, сооружения и водохранилища.

Поскольку в структуре степной и лесостепной зон европейского региона доля озимых зерновых культур составляет 20-40% особо важное место в системе мероприятий по защите почв от ветровой эрозии занимает получение осенью хорошо раскустившегося травостоя на полях озимых, что предохраняет их от вымерзания и гибели зимой, а в последующем служит эффективной защитой от весенних пыльных бурь. Вымерзание нераскустившихся посевов озимых культур часто предшествует массовому охвату территории пыльными бурями. В связи с этим размещение и посев озимых зерновых в оптимальные сроки по лучшим, своевременно подготовленным предшественникам является важнейшим фактором защиты почв от ветровой эрозии в европейском регионе.

При минимальной комковатости верхнего слоя почвы (20-25% частиц размером менее 1 мм) надежная защита почвы от ветровой эрозии может быть обеспечена при сохранении на поверхности поля 200 шт/м² стерни или измельченных стеблей условной длины. Посевы зерновых культур обеспечивают ветроустойчивость поверхности при оптимальной густоте всходов 500 шт/м² в фазах: озимого ячменя – 2,8 листа, озимой пшеницы – 3,5 листа.

В степных районах Европейской части для зернопропашных севооборотов разработаны технологии возделывания озимых зерновых культур после пропашных предшественников с применением мульчирующей (на глубину 8-10 см) обработки почвы с измельчением крупностеблевых растительных и корневых остатков. Для возделывания яровых и пропашных культур после озимых зерновых предшественников разработана технология плоскорезно-целевой обработки почвы с сохранением стерни.

Противодефляционная эффективность мульчи из измельченных крупностеблевых остатков пропашных культур (кукурузы, подсолнечника, клеверины, сорго) определяется количеством растительных частиц на единицу площади, и может быть значительно повышена за счет их дополнительного продольного расщепления.

Относительно благоприятные лесорастительные условия земледельческих районов Европейской части России предопределили обсадку полезащитными полосами подавляющего числа севооборотных полей сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В азиатском регионе земледелия в структуре возделываемых культур озимые зерновые составляют весьма незначительный удельный вес, пропашные (кукуруза, подсолнечник, картофель, овощи) занимают ограниченные площади кормовых и овощных севооборотов, в основном преобладают однолетние яровые зерновые культуры, среди которых яровая пшеница занимает в структуре полевых севооборотов до 60-90%.

8.108. Рациональное размещение многолетних растений в степных агроландшафтах на территории землепользования азиатского региона земледелия

Формы размещения многолетних растений различных видов	Место, участки размещения	Цель, решаемая задача
Деревья и кустарники		
Лесные полосы, массивные парковые посадки	Населенные пункты, поселки, деревни. Полевые станы, машинные дворы, животноводческие фермы. Берега рек, озер, дамбы водохранилищ. Барьеры, места захоронения бытовых отходов и мусора. Овражно-балочные насаждения	Озеленение, улучшение условий обитания человека Защита от снежных и метелевых заносов Укрепление берегов, создание водоохраных зон Озеленение и окультуривание ландшафта Защита почв от эрозии
Многолетние травы		
В полевых севооборотах	Выводные поля к зернопаровым севооборотам	Для оптимизации режима органического вещества, элементов питания, структуры почвы и других элементов
Залужение ложбин и водотоков	Отдельные участки полей с ложбинным рельефом	Предотвращение водной эрозии почв при стоке талых и ливневых вод
Водоохранная зона	Вдоль берегов рек и вокруг озер	Предотвращение заиления водоемов и загрязнения воды
Полосы многолетних сеяных трав	Почвозащитные севообороты на эрозионноопасных землях, поперек склона или направления эрозионных ветров	Предотвращение водной и ветровой эрозии
Буферные посевы узкими полосами	Вдоль дорожной сети, в почвозащитных севооборотах	Предотвращение эрозии почв
Кулисы из многолетних высокорослых трав (нетрадиционные растения, чий блестящий и др.)	Границы полей и рабочих участков при обычном и контурном землеустройстве	Маркировка и закрепление границ полей и рабочих участков на территории землепользования
	Высокопродуктивные поля или участки для возделывания озимых зерновых, семенников многолетних трав и других культур.	Дополнительное накопление снега зимой
	Пастбищные и сенокосные угодья	Повышение продуктивности угодий за счет лучшего увлажнения талыми водами
Фитомелиорация песчаных земель и подвижных песков	Посевы многолетних трав, использование нетрадиционных растений (волоснец песчаный и др.)	Защита почв от эрозии и деградации, создание продуктивных сенокосов и пастбищ

Южный Урал, юг Западной и Восточной Сибири стали после распада Советского Союза своеобразным пшеничным поясом производства высокобелкового зерна сильных и твердых яровых пшениц. Континентальный климат с частыми летними засухами, значительная доля в годовом балансе зимних осадков, активный ветровой режим в зимние и весенние месяцы определяют неустойчивый характер земледелия, высокую вероятность производственного риска, высокий потенциал проявления ветровой и умеренной – водной эрозии почв.

Адаптация всей производственной сельскохозяйственной деятельности человека к этим жестким условиям становится не просто пожеланиями, а строгими правилами, отклонение от которых обходится слишком дорого.

Целенаправленное конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтов должно базироваться на экономически реальных и доступных мероприятиях, в числе которых важнейшую роль играет рациональное размещение многолетних и однолетних растений, кустарников, деревьев, в особенности рациональное размещение многолетних трав (как традиционно применяемых в культуре, так и новых, нетрадиционных) для создания полос, кулис, пастбищ и т.п. (таблица 8.108).

Пастбища и сенокосы в степных районах Урала и Сибири занимают значительные площади – до 30-35 % от площади сельскохозяйственных угодий. В основном они расположены на малоплодородных почвах. Из-за выбитого травостоя на пастбищах, низкого скашивания трав на сенокосах снег зимой выдувается и переносится в понижения, депрессии,. Реально увеличить продуктивность этой категории земель можно путем улучшения водного режима за счет дополнительной аккумуляции и равномерного снегораспределения с помощью высокорослых многолетних травянистых кулис из злаковых засухоустойчивых трав (чий блестящий), которые имеют также противодефляционное значение.

Особое место занимает применение многолетних трав для закрепления подвижных песков, разрушенных ветровой эрозией земель. Такое закрепление может происходить в автономном режиме при определенной технологии посева такой нетрадиционной культуры как волоснец песчаный, последующего создания пастбищ из прутняка и других растений.

Численность поголовья скота должна обязательно быть сбалансированной с возможностями кормовой базы и продуктивностью пастбищ. Выбивание пастбищных угодий из-за перегрузки скотом является главной причиной деградации земель около населенных пунктов. На почвах легкого гранулометрического состава выбитые скотом пастбища зачастую превращаются в подвижные пески с барханными грядами.

Важное место должны занять многолетние травы в полевых зернопаровых севооборотах в качестве выводных полей. Пласт многолетних трав - важный элемент технологии возделывания высокобелковых твердых пшениц. Периодическое прохождение полей зернопарового севооборота через выводное поле многолетних трав – это и эффективное подавление развития сорняков, источник органического вещества.

Наряду с оптимизацией размещения сельскохозяйственных культур (табл. 8.108, 8,109), структуры угодий, посевных площадей, доли чистого пара, противоэрозионной организацией территории важную роль в предотвращении дефляции играют противоэрозионные технологии возделывания полевых культур. В основе их, так же как и всей почвозащитной системы земледелия, лежит плоскорезная обработка почвы. Совершенствование ее развивается в плане минимизации вплоть до нулевой с целью сохранения на поверхности пожнивных остатков, которое усиливается разбрасыванием измельчен-

ной соломы. При этом особое внимание должно уделяться системе ухода за чистыми парами. Для создания растительно-мульчечевого покрова на парах перед их уходом в зиму система обработки почвы строится на сочетании механических культивации в первую половину парового периода (2-3 культивации) и гербицидных опрыскиваний сорняков во вторую половину лета (1-2 операции). Такая технология подготовки парового поля позволит эффективно бороться с сорной растительностью во вторую половину лета, когда из-за дефицита рабочей силы, техники (время подготовки к уборке), паровые поля зарастают и превращаются в рассадники сорняков.

8.109. Принципы размещения однолетних культур в степных агроландшафтах на территории землепользования азиатского региона

Культура	Удельный вес в структуре посева	Товарная продукция	Лучшие предшественники в севообороте	Оптимальный севооборот	Требования к почвам	Особенности технологии возделывания
1	2	3	4	5	6	7
Озимая пшеница, рожь	Ограниченное распространение	Продовольственное зерно	Только паровое поле	Могут занимать часть парового поля	Озимая пшеница более требовательна к плодородию, чем рожь	Обязателен посев кулис для снегозадержания.
Яровая пшеница	Может занимать до 70-80% и более в структуре зерновых	Продовольственное зерно с высоким содержанием белка	Пар, яровая пшеница после пара, пласт многолетних трав. Твердая пшеница по парам	Специализированные зернопаровые короткой ротации (двух-трехпольные) с выводным полем многолетних трав	Наиболее плодородные земли, водораздельные плато, приводораздельные склоны с наименьшим уклоном и расчленением территории гидрографической сетью стока	Почвозащитная с сохранением пожнивных остатков на поверхности почвы. При обработке пара в конце парования обязательно применение гербицидов для создания мульчeveго покрова перед уходом в зиму. На почвах глинистого и среднесуглинистого мехсостава возможно возделывание без полосного размещения, на почвах легкосуглинистых и суглинистых обязательно чередование с полосами многолетних трав.
Ячмень яровой	До 10-30% в структуре зерновых	Продовольственное и фуражное зерно	Не требователен к предшественникам. При посеве по парам может превышать по урожайности яровую пшеницу	Может возделываться в любых зерновых севооборотах	Засухоустойчив, солонцеустойчив, может размещаться как в обычных, так и в почвозащитных севооборотах на землях мене плодородных и более подверженных эрозии.	
Овес	До 10-30% в структуре зерновых	Продовольственное и фураж-	Нетребователен к предшественникам, хорошо реагирует на	Может возделываться в любых зерновых севооборотах	Более требователен к увлажнению, нежели ячмень хорошо противостоит сорнякам .	Почвозащитная технология

		ное зерно	летние осадки. Для борьбы с корневой гнилью может высеваться в зернопаровых пшеничных севооборотах			
Просо, гречиха	Занимает не большой вес в структуре зерновых	Продовольственное	Пласт многолетних трав. Пар.	Могут возделываться в любых зернопаровых полях в сборных полях	Засухоустойчивы, хорошо реагируют на поздние осадки	Чистые от сорняков поля
Горох	Возделывание ограничивается лесостепной зоной. В степной может возделываться в понижениях с увлажнением	Продовольственное и фуражное зерно	Пар	Требователен к плодородию почв	Относительно слабо засухоустойчив, хорошо реагирует на летние осадки	Чистые от сорняков поля
Кукуруза	В кормовых прифермских севооборотах	Для приготовления кукурузного силоса	Нетребовательна. Может возделываться при бессменном посеве на одном месте	Может возделываться вне севооборота	Полнопрофильные зональные почвы	Лучше отвальная вспашка
Подсолнечник	В кормовых севооборотах	Для приготовления силоса и получения маслосемян	В любом кормовом севообороте	Кормовые севообороты	Полнопрофильные зональные почвы	Лучше отвальная вспашка
Картофель	Площадь возделывания небольшая	Клубни	Пар	Специализированный овощной севооборот короткой ротации	Полнопрофильные зональные почвы	Лучше отвальная вспашка, допускается чередование с отвальным рыхлением.

8.15.3. Переувлажненные земли

Принципы и очередность освоения. Переувлажненные почвы широко представлены в таежно-лесной зоне, где имеется около 3 млн га осушаемых почв и около 7 млн га сельскохозяйственных угодий относится к мелиоративному фонду земель, нуждающихся в проведении осушительных мелиораций. Доля переувлажненных почв еще более возрастает в среднетаежной зоне, а в северо-таежной все почвы, в том числе зональные (глееподзолистые), переувлажнены.

Результаты использования этих земель представляют довольно пеструю, в целом неутешительную, картину. При проектировании урожайности на осушаемых землях 40 ц/га кормовых единиц здесь в среднем собирали 20 ц/га при теоретически возможной продуктивности 60-140 ц/га к.е. Много занимались гидротехническим осушением, но мало земледелием как таковым. Между тем для успешного использования этих земель, пожалуй, как нигде, требуется понимание чрезвычайно разнообразных условий почвенного покрова и почв.

Широкий спектр полугидроморфных и гидроморфных почв и их свойств определяется разнообразием факторов заболачивания, в частности поверхностным заболачиванием атмосферными и намывными склоновыми водами, русловыми водами, заболачиванием пресными и минерализованными грунтовыми водами, заболачиванием в результате зарастания водоемов. Сочетания этих факторов, помноженные на разнообразную литологию, дает огромное количество почвенных разностей в пределах трех генетических типов полугидроморфных почв (болотно-подзолистых, дерново-глеевых, аллювиальных лугово-болотных) и двух генетических типов гидроморфных почв (торфяных болотных низинных и торфяных болотных верховых). Эти почвы находятся в сочетании с дерново-подзолистыми, которые часто бывают слабogleеватыми, и дерново-карбонатными выщелоченными.

В качестве агроэкологических групп, для которых должны разрабатываться адаптивно-ландшафтные системы земледелия, выделяются следующие.

1.0. Полугидроморфно-зональные, включающие агроэкологические виды земель:

1.1. Слабополугидроморфно-зональные, представленные пятнистостями дерново-подзолистых и дерново-подзолистых слабogleеватых почв с участием последних менее 50% и присутствием дерново-подзолистых глееватых менее 10%;

1.2. Среднеполугидроморфно-зональные, представленные комплексами дерново-подзолистых, дерново-подзолистых слабogleеватых и глееватых менее 50%.

2.0. Полугидроморфные, включающие агроэкологические виды земель:

2.1. Полугидроморфные пойменные (аллювиальные слабogleеватые, глееватые и глеевые; аллювиальные лугово-болотные);

2.2. Дерново-глееватые и дерново-глеевые;

2.3. Болотно-подзолистые супесчаные;

2.4. Болотно-подзолистые суглинистые;

2.5. Болотно-подзолистые глинистые.

3.0. Торфяные болотные низинные.

Целесообразность осушения переувлажненных почв определяется агроэкологическими требованиями сельскохозяйственных культур, экономической эффективностью и экологическими последствиями. По возможности использования переувлажненных почв без осушения они могут быть разделены на три группы:

- 1) пригодные для использования без осушительных мелиораций;
- 2) пригодные для использования без осушения под отдельные культуры при определенных условиях;
- 3) непригодные для интенсивного использования без осушительных мелиораций.

К первой группе относятся слабоглееватые почвы легкого механического состава, осушение которых требуется лишь для плодовых культур с глубокой корневой системой и озимых зерновых. Большинство культур на этих почвах дают более высокий урожай, чем на неоглеенных, особенно в засушливые годы. Некоторые снижают урожайность во влажные годы. Особенно страдают озимые зерновые в результате застоя надмерзлотной верховодки.

Ко второй группе относятся слабоглееватые тяжелосуглинистые и глинистые почвы и глееватые легко и среднесуглинистые. Большинство культур на этих почвах резко снижают урожайность или гибнут во влажные годы. В засушливые и сухие годы наоборот, некоторые из них могут давать более высокий урожай. По данным Ф.Р. Зайдельмана (48) дренаж дерново-подзолистых глееватых суглинистых почв обеспечивает высокий доход только в сырые годы. Во влажные он резко сокращается, а в средние и засушливые годы на дренированных почвах урожайность многих культур оказывается ниже, чем на недренированных глееватых почвах, в частности яровых зерновых на 15-20%, картофеля - на 10-15%, бобовых трав на 15-20%. Поэтому осушение таких почв целесообразно лишь при необходимости возделывания наиболее чувствительных к избыточному увлажнению культур в специализированных севооборотах. Большая часть таких почв может быть использована с той или иной эффективностью в качестве сенокосов без осушительных мелиораций.

К третьей группе относятся глееватые тяжелосуглинистые и глинистые почвы, большинство глеевых и все торфянисто-глеевые.

Определяя очередность и приоритетные объекты мелиорации, следует отдавать предпочтение почвам с высоким потенциальным плодородием, к которым относятся низинные торфяные почвы, хорошо агрегированные аллювиальные дерновые зернистые почвы, дерново-глеевые и др. Что же касается болотно-подзолистых почв, преобладающих среди осушаемых земель, особенно тяжелых по гранулометрическому составу, то они отличаются низкой агрегатностью, плохой водопроницаемостью, заплывают, плохо отдают воду в дренаж и требуют немало усилий для окультуривания.

Не следует вовлекать в сельскохозяйственный оборот болотные верховые торфяные почвы. Они характеризуются низкой зольностью и степенью разложения торфа, высокой кислотностью, низкой водопроницаемостью, высокой влагоемкостью. Осушение их сопряжено с высокими затратами, так же как и использо-

вание в мелиоративный период, связанное с мелиоративными мероприятиями по повышению плодородия. Это относится и к почвам переходных торфяников.

Нецелесообразно вовлечение в активный сельскохозяйственный оборот всех болотных торфяных почв, в том числе и низинных, при подстилании незначительной толщи торфа каменистыми породами. Осушение таких мало-мощных торфяных почв (мощность торфа меньше 1 м) при быстрой сработке торфа в результате разложения органического вещества, осадки, ветровой эрозии и пожаров нередко сопровождается выходом на дневную поверхность каменистого материала.

Особенности земледелия на полугидроморфных почвах на начальном этапе осушения. Окультуривание осушаемых почв начинается с выбора рациональной системы обработки почвы. Для осушаемых почв с оглееными подзолистыми и иллювиальными горизонтами создание достаточно мощного пахотного слоя имеет особое значение, поскольку определяет успех мелиорации в целом. Создать такой слой путем постепенного припахивания в короткий срок невозможно, особенно на почвах с невысоким естественным плодородием с мощностью гумусового горизонта менее 17 см. Припахивание оглееных и подзолистых горизонтов более 2-3 см приводит к резкому ухудшению пахотного слоя.

В подобных условиях задача решается сочетанием отвальной вспашки с безотвальной обработкой, которая может выполняться серийными рыхлителями и даже плугами со снятыми отвалами на глубину до 30-35 см. При высокой уплотненности переходных горизонтов интенсификация мелиоративного процесса достигается сверхглубоким рыхлением до 0,6-0,9 м специальными мелиоративными рыхлителями.

Увеличение мощности пахотного слоя и разрыхление подпахотных горизонтов способствует более быстрому поглощению почвой воды, предотвращая ее застой, повышая эффективность дренажа. Уменьшение плотности и соответственно увеличение влагоемкости позволяет оптимизировать водный режим агроценозов в засушливый период за счет повышения запасов влаги.

Одновременно с улучшением водного режима почвы при глубоких обработках создаются более благоприятные условия воздушного режима, что весьма важно, учитывая что на мелиорируемых почвах даже при интенсивном осушении дренажем содержание воздуха в почве нередко снижается до 10-15% пористости.

Эффективность обработки почвы в мелиоративный период зависит от того, насколько тесно она сопряжена с известкованием, внесением навоза и другими агротехническими мероприятиями, определяющими процесс окультуривания почвы. Чем менее благоприятны свойства почвенных горизонтов, вовлекаемых в пахотный слой, тем выше дозы извести и органических удобрений, приходящихся на каждый сантиметр припахиваемого слоя.

Механическая обработка почвы в мелиоративный период наряду с задачами создания культурного пахотного слоя должна способствовать отводу избыточной воды по поверхности почвы, пахотному и подпахотному слоям, что в той или иной мере достигается специальными приемами (профилированием, бороздованием, гребневанием и др.). При этом особую роль играет планировка поверхности. Ее применение необходимо при наличии микропонижений, которые вызывают застой

поверхностных вод и резкое снижение урожайности. Даже сравнительно малотребовательные культуры при глубине микропонижений 10-15 см снижают ее на 15-30% по сравнению с ровной поверхностью. В более глубоких понижениях (25-30 см) растения нередко погибают.

При наличии замкнутых микропонижений целесообразно выборочное бороздование. Борозды глубиной 25-30 см прокладывают бороздоделами и выводят в каналы открытой осушительной сети. Бороздование проводят после вспашки (при подъеме зяби) или сразу же после посева озимых или яровых культур.

В условиях низкой теплообеспеченности при возделывании пропашных культур особое значение приобретает гребневая и грядовая обработка, особенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах. Ею достигается значительное улучшение водно-воздушного, теплового и питательного режимов. Преимущества грядования и гребневания резко проявляются в годы с избыточным количеством осадков. Высота гребней и гряд зависит от мощности пахотного слоя и применяемых орудий обработки и составляет от 15 до 25 см. Гряды и гребни нарезают весной при предпосевной обработке, но можно проводить грядовую и гребневую вспашку при осенней обработке почвы.

Большая часть мелиорируемых почв таежно-лесной зоны характеризуется повышенной кислотностью. Создание осушительного дренажа, увеличение внутрипочвенного стока способствует повышению выноса ионов кальция и магния. Подкислению почв способствует также применение физиологически кислых удобрений. Ежегодный вынос кальция с фильтрующимися водами составляет от 60 до 800 кг/га в зависимости от механического состава и степени окультуренности. Большой вынос оснований из мелиорируемых почв связан также с тем, что большинство их, будучи слабоокультуренными, имеют невысокую емкость поглощения. В соответствии с многочисленными опытными данными значительное и длительное действие известкования наблюдается лишь при высоких нормах извести. Оказывается наиболее целесообразным рассчитывать их, исходя из нейтрализации полной гидролитической кислотности.

Особая роль при освоении минеральных почв принадлежит органическим удобрениям, которые не только служат источником питательных веществ для растений, но и улучшают водный, воздушный и питательный режимы почвы и способствуют восстановлению плодородия, нарушенного при производстве мелиоративно-строительных и культуртехнических работ. Без них невозможно решать задачи по увеличению мощности пахотного слоя. Довольно многочисленные опытные данные по испытанию различных доз навоза (30,60,80,120 т/га) на дерново-подзолистых глееватых почвах свидетельствуют, что значительное их улучшение происходит при ежегодном внесении в мелиоративный период дозы 60 т/га и более. При этом отмечается существенное снижение плотности пахотного слоя, повышение пористости, влагоемкости, увеличение продолжительности периода с оптимальным увлажнением в годы с повышенным количеством осадков, снижается кислотность, возрастает содержание гумуса, в особенности доля гуминовых кислот. Последнее обстоятельство способствует уменьшению подвижности органических соединений и сокращению их потерь вследствие выщелачивания. При

дозе органических удобрений 30 т/га эти изменения проявляются значительно слабее.

Высокая эффективность органических удобрений на мелиорируемых почвах доказывается высокой удельной окупаемостью их продукцией, которая мало снижается с увеличением доз от 30 до 100 т/га. Если при первичном окультуривании малогумусных глинистых почв органические удобрения вообще не вносятся, мелиорация оказывается убыточной.

Большое значение при использовании осушаемых почв имеет возделывание сидеральных культур с последующей их заашкой в почву. В качестве пожнивных сидеральных культур, высеваемых после уборки озимой ржи, ячменя, весьма эффективны рапс, сурепка, масличная редька, белая горчица.

Применение органических удобрений на осушаемых почвах должно сочетаться с внесением минеральных удобрений в первые же годы, поскольку процесс мобилизации азота и фосфора из органических веществ идет медленно.

На мелиорируемых минеральных почвах могут вводиться те же севообороты, что и на автоморфных почвах (полевые, кормовые, овощные, лугопастбищные). При этом важное значение имеет участие в севооборотах многолетних трав, доля которых увеличивается от Центрального к Северо-Западному и Северному районам. В частности, в Северном районе целесообразно вводить лугопастбищные, а также полевые севообороты с насыщением многолетних трав на 28-30% при интенсивном их возделывании.

Введению севооборотов часто предшествует использование вновь осваиваемых земель под предварительные культуры, обычно кормовые. При этом темпы окультуривания почв зависят от уровня интенсивности возделывания этих культур.

При организации культурных пастбищ на осушаемых землях, выпас скота можно проводить при уровне грунтовых вод не выше 60-65 см от поверхности.

Особенности земледелия на осушаемых торфяных болотных низинных почвах. Данные почвы характеризуются высоким потенциальным плодородием. Как объект мелиорации они выгодно отличаются от большинства заболоченных минеральных почв, хотя их использование осложняется некоторыми особенностями (слишком низкая плотность и подверженность ветровой эрозии, неблагоприятный тепловой режим, пожароопасность и др.).

Сельскохозяйственное использование торфяных почв имеет многовековую историю. В современной практике известны: черная, смешанная, насыпная и песчаная смешаннослойная культуры.

В России в основном практикуется черная культура торфяных почв (хотя научными учреждениями разработаны технологии смешанной культуры). При этом возникает проблема биохимической сработки торфа, т.е. активного биохимического разложения органогенной массы при осушении болота. Скорость этого процесса определяется тремя факторами: глубиной залегания грунтовых вод, характером сельскохозяйственного использования почв и климатическими условиями.

Наиболее интенсивная сработка торфа происходит под пропашными культурами при глубоком понижении грунтовых вод в условиях самотечного осушения. Для условий южной тайги ежегодная сработка торфа под пропашными составляет 2-3 см в год. В лесостепной зоне она может достигать 4 см.

В высоких широтах европейской территории России и в Сибири, наоборот, скорость биохимической сработки торфа снижается и находится на уровне миллиметров в год. Главную роль в этом играет наличие в торфяных почвах мерзлоты неглубоко от дневной поверхности.

Определяющим фактором разложения торфа является усиление аэрации почвы при понижении уровня грунтовых вод. Например, по некоторым данным (112) скорость разложения торфа при уровне грунтовых вод 0,8 м составляла 2,2 т/га в год; при 1,2 м - 6 т/га.

Хорошо известен печальный опыт самотечного глубокого осушения низинных болот, основанный на принципе отрыва капиллярной каймы грунтовых вод от основания торфяной залежи. В результате такого освоения болот происходила ускоренная сработка торфа, потеря больших количеств азота, не использованного растениями, накопление нитратов в грунтовых водах, эвтрофикация водоемов, возникали пожары, проявлялась дефляция. Такого рода осушение болот затрагивало прилежащие ландшафты, наступало обезвоживание значительных территорий, ухудшались условия сельскохозяйственной деятельности, лесорастительные и другие условия.

В данной связи весьма поучителен опыт мелиорации торфяных болотных почв в Белоруссии, где в 60-х годах самотечное глубокое осушение их получило широкое распространение в качестве основного метода. В результате через 12-15 лет произошла полная сработка торфяных почв на площади более 120 тыс. га, обнажились песчаные породы, галечниковый аллювий и т.п. Таким образом, потребовался жестокий экологический урок (кстати сказать, предсказанный проф. Ф.Р. Зайдельманом), чтобы в 70-х годах данный метод был признан экологически опасным и в дальнейшем не применялся. Стало очевидным, хотя и не в полной мере реализуемым на практике положение о том, что во избежание переосушения необходимо не сбрасывать воду, а регулировать водный режим.

Наиболее благоприятные условия с точки зрения регулирования продукционного процесса растений и обеспечения экологической устойчивости угодья складываются при создании лугового режима, когда грунтовые воды капиллярно подпитывают верхние горизонты в соответствии с динамикой потребности растений в воде.

Для обеспечения экологической устойчивости угодий на осушаемых торфяных почвах в их структуре следует ограничивать долю культур, возделывание которых связано с интенсивной обработкой почвы, повышая соответственно долю многолетних трав, под которыми значительно замедляется минерализация органического вещества. В данной связи целесообразно использование маломощных торфяных почв (торфяной горизонт меньше 1 метра) под культурные сенокосы, а среднемощных и мощных (более 1 м) - в овощных и кормовых севооборотах с преобладанием в них многолетних трав. Согласно имеющимся данным исследо-

ваний (43) для центральных и южных районов Нечерноземья наиболее целесообразно с точки зрения продуктивности, экологической эффективности и сохранения плодородия торфяных почв вводить севообороты, в структуре которых многолетние травы занимают 33,3-66,6%, однолетние травы - 16,7%, зерновые - 0-33,3%, пропашные - 16,7%. В условиях Севера и Северо-Запада вследствие низкой биологической активности почвы возможно значительное увеличение доли пропашных культур. Учитывая неблагоприятный тепловой режим торфяных почв, обусловленный их высокой теплоемкостью и низкой теплопроводностью, не рекомендуется включать в севообороты теплолюбивые культуры.

Осушаемые болота, особенно торфяники низинного типа, являются ценными угодьями не только для выращивания однолетних культур, но и для создания высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в различных природных зонах. В центральных областях Нечерноземной зоны РФ ряд хозяйств опытных учреждений на осушенных низинных торфяниках получают по 80-100 ц, а на переходных - по 50-70 ц сена с 1 га. Продуктивность сеяных пастбищ составляет здесь 3-5 тыс. и более кормовых единиц с 1 га.

Многолетние травы, возделываемые на осушенных торфяных почвах, могут использоваться на сено, сенаж, силос, травяную муку и как зеленый пастбищный корм. Они уменьшают распыление торфа, замедляют его разложение, служат средством борьбы с сорными растениями, некоторыми видами вредителей и болезней, улучшают использование питательных веществ осушаемых торфяно-болотных почв. Возделывание многолетних трав позволяет более продуктивно использовать слабо осушаемые торфяники, где выращивание других культур затруднено, а также способствует удлинению сроков эксплуатации мелкозалежных торфяных массивов. Многолетние травы на осушаемых торфяных почвах могут возделываться как в севооборотах различных направлений, так и вне севооборотов.

Для залужения надо высевать те виды трав, биолого-экологические особенности которых отвечают характеру местообитания, способу и длительности использования сеяного луга. Как правило, травостой сеяных сенокосов и пастбищ на осушенных торфяных почвах представлен в основном многолетними злаковыми травами, более урожайными и долговечными по сравнению с бобовыми. Кормовые достоинства большинства злаковых трав высокие, особенно в ранних фазах вегетации. Однако бобовые травы по питательной ценности все же значительно превосходят злаки.

Обработка почвы в севооборотах должна проводиться дифференцированно в зависимости от предшественника и возделываемой культуры. Под пропашные рекомендуется проведение глубокой осенней вспашки, под культуры сплошного сева - безотвальной обработки. Однако после стерневых предшественников, а также на участках, сильно засоренных многолетними сорняками, требуется вспашка. Эти приемы должны сочетаться с агромелиоративными мероприятиями (планировка поверхности, гребневание, грядование, выборочное бороздование и профилирование) в зависимости от почвенно-климатических условий.

Планировка необходима для устранения микропонижений, которые в период избыточного увлажнения отличаются ухудшением теплового и питательного режимов. Сумма температур за вегетационный период в микропонижениях по сравнению с выровненной поверхностью оказывается значительно меньше (на 200° и более), ниже биологическая активность и содержание нитратного азота в почве. Соответственно снижение урожайности однолетних и многолетних трав в микропонижениях глубиной 15 см может достичь 30-40%, а при глубине их 30 см - 80% (43). Следует подчеркнуть, что проведение планировки на торфяных почвах не представляет трудностей, так как здесь в отличие от минеральных почв можно не опасаться выхода на поверхность подпахотных почвенных горизонтов при больших размерах срезки.

Важное значение, особенно в условиях низкой теплообеспеченности, имеет гребневание и грядование. Во влажные годы на гребнях удастся избежать избыточного увлажнения и улучшить условия теплообеспеченности. За вегетационный период сумма положительных температур на гребнях на 200-240° выше, чем на ровной поверхности, больше накапливается минеральных форм азота. Гребневая посадка корнеплодов на торфяных почвах обеспечивает высокий экономический эффект.

Обязательный прием на торфяных почвах - прикатывание поверхности. Необходимость его применения связана с низкой плотностью почвы, а также с разрывом капилляров при обработке, в результате чего даже при наличии большого запаса влаги в подпахотных слоях влажность пахотного слоя может снижаться до влажности устойчивого завядания. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в результате накопления льда в верхнем горизонте при перегонке пара из нижних слоев в зимний период. Лед отрывает этот горизонт от нижележащей толщи торфа, нарушая капиллярное подпитывание корнеобитаемой зоны. Прикатывание торфяных почв перед посевом восстанавливает нарушенную капиллярную связь. Данный прием выполняется тяжелыми водоналивными катками. Интенсивность прикатывания увеличивается с понижением уровня грунтовых вод. Прикатывание выравнивает поверхность поля и уплотняет почву, при этом высеянные семена более равномерно заделываются по глубине, водно-воздушный режим пахотного слоя заметно улучшается. Сильнее следует прикатывать почву на слаборазложившихся торфяниках, после раскорчевки кустарника и запашки мощной дернины или большого количества растительных остатков. Еще более возрастает роль прикатывания в южных районах, а также в сухие весны и на глубоко осушенных болотах. По мере окультуривания болота верхние слои торфяной залежи уплотняются, и потребность в интенсивном прикатывании уменьшается.

На старопахотных почвах, предназначенных для залужения, обработка зависит от способа и срока посева многолетних трав, их видового состава, предшественника и т.д. При весеннем посеве многолетних трав на минеральных почвах под покров яровых зерновых культур или при раннем беспокровном посеве площади, вышедшие из-под зерновых культур, подвергаются лущению, после чего производят зяблевую вспашку на глубину 30-35 см и осеннее дискование. Весной, когда почва оттаивает примерно на 10-12 см, поле дискуют в один-два следа с од-

новременной заделкой удобрений. При летнем беспокровном посеве трав после уборки однолетних смесей на зеленый корм, идущих по зяблевой вспашке, проводят дискование в два следа (первое на глубину 7-9 см и второе - на 12-15 см с заделкой удобрений), а при размещении трав после пропашных культур - глубокое дискование осенью, лущение или повторное дискование весной с заделкой удобрений. Во всех случаях прикатывание проводят до и после посева.

Для лучшего развития и получения более высокого урожая луговых трав, особенно при создании долголетних культурных пастбищ, важно, чтобы на этих участках в год, предшествующий залужению, возделывались пропашные культуры, под которые вносится достаточное количество удобрений, а почва хорошо обрабатывается и очищается от сорной растительности. При выращивании в одном звене с многолетними травами однолетних технических, пропашных, кормовых и овощных культур лучше используются питательные вещества почвы, она быстрее окультурируется, общая продуктивность земельных ресурсов повышается. В связи с этим при коренном улучшении и дальнейшем окультуривании хорошо осушаемых низинных торфяников и лугов целесообразнее использовать эти угодья в системе севооборотов с луговым и полевым периодами. В севообороте, главным образом лугопастбищном, создают краткосрочные сенокосы или пастбища, которые используются менее 5-6 лет, а вне севооборота — краткосрочные и долголетние сенокосы и пастбища.

Правильный подбор видов и сортов трав для луговых и пастбищных смесей на осушаемых болотах является одним из главных факторов, определяющих их долголетие и урожайность. Опытами и практикой установлено, что травосмеси на протяжении всего срока их использования дают более высокие урожаи сена и пастбищного корма по сравнению с чистыми посевами трав.

Подбор компонентов для травосмесей зависит от почвенно-климатических условий, типа торфяника, его плодородия и интенсивности осушения, срока и способа использования, хозяйственно-экономических требований. В травосмеси следует включать те виды и сорта трав, биолого-экологическая характеристика которых лучше всего отвечает перечисленным условиям. Так, клевер красный и розовый плохо переносят ранневесенние и позднеосенние заморозки, все многолетние культурные травы плохо развиваются на сильнокислых почвах (рН ниже 4,5). Большинство злаковых трав предпочитает слабокислые почвы (рН 5,0-6,0), а бобовые травы - почвы с нейтральной реакцией среды (рН 7,0).

К числу возделываемых на осушаемых торфяниках относятся следующие виды многолетних трав: тимopheевка луговая, овсяница луговая, овсяница тростниковидная, овсяница красная, лисохвост луговой, ежа сборная, кострец безостый, райграс высокий, райграс пастбищный, мятлик луговой, мятлик болотный, полевица белая, бекмания обыкновенная, клевер розовый и клевер белый.

Сеять луговые травы на осушенных торфяных почвах лучше весной или летом, когда наиболее полно удовлетворяются биологические требования бобовых и злаковых трав. В южных областях Нечерноземья многолетние травы отлично удаются при летнем беспокровном посеве. Лучшим сроком летнего посева трав-

смесей является июль. Травы, посеянные в этот срок во влажную почву, дружно отрастают и хорошо переносят зимние условия.

При весеннем посеве луговых трав на осушаемых торфяниках в южной части зоны лучшим является посев в самые ранние сроки (в конце апреля - начале мая). Для этого подготовку почвы под посев трав (вспашку или дискование, внесение удобрений и прикатывание) проводят осенью. Во избежание пересыхания верхнего слоя почвы посев нужно проводить в самые сжатые сроки. При весеннем посеве многолетних трав хорошими их предшественниками являются пропашные, зернобобовые и зерновые культуры.

Значительная часть торфяных почв имеет повышенную кислотность, усиливающуюся к северу зоны. При характерных величинах $pH_{\text{сол}}$ 4,0-4,5 гидролитическая кислотность достигает 50 м-экв/100 г и более, что определяет высокие дозы извести, если их рассчитывать по полной ГК. До сего времени нет единого подхода к определению норм извести для торфяных почв. По данным (138), торфяные почвы с $pH_{\text{сол}}$ 4,2-4,8 слабо нуждаются в известковании, а при pH выше 4,8 необходимость в известковании отсутствует вообще. По данным А.С. Мееровского торфяные почвы с pH ниже 3,9 следует известковать из расчета 0,5 ГК, при значении pH в диапазоне 3,9-5,0 - из расчета 0,25 ГК, а при pH выше 5 почвы в известковании не нуждаются.

В системе удобрений на торфяных почвах главную роль играют минеральные удобрения, обеспечивающие высокие прибавки урожайности. Органические удобрения используются в основном с целью повышения биологической активности почв в мелиоративный период. Большое значение имеет проведение подкормок многолетних трав. Первая подкормка после первого укоса трав, вторая - после второго укоса дозами азота от 60 до 90 кг действующего вещества. Фосфорные удобрения вносят весной - 90 кг/га. Лучшие условия роста трав обеспечивает ежегодное внесение $N_{100-150}$ и $K_{120-150}$, применяемых двукратно (нормы весной, остальное летом после проведения первого укоса). Эффективность минеральных удобрений в большой мере зависит от срока освоения болота и существенно изменяется в географическом аспекте. Азотные удобрения необходимо вносить на всех вновь осваиваемых торфяных болотных почвах. В северных районах европейской части зоны и в Сибири их нормы повышаются. На переходных болотах вносятся более высокие нормы, чем на низинных.

На старопашотных торфяных почвах по сравнению с вновь осваиваемыми эффективность азотных удобрений снижается, соответственно их нормы уменьшаются, а в южных районах зоны они применяются в основном на сенокосах. Фосфорные удобрения эффективны на всех торфяных почвах, за исключением болот с большим количеством вивианита. Эффективность их по мере продвижения на север зоны повышается. На старопашотных торфяных почвах нормы фосфорных удобрений снижаются на 15-20% по сравнению со вновь осваиваемыми почвами. Эффективность калийных удобрений в отличие от азотных и фосфорных повышается в направлении с севера на юг с увеличением срока использования торфяных почв.

Серьезную проблему представляет окультуривание и использование выработанных торфяников. Площадь их в Нечерноземной зоне России превышает 400 тыс. га. В зависимости от способа добычи торфа выработанные торфяники разделяют на карьеры гидроторфа, машиноформовочные и фрезерные поля. Последние наиболее пригодны для сельскохозяйственного использования и требуют меньших затрат на освоение.

Выработанные торфяники представляют особую категорию мелиорируемых земель, отличную как от торфяных, так и от минеральных почв. Они характеризуются очень низкой биологической активностью, наличием большого количества закисных соединений железа, подвижных форм алюминия, марганца, неблагоприятным тепловым и водно-воздушным режимом.

Способы освоения выработанных торфяников и их продуктивность зависят от мощности остаточного слоя торфа и свойств подстилающих грунтов. При мощности остаточного слоя торфа 15-30 см первичной обработкой припахивается до 6 см супесчаного грунта и 4 см суглинистого, при мощности его менее 15 см применяются безотвальные обработки. В случае подстилания торфа грунтами тяжелого механического состава целесообразно глубокое рыхление. Оно способствует улучшению работы осушительной сети, а в периоды недостаточного количества осадков - увеличению запасов влаги.

На торфяных почвах Нечерноземной зоны РФ можно выращивать озимую рожь, овес, ячмень. Более требовательную к теплообеспеченности пшеницу здесь выращивать сложно в связи с недостатком тепла и возможностью ранних заморозков. Под зерновые следует отводить хорошо выровненные участки низинных торфяников с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию около 75-85 см от поверхности почвы.

Озимая рожь может размещаться на всех используемых типах торфяных почв. К норме осушения она более требовательна, чем травы, но менее, чем пропашные культуры. Предшественники - викоовсяная смесь, райграс однолетний, пласт многолетних трав после первого укоса.

При посеве ржи на вновь освоенной территории обработка почвы проводится по такой схеме: вспашка на 30-35 см, дискование в 1-2 следа, выравнивание поверхности, повторное дискование в 2 следа с заделкой минеральных удобрений и прикатыванием.

При посеве ржи на старопахотных участках по пласту многолетних трав вспашку проводят после первого укоса с предварительным двукратным дискованием на глубину 6-7 см. После вспашки пласт дискуют, заделывая удобрения, и прикатывают. После рано убираемых пропашных предшественников рожь сеют по поверхностной обработке, без вспашки, после двух-трехкратного дискования и прикатывания.

На низинных болотах, богатых азотом и фосфором, вносят только калийные удобрения из расчета 120-150 кг действующего вещества на один гектар. На торфяниках, бедных фосфором, кроме калийных, вносят и фосфорные удобрения по 60-90 кг. Медные удобрения вносятся в дозах 25-35 кг медного купороса на гектар. Азотные удобрения вносятся в виде подкормки по 20-30 кг в зависимости от

состояния посевов после перезимовки. В мероприятия по уходу за посевами входит весенняя подкормка азотными удобрениями в количестве 0,5-1,0 ц аммиачной селитры на гектар.

Из яровых на торфяных почвах лучше всего выращивать ячмень и овес. Под них следует отводить старопахотные участки с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию 75-85 см. В севообороте их обычно размещают по картофелю, озимым, корнеплодам, силосным.

Обработка почвы после пропашных культур поверхностная - глубокое осеннее дискование; после озимых - раннее лущение стерни, зяблевая вспашка на глубину 25-30 см. При подготовке почвы под яровые культуры все работы по разделке пласта зяби с внесением фосфорно-калийных удобрений и прикатывание проводят осенью.

На хорошо окультуренных торфяниках азотные удобрения практически не вносят. Фосфорные удобрения вносят в дозе 60-90 кг действующего вещества на гектар, а калийные- 120-150 кг.

Уход за посевами яровых зерновых сводится в основном к борьбе с сорняками в ранних фазах их развития и с вредителями (злаковой мухой).

Под картофель следует отводить осушенные старопахотные низинные торфяники. Наилучшие условия водного питания картофеля создаются при влажности почвы около 70-75 % от полной влагоемкости и аэрации в 23-30% от объема пор почвы. При этом грунтовые воды в среднем за вегетацию должны находиться на глубине 100-110 см от поверхности. При таком уровне капиллярная влага в течение всего периода вегетации подпитывает корнеобитаемый слой почвы.

Картофель предъявляет к предшественникам умеренные требования. В кормовых севооборотах его лучше всего размещать второй культурой после многолетних трав, ржи, а также после однолетних злаково-бобовых смесей и корнеплодов.

Обработка целинных торфяных почв под картофель проводится по методу ускоренного освоения. После очистки болота от пней, кустарников проводят глубокую вспашку (на глубину 30 см). После вспашки пласт тщательно разделяют тяжелыми дисковыми боронами в 2—3 следа и выравнивают поверхность. Затем вносят минеральные удобрения и дискуют почву еще раз, заделывая их, потом проводят прикатывание поля.

Универсальным приемом обработки старопахотных торфяных почв под картофель после уборки однолетних культур сплошного сева является зяблевая вспашка на глубину 25-30 см. После многолетних трав и других стерневых предшественников вспашку проводят с предварительным дискованием в 1 -2 следа на глубину 6-7 см.

На торфяниках, богатых природными запасами фосфора, под картофель вносят только калийные удобрения по 150-180 кг действующего вещества на один гектар, а на почвах, бедных фосфором, вносят и фосфорные удобрения по 60 кг на гектар. Посадка рядовая, 70х20х25 см, гребневая, на гектаре следует размещать до 60 тыс. растений. Глубина посадки 8-10 см. Обычно посадку производят при прогревании почвы до 8-10°C. Уход за картофелем заключается в проведении двух-

трех боронований до всходов и одного по всходам навесными сетчатыми боронами. Междурядные обработки проводятся в зависимости от степени засоренности почвы. Обычно достаточно одной культивации и двух окучиваний. Гербициды применяют не позже, чем через 8-10 дней после посадки. Для предупреждения заболевания фитофторой проводят одно-два опрыскивания по всходам картофеля 0,2 % раствором медного купороса из расчета 300 л раствора на один гектар.

Выращивание кормовых корнеплодов на торфяных почвах имеет большое значение при решении вопросов правильной организации кормовой базы животноводства. Наиболее неприхотливыми и устойчивыми к особенностям микроклимата осушенных торфяных почв из кормовых корнеплодов являются: кормовая свекла, морковь, брюква, турнепс. В условиях юга Нечерноземья наибольший выход кормовых единиц и протеина дает кормовая свекла. Предшественники - картофель, викоовсяная смесь, режае - зерновые.

Под свеклу следует отводить старопахотные хорошо осушенные низинные торфяники с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию 110-125 см от поверхности. Обработка почвы такая же, как под картофель - глубокая зябь с осенней разделкой пласта. Весной - боронование зяби (если зябь не была дискована осенью), дискование с заделкой, предпосевное прикатывание. Кислые почвы известкуют. Минеральные удобрения вносят под предпосевное дискование.

Уход за посевами заключается в уничтожении сорняков, рыхлении междурядий, прореживании всходов и борьбе с вредителями. Для этого проводятся боронование до всходов сетчатой бороной и 2-4 междурядных рыхления. Уборку свеклы следует проводить до наступления заморозков, обычно сразу после уборки картофеля.

8.15.4. Пойменные земли

В долинах больших, средних и малых рек России пойменные земли занимают 29,2 млн. га, из них около 20 млн. га сосредоточено в Сибири и на Дальнем Востоке (поймы рек Оби, Лены, Енисея, Амура и их притоков).

Степень освоения и использования пойменных почв и структура сельскохозяйственных угодий (лес, сенокос, пастбище, пашня) в поймах зависит от зонально-провинциальных условий, освоенности территории и плотности населения. С севера на юг сокращается площадь сенокосов и пастбищ и увеличивается площадь распаханной почвы. В среднем пашня в поймах рек РФ составляет 2 млн 377 тыс га (8,1%). В Северо-Кавказском районе площадь пашни достигает 43,8 %, а в Северо-Западном районе она составляет всего лишь 4,4%. Из 9,2 млн га пойменных земель в Западной Сибири, распаханно всего около 300 тыс га. Больше допустимых норм распаханной почвы пойм рек в Московской, Калужской, Орловской областях, а также в южных районах России (поймы рек Дона, Кубани, Волго-Ахтубы). Волго-Ахтубинская пойма является самым большим овощным огородом России. В некоторых районах Московской области (Серпуховском, Ступинском, Каширском, Озерском, Коломенском) распаханно около 80-90% площади поймы.

Адаптивное использование пойм должно базироваться на типологии пойменных земель.

Разделение пойм, предложенное В.Р.Вильямсом на три части: прирусловую, центральную и притеррасную не исчерпывает всего их разнообразия, поскольку имеют место неполноразвитые, усеченные и островные поймы. Г.В. Добровольский с соавторами (1974) на примере поймы реки Оби предложил выделить пять типов поймы: островной, прирусловой, сегментно-гривистый, равнинный и пониженно-болотный.

Эти типы имеют разную хозяйственную значимость. Территория островного и прируслового типов поймы представляет собой залесенные водоохранные участки, где требуется сохранение и улучшение лесов. Площади сегментно-гривистого и равнинного типов поймы - это в основном сенокосные угодья и территории, занятые под овощные сельскохозяйственные культуры. Луга логово-гривистого подтипа могут быть использованы главным образом под пастбища; основную часть полого-гривистого и полого-редкогривистого подтипов составляют сенокосы первой и второй очереди. Большинство сенокосов второй очереди нуждается в осушительных мелиорациях. Пониженно-болотный тип притеррасной поймы выполняет важную барьерно-экологическую роль, задерживая сток элементов-загрязнителей в реки, моря, океаны.

По составу почвенного покрова предлагается подразделять пойменные массивы на три типа в зависимости от доли гидроморфных почв: слабогидроморфные - с долей аллювиальных дерновых и дерново-луговых почв свыше 50%; среднегидроморфные – с преобладанием почв лугового типа; и сильногидроморфные – с преобладанием в составе почвенного покрова лугово-болотных и болотных почв.

Для адаптивного использования пойменных земель необходимо учитывать специфические условия синлитогенного почвообразования, которое характеризуется протеканием почвообразования одновременно с аккумуляцией свежего органико-минерального материала, что приводит к постоянному омолаживанию верхней части почвенного профиля. Пойменные почвы формируются в результате двух групп процессов – поемно-аллювиальных и собственно почвообразовательных. Поемность и аллювиальность часто употребляются как синонимы, отсюда почвы, расположенные в речных долинах, называются то аллювиальными, то пойменными. Под пойменными процессами (или поемностью) следует понимать продолжительность стояния полых вод на заливаемой части речной долины. При затоплении полыми водами происходит ускоренное оттаивание промерзшей почвы, насыщение ее водой (влагозарядка), обновление почвенного воздуха. Полые воды, увлажняющие и вносящие в пойменные почвы различные растворенные в воде вещества, создают особые экологические условия для развития растительного и животного мира, заселяющего пойменные пространства, что, в свою очередь, обуславливает формирование своеобразного почвенного покрова.

Бытующее в народе определение пойм: «золотое дно», «кладовая плодородия» связано с тем, что во время затопления полыми водами в пойме откладываются элементы питания растений, аллохтонная органика и большое количество микроорганизмов.

Качественный и количественный состав взвешенных в полых водах веществ и растворенных в водах химических элементов непостоянен и зависит от природных условий бассейна реки, состава коренных и почвообразующих пород, почвенного покрова, гранулометрического и химического состава водораздельных почв. Вследствие этого почвы речных долин несут в себе определенные зонально-провинциальные признаки.

Поемность неодинакова не только у различных пойм, но и для одной и той же поймы по ее продольному и поперечному профилю и всегда в последнем случае связана с характером рельефа. Продолжительность поемности по годам, как правило, колеблется в значительных пределах. Степень и характер поемности во времени имеют исключительно большое хозяйственное значение. Затопление участка поймы до 7 дней выдерживают все культуры, стояние весенних вод от 7 до 15 дней исключает выращивание озимых зерновых и косточковых культур. Хорошо влияет этот срок затопления на естественные и сеяные травостои. Продолжительность стояния полых вод от 16 до 30 дней исключает травосеяние, не выдерживают затопления дуб, сосна, вяз. Продолжительное стояние полых вод (более 30 дней) оказывает хорошее действие на развитие осок, а также крупнотельных корневищных злаков. Из древесных пород эту поемность выдерживают только ивы (75 дней), осокорь (50 дней), белый тополь (35 дней).

По продолжительности затопления различают поймы: краткопоемные (10-15 дней), среднепоемные (15-30 дней), долгопоемные (30-45 дней). Поскольку поймы рек имеют гривистый рельеф, то продолжительность затопления грив и межгривных понижений различна. Например, в пойме Нижней Оби в долгопоемные годы понижения могут быть затопленными от 60 до 90 дней (почти весь вегетационный период). В эти годы исключается заготовка сена и пастьба скота на пойменных лугах. Страховой запас сена необходимо создавать на водораздельных территориях. В паводковых и почвенно-грунтовых водах заболоченных ландшафтов содержится много железа. Ожелезнение и оруднение пойменных почв является широко распространенным явлением в поймах рек южнотаежной подзоны.

В бассейнах рек, где преобладают карбонатные породы, типоморфными мигрантами могут быть кальций и магний. Повышенное содержание легкорастворимых солей в почвенно-грунтовых водах пойм южных районов России вызывает засоление пойменных почв.

Воды рек смягчают континентальность климата водоразделов. В степной и полупустынной зонах, где на водоразделах, кроме изреженного травостоя, нет ни деревца, ни кустарника, в пойме большой реки – цветущий оазис с древесно-кустарниковой растительностью и разнотравно-злаковым травостоем. В лесотундре и тундре, среди бескрайних просторов тундровой кустарничково-моховой растительности поймы больших рек часто характеризуются богатым разнотравьем и хорошо развитыми деревьями – пришельцами из более южных широт.

Под *аллювиальностью* подразумевается совокупность эрозионных и аккумулятивных процессов, связанных с деятельностью речных вод, т.е. разрушением ранее отложенных речных наносов, переносом, сортировкой и разгрузкой в пойме

или русле реки взвешенных в воде частиц. В результате этих процессов формируются речной аллювий, топография и рельеф пойменной террасы.

Морфологически и микроморфологически аллювиальный процесс диагностируется слоистостью и микрослоистостью аллювия, чередованием наносов различного гранулометрического состава.

Интенсивность выраженности аллювиальных процессов в различных частях продольного и поперечного профиля речной долины, так же как и пойменных процессов, неодинакова. При этом пойменные и аллювиальные процессы по степени своей выраженности далеко не адекватны. Например, длительная поемность может протекать в условиях очень слабовыраженных аллювиальных процессов, и, наоборот, при интенсивно протекающих аллювиальных процессах поемность может быть кратковременной.

Распределение гранулометрических фракций в аллювии имеет свои закономерности. В прирусловой области поймы полые воды имеют большие скорости течения, и здесь оседают наиболее мощные песчаные наносы с преобладанием фракции мелкого песка (60-80%). По мере удаления от русла скорость водного потока замедляется, полые воды осветляются, а в составе отлагаемого наилка преобладают фракции крупной пыли (0,05-0,01 мм) и ила ($< 0,001$ мм). Ближе к коренному берегу, в притеррасной части поймы из осветленных паводковых вод выпадают мелкая пыль (0,005-0,001 мм) и ил ($< 0,001$ мм).

В поймах рек выделяются 3 самостоятельных типа почвообразования: дерновый, луговой и болотный - в зависимости от характера водного режима.

Дерновый процесс обычно развивается в прирусловой пойме и на участках (гривах) центральной поймы под воздействием травянистой растительности. Для него характерно только поверхностное увлажнение, роль почвенно-грунтовых вод незначительна. При дерновом процессе идет накопление перегнойа и биогенно-аккумулятивных элементов.

Луговой процесс характерен для равнинных участков центральной поймы. В отличие от дернового он проявляется в условиях оптимального, иногда повышенного атмосферно-грунтового увлажнения (луговой тип водного режима) и характеризуется совершенно иным водно-воздушным режимом и наличием как биогенной, так и гидрогенной аккумуляции веществ.

Болотный процесс типичен для низкой притеррасной поймы и понижений центральной поймы. Развивается он при устойчиво избыточном атмосферно-грунтовом увлажнении, накоплении неразложившихся растительных остатков, а также веществ, выносимых с террас и водоразделов.

По характеру почвообразовательных процессов, реакции среды, степени разложения и аккумуляции органического вещества в поймах рек выделяется 9 типов почв (88) : аллювиальные дерновые кислые, аллювиальные дерновые насыщенные, аллювиальные дерновые опустынивающиеся карбонатные, аллювиальные луговые кислые, аллювиальные луговые насыщенные, аллювиальные луговые карбонатные, аллювиальные лугово-болотные, аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые, аллювиальные болотные иловато-торфяные.

В поймах рек можно выделить пять экосистем: 1. Экосистемы предпочтенных образований. 2. Лесные экосистемы. 3. Луговые экосистемы. 4. Болотные экосистемы. 5. Агроэкосистемы.

Экосистемы предпочтенных образований представлены песчаными пляжами, отмелями, молодыми островами, аллювий которых едва затронут процессами почвообразования. Это зона максимального отложения руслового крупнозернистого аллювия.

Лесные экосистемы пойм. Леса занимают меньшую, чем луга площадь. Они расположены в прирусловой части поймы, на больших островах и высоких гривах центральной поймы. Обширные заболоченные и торфяные понижения притеррасной поймы также бывают покрыты разреженными низкобонитетными лесами.

Луговые экосистемы. Луга - основной тип растительности большинства пойм России. Они представлены как первичными растительными формациями, так и луговыми экосистемами, возникшими после вырубki лесов или усыхания древесных пород вследствие изменения гидрологического режима поймы. Луговая травянистая растительность обладает большой изменчивостью видового состава, связанной с различной продолжительностью затопления поймы в разные годы и рельефом пойменной террасы.

Пойменные луга подразделяются на настоящие, болотистые и торфянистые. Настоящие луга - это луга высокого и среднего уровней по рельефу, которые освобождаются из-под паводковых вод в первую очередь. Приурочены они к широким и узким высоким гривам центральной поймы. Для них характерны хорошо аэрируемые, достаточно дренированные дерново-луговые и луговые суглинистые почвы различной мощности. Поверхность лугов обычно довольно ровная, удобная для заготовки сена машинами. Эти луга представляют лучшие сенокосы поймы.

Настоящие луга обладают достаточным разнообразием и включают как мезофитные злаковые, так и разнотравные формации. Из злаковых формаций наибольшую ценность представляют пырейная, лисохвостовая и костровая, дающие наиболее ценное в кормовом отношении сено. Мелкозлаковые луга - лугомятликовые, болотномятликовые и белополевицевые характерны для более высоких узких грив. Хозяйственная урожайность пырейных формаций 27-30 ц/га сена, костровых и лисохвостовых - 30-35 ц/га сена, лугомятликовых и белополевицевых - 20-25 ц/га сена. Большую ценность для корма скота представляют мышино-горошковые луга с хозяйственной урожайностью 20-22 ц/га сена.

Болотистые луга располагаются на низких и средних уровнях, в межгривных понижениях, где долго застаиваются паводковые воды. Часть площади этих лугов представляют собой покосы второй очереди. Самая распространенная луговая формация - изящноосоковая, дающая около 50 ц/га сена. Почвы луговые и лугово-болотные тяжелосуглинистые. На этих же почвах, но на выровненных понижениях формируются канареечниковые луга. Это типичные долгопоемные луга, обладающие наибольшей травянистой массой - 50-60 ц/га сена. Межгривные и приозерные понижения в центральной пойме нередко заняты лангсдорфевниковыми лугами с участием осоки пузырчатой и осоки изящной. Присутствие осок, образующих кочки высотой 50-60 см, обуславливает сильную неровность поверх-

ности, что является препятствием для заготовки сена на этих лугах. Урожайность лангсдорфовой луговой 18-20 ц/га сена плохого качества.

Болотные экосистемы представлены торфянистыми лугами и распространены в притеррасье на торфяно-глеевых почвах и торфяниках. Доминант - плотнокустовый оксилomezофит - осока дернистая, субдоминантом часто служит осока изящная. Обе осоки образуют высокие кочки до 50-60 см, диаметром 30-40 см. На кочках поселяются гидромезофиты и мезофиты.

Агроэкосистемы пойм. Большинство пойменных почв речных долин обладает высоким плодородием и благоприятным водным режимом для выращивания овощных, кормовых и технических культур.

В истории использования пойм можно выделить два этапа антропогенного воздействия. Первый этап связан со сведением лесов в поймах рек и формированием луговых формаций. Второй этап связан с мощным гидростроительством на реках и распахкой пойменных почв.

С 50-х годов XX века в России началась массовая распахка пойменных земель и замена луговых экосистем на агроэкосистемы. При высокой культуре земледелия в специализированных овощеводческих хозяйствах собирали высокие урожаи овощей – более 500 ц/га, картофеля – 200 - 250 ц/га, корнеплодов – 400 – 600 ц/га, зеленой массы кукурузы - 400 – 500 ц/га.

Интенсивность земледелия на пойменных землях усиливается с севера на юг, от северной тайги к полупустынной зоне. Распаханность пойм и доля полевых и овощных культур в структуре пашни сильно возрастает в южно-таежно-лесной зоне, хотя пониженная теплообеспеченность этих земель остается основным лимитирующим фактором интенсивного земледелия. Пойменные земли здесь пригодны для возделывания среднеспелых и позднеспелых сортов капусты, моркови, столовой свеклы, а на юге таежно-лесной зоны еще и кабачков, зеленных культур. Такие культуры, как томаты, огурцы, лук-репка, на пойменных землях даже юга Нечерноземья обычно дают неустойчивые урожаи.

Капуста, морковь, столовая свекла и другие корнеплоды относятся к холодостойким растениям. Достаточная сумма активных температур для этих культур в южнотаежной зоне обеспечивается в 95% лет. На пойменных землях они дают высокие и стабильные урожаи. Для производства ранних сортов капусты, моркови, столовой свеклы наиболее пригодны прирусловые пойменные земли, более легкие по гранулометрическому составу, раньше освобождающиеся от паводка и лучше прогреваемые.

В одном поле с белокочанной капустой возможно выращивание других представителей семейства капустных: краснокочанной капусты, репы, редьки; с культурами семейства сельдерейных - петрушки, сельдерея; со столовой свеклой - кормовой свеклы. Обязательными культурами овощных севооборотов являются однолетние и многолетние травы. В качестве однолетних трав используются викоовсяные и горохоовсяные смеси. Выбор многолетних трав зависит от продолжительности затопления. Клевер красный, клевер белый, ежа сборная, овсяница красная выдерживают до 10 суток затопления; люцерна, клевер розовый - до 15 суток; тимофеевка луговая, мятлик луговой, овсяница луговая, полевица белая -

до 30 суток; кострец безостый, лисохвост луговой, бекмания обыкновенная - до 45 суток; двукосточник тростниковидный - до 60 суток. Условиям пойменных земель юга Нечерноземья наиболее отвечают 5-8-польные севообороты овощного и овоще-кормового типа, в зоне средней и северной тайги – только овоще-кормового.

На землях длительного затопления рекомендуется вводить севооборот: 1 - однолетние травы с подсевом многолетних, 2-4 - многолетние травы, 5 - капуста на хранение, 6 - капуста килоустойчивая, 7 - морковь, 8 - столовая свекла.

Для центральной и прирусловой поймы за основу следует взять севооборот: 1 - однолетние травы с подсевом многолетних трав, 2-3 - многолетние травы, 4 - капуста на хранение, 5 - капуста килоустойчивая, 6 - морковь, 7 - столовая свекла.

Приведенные выше севообороты могут изменяться введением дополнительно поля однолетних или многолетних трав, раннего картофеля, за исключением полей капусты или столовых корнеплодов.

При наличии земель с пониженным плодородием их следует выделять из севооборота в выводные поля и занимать культурами сплошного сева (многолетними и однолетними злакобобовыми смесями) и по мере их окультуривания включать в активное чередование с овощными культурами.

Оптимальная плотность минеральных почв для овощных культур составляет 1,0-1,2 г/см³; фактическая плотность заметно отклоняется от оптимальной. На границе пахотного и подпахотного слоев из-за многочисленных проходов машинно-тракторных агрегатов образуется плужная подошва, затруднено просачивание поверхностных вод и осадков, начинает формироваться глеевый горизонт с повышенным содержанием закисного железа. Корни растений не могут проникнуть вглубь и располагаются в пахотном слое. Чтобы избежать этого, требуется периодическое применение глубоких обработок почвы.

Интенсивные овощные севообороты без достаточного количества многолетних трав снижают плодородие, идет усиленная деградация почвы, снижение содержания гумуса, накапливаются возбудители болезней и вредители.

Для повышения плодородия почвы раз в ротацию необходимо вносить большие дозы навоза (50-80 т/га) под капусту, а также использовать сидеральные культуры. Положительное действие высоких доз органических удобрений в севообороте сохраняется 3-4 года. Биологическая активность почвы усиливается от применения органических удобрений, но особенно возрастает при заправке сидерата.

При относительно пониженной теплообеспеченности пойменных земель по сравнению с плакорными в Центральном Нечерноземье, в нижнем течении великих сибирских рек, несущих тепло с юга на север, пойменные земли оказываются наиболее обеспеченными теплом и наиболее пригодными для земледелия.

В центральных районах страны пойменные земли конкурируют с черноземами, а в южных районах они отличаются наиболее благоприятными условиями для возделывания сельскохозяйственных культур вплоть до рисосеяния.

Вследствие чрезмерной антропогенной нагрузки и шаблонного использования большая часть пахотных почв пойм имеют все признаки деградации: переуп-

лотнение пахотного и подпахотного горизонтов, обесструктурирование и проявление глыбистости, потеря гумуса, сокращение мощности гумусового горизонта, загрязнение тяжелыми металлами. Миллионы гектаров пойм Волги, Камы, Оби, Енисея находятся в затопленном, подтопленном, заболоченном или осуходоленном состоянии.

Учитывая большое народно-хозяйственное значение и экологическую роль пойменных почв, а также их легкую ранимость, дальнейшее их использование должно базироваться на адаптивных методах, суть которых заключается в максимальном приближении способов мелиорации, систем удобрений, машин, возделываемых культур к почвенно-экологическим условиям поймы.

8.15.5. Засоленные земли

Засоленные почвы представлены двумя типами солончаков (автоморфными и гидроморфными), а также солончаковыми и солончаковыми родами черноземных, каштановых, бурых полупустынных почв, сероземов, а также полугидроморфных и гидроморфных почв. Особая категория засоленных почв представлена солонцами и солонцеватыми почвами, в которых солончаковый процесс сопряжен с солонцовым. Они рассматриваются отдельно в качестве специальных агроэкологических групп. Площадь засоленных почв (помимо солонцовых комплексов) в составе сельскохозяйственных угодий составляет 16,3 млн. га, в том числе в пашне 4,5 млн. га.

Характер и интенсивность использования засоленных почв зависят от климатических и почвенно-мелиоративных условий. В степной зоне глубокосолончаковатые почвы по характеру использования в неорошаемых условиях не отличаются от их типовых аналогов с более глубоким засолением или незасоленных.

На солончаковатых почвах этой зоны и тем более солончаковых требуется дифференцированное размещение культур и агротехника в соответствии с условиями засоления. При подборе культур используют региональные группировки и шкалы солеустойчивости растений.

Большая часть засоленных почв степной зоны, вовлеченных в активный сельскохозяйственный оборот, используется в неорошаемых условиях. Орошение практикуется на более благополучных почвах.

В пустынной и полупустынной зонах и в значительной мере в южной части сухой степи интенсивное земледелие связано в основном с орошением и соответственно с преодолением засоления, поскольку все почвы здесь в той или иной мере засолены или существует опасность засоления в процессе орошения. Освоение солончаковых почв возможно лишь при удалении солей в основном путем промывки. В мелиоративной практике применяются различные ее виды: поверхностная промывка, вымывание солей, сквозная промывка.

При орошении засоленных почв важное значение имеет выбор способов орошения и их комбинаций. Известные способы орошения (поверхностное, дождевание, аэрозольное или мелкодисперсное, внутрпочвенное, субиригация, ка-

пельное) имеют определенные преимущества и недостатки, которые следует учитывать сообразно мелиоративным и климатическим условиям.

При всех видах поверхностного орошения - напуском по полосам, бороздам или затоплением вода движется по поверхности почвы.

Преимущество полива по полосам, применяемого на культурах узкорядного, сплошного сева и при влагозарядковых поливах, заключается в том, что равномерный слой воды, покрывающий поверхность почвы, не вызывает перераспределения солей, их миграции к неполитым участкам поверхности. Недостаток этого способа - коркообразование, разрушение структуры, ирригационная эрозия.

Полив по бороздам, применяемый для орошения пропашных культур, плодовых насаждений и виноградников, наиболее экономичен по сравнению с другими видами поверхностного орошения, поскольку позволяет применять значительно меньшие поливные нормы и не требует больших объемов планировочных работ. Он не вызывает столь интенсивного разрушения структуры почвы, как полив по полосам. Недостаток его - выпотевание солей на гребнях поливной борозды, что приводит к страданию растений, особенно проростков.

Наиболее древний способ орошения - полив затоплением применяют для возделывания культур, устойчивых к затоплению, а также для влагозарядки, промывки почв от солей. Этот способ прост, высокопроизводителен, обеспечивает равномерное покрытие поверхности почвы водой, благодаря чему происходит равномерное оттеснение солей в глубокие слои почвы.

Серьезные его недостатки - высокие поливные нормы, опасность быстрого подъема уровня грунтовых вод, развитие анаэробных процессов, ухудшение физических свойств почв.

Данный способ является основным при возделывании риса. При этом на сильнозасоленных почвах с коэффициентом фильтрации менее 0,5 см/сут. применяется режим укороченного затопления, при котором всходы не затапливают. На почвах с коэффициентом фильтрации более 2 см./сут. практикуют прерывистое затопление с интервалом 5-6 суток.

Большими достоинствами характеризуется способ полива растений с применением механизированных дождевальных агрегатов. При дождевании достигается строго нормированная подача воды, не требуется слишком тщательная планировка поверхности почвы, отпадает необходимость устройства выводных и распределительных борозд, повышается коэффициент земельного использования. Недостатки дождевания: неравномерность полива в ветренную погоду и при повышенных поливных нормах, возникновения стока, эрозии. Дождевание нельзя использовать для влагозарядки и промывки засоленных почв. В сухостепных и аридных районах не обеспечивается глубокое промачивание почвы, возникает необходимость увеличения числа поливов, затрат энергии.

Орошение дождеванием даже при небольшой минерализации воды при частых поливах может вызывать засоление почв. Поэтому в сухостепной и полупустынной зонах дождевание сочетают с поверхностным орошением.

Первое используется для проведения вегетационных и освежительных поливов, второе - для влагозарядковых поливов и промывки почв от водорастворимых солей.

Довольно распространенным видом орошения является так называемая субиригация - регулирование уровня грунтовых вод на мелиоративных системах с помощью шлюзов. Все большее развитие получают аэрозольное, капельное, внутрпочвенное орошение. Последнее, однако, не применимо на засоленных почвах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод.

При капельном орошении также возможно вторичное засоление почвы. Накопление солей происходит по периферии контура увлажнения в результате капиллярного влагопереноса.

Вовлечение засоленных почв в активный сельскохозяйственный оборот путем орошения приводит к сложным их изменениям, которые носят как положительный, так и негативный характер. Общим для всех орошаемых массивов является подъем уровня грунтовых вод. Интенсивность этого процесса зависит от мелиоративных условий, конструкции оросительных систем и характера их эксплуатации. В условиях технически несовершенной водопроводной и распределительной сети при неупорядоченном водопользовании и несоблюдении поливных норм и режимов орошения, скорость подъема уровня грунтовых вод может достигать 1-2 м/год, в то время как при дождевании в условиях закрытой оросительной сети скорость их подъема не превышает 0,2-0,6 м/год.

Вторичное засоление - главная причина неудач при орошении земель в полуаридных и аридных районах земного шара. Оно возникает в результате перемещения к поверхности водорастворимых солей из глубоких слоев почвообразующих и подстилающих пород и грунтовых вод или в результате орошения минерализованными водами. Оно может быть связано и с притоком минерализованных грунтовых вод с вышерасположенных орошаемых массивов.

Угроза вторичного засоления возрастает по мере повышения уровня грунтовых вод и степени их минерализации.

Уровень грунтовых вод, при котором происходит накопление солей в верхних горизонтах почв, приводящее к угнетению и гибели сельскохозяйственных растений, называется критическим.

Этот уровень зависит прежде всего от водоподъемной способности грунтов и изменяется, в зависимости от гранулометрического состава, преимущественно, в пределах 1,5 до 3,5 м. При этом наиболее высокой способностью к капиллярному подъему воды характеризуются средние суглинки, особенно лессы (до 3,5 - 4 м); в тяжелосуглинистых породах она снижается до 2 м, в тяжелоглинистых до 1,5 м, в песчаных и супесчаных до 0,5 - 1,5 м.

Критический уровень грунтовых вод зависит также от их минерализации. Чем она выше, тем с большей глубины грунтовые воды могут вызывать засоление почв.

Опасность вторичного засоления возрастает по мере усиления засушливости климата. По данным Б.А. Зимовца, при глубине грунтовых вод 1,0-1,5 м и минерализации 3-5 г/л ежегодная прибавка солей в верхнем метровом слое южных

черноземов и темно-каштановых почв не превышает 0,03-0,05%, с увеличением минерализации до 7-10 г/л прибавка солей возрастает до 0,07-0,09%.

Для подзоны каштановых и светло-каштановых почв темпы сезонно-годового соленакопления более высокие: при том же уровне и минерализации грунтовых вод они достигают 0,0-0,07%. В то же время в гидроморфных каштановых почвах многолетняя и сезонно-годовая активность соленакопления остается в 2-3 раза ниже активности соленакопления в гидроморфных почвах сероземной зоны, особенно при глубине грунтовых вод 2-3 м.

Если для регулирования солевого режима орошаемых черноземных и каштановых почв в полугидроморфных условиях можно использовать дождевание, то в пустынных условиях оно не обеспечивает оптимизации водно-солевого режима орошаемых почв ни в автоморфных, ни в гидроморфных условиях, особенно при минерализованных грунтовых водах (5-10%). При близком их залегании к поверхности (2-3 м) за вегетационный период в корнеобитаемом слое накапливается свыше 0,3% солей. Для удаления избытка солей требуется дополнительный влагозарядковый полив поверхностным способом.

Относительно слабая активность сезонно-годового соленакопления в корнеобитаемом слое орошаемых почв сухостепной зоны позволяет использовать субиригацию при пресных и слабоминерализованных грунтовых водах и удовлетворительном их оттоке.

При необеспеченном естественном оттоке грунтовых вод оптимизировать водно-солевой режим глубоководных черноземных и каштановых почв в гидроморфных условиях возможно только на основе инженерного дренажа.

В целом критические параметры солевого режима, зависящие от перечисленных факторов, должны устанавливаться для конкретных условий на основе практического опыта.

Реальная опасность вторичного засоления пахотного слоя черноземных, каштановых почв и солонцов существует при очень слабом естественном оттоке минерализованных грунтовых вод (более 5-7 г/л), залегающих на глубине 1,0-1,5 м и выше. Вторичные солончаковые почвы и солончаки формируются прежде всего в богарных вторично гидроморфных условиях, которые наблюдаются на периферии орошаемых массивов, вблизи открытых оросительных каналов, не имеющих защитных средств от инфильтрации.

Солевой режим орошаемых почв в большой мере определяется способами и режимами орошения соответственно глубиной промачивания при орошении. Различают мелкое промачивание - до 0,5 м, среднее промачивание - до 1,0 м и глубокое - более 1,0-1,5 м. При этом глубина промачивания влияет не только на оценку водно-солевого режима корнеобитаемого слоя, но и на гидрогеологическое и геохимическое состояние ландшафта.

При поверхностных способах полива, обеспечивающих, как правило, глубокое промачивание почв, создается промывной режим орошения. В условиях открытой оросительной сети происходят большие потери на инфильтрацию и при отсутствии дренажа наблюдается подъем уровня грунтовых вод и увеличение их минерализации.

На фоне дренажа интенсивный промывной режим орошения приводит к другим неблагоприятным последствиям. Они связаны с большим расходом пресных поливных вод, активизацией процессов миграции солей из древних аккумуляций, законсервированных в глубоких слоях зоны аэрации, поступлением этих солей в общий гидрогеохимический сток, ухудшением качества речной воды в нижних частях бассейнов рек. Промывной режим орошения на фоне интенсивного дренажа нередко приводит к ощелачиванию почв и грунтовых вод за счет десорбции обменных натрия и магния. При промывном водном режиме почти повсеместно наблюдается ухудшение свойств почв, связанных с разрушением и потерей органического вещества, гипса, карбоната кальция, дезагрегацией структуры почв, уплотнением пахотного и подпахотного горизонтов, выносом питательных элементов.

Иначе складывается водно-солевой режим при дождевании из закрытой оросительной сети, при котором почвы промачиваются на глубину не более 0,5-1 м. В результате орошения широкозахватной техникой с поливной нормой не более 350-450 м³/га в глубоководнозасоленных черноземных и темнокаштановых почвах формируется непромывной водный режим, обеспечивающий сохранение природных запасов солей на глубине 2 м и более. Периодически промывной водный режим формируется лишь в лугово-черноземных и лугово-каштановых почвах, расположенных в микропонижениях, через которые осуществляется потускулярное (очаговое) пополнение грунтовых вод.

В совокупности задач, которые приходится решать при эксплуатации ирригационных систем в районах массового орошения все более обостряется проблема утилизации дренажного стока, которая ранее не возникала при локальном орошении. Пока что она остается нерешенной ни в технико-экономическом, ни в экологическом аспектах, хотя разрабатываются различные варианты решений, в том числе: сброс минерализованных вод в местные понижения; отвод их в море; закачка в глубоко залегающие водоносные слои; использование на промывку и освоение солончаковых почв; очистка и опреснение, в том числе на атомных станциях.

Важнейшим условием орошения является оптимальное качество оросительной воды. При оценке пригодности воды для полива учитывается опасность засоления, осолонцевания почв, подщелачивания, загрязнения токсичными веществами.

Успех мелиорации засоленных почв зависит от характера их использования в мелиоративный и последующий периоды. Определяющую роль в данном отношении играет выбор культур и технологий их возделывания. Растения облегчают проведение мелиорации уже на начальном этапе. Реставрация засоления на промывных почвах чаще наблюдается в тех случаях, когда после промывки они остаются неосвоенными. При отсутствии значительного растительного покрова усиливается перенос солей к поверхности промытой почвы. Угроза этих вторичных процессов особенно велика, если в почве сохраняется значительное остаточное засоление. В тех случаях, когда необходимо промыть сильнозасоленную почву, опреснение которой не может быть достигнуто в течение одного промывного се-

зона, применение специальных культур-освоителей особенно важно. При этом, помимо затенения поверхности почвы, существенную роль играет разрыхляющее действие корневой системы, улучшение структуры почвы, фильтрационной способности.

Сильное воздействие на водно-солевой режим и физические свойства почв оказывает культура многолетних трав, особенно люцерны. Она благоприятствует значительному ускорению мелиоративного процесса. Благодаря высокой транспирации ($10000-18000 \text{ м}^3/\text{га}$) на полях с хорошо развитой люцерной в течение вегетационного периода уровень грунтовых вод часто на 70-100 см ниже, чем на соседних полях с пропашными культурами.

В качестве культуры-освоителя на недопромытых почвах нередко используется подсолнечник, обладающий высокой солеустойчивостью. Он развивает большую массу, потому хорошо затеняет поверхность почвы и улучшает ее свойства. При использовании орошаемых засоленных почв следует стремиться к максимальному сокращению периода, в течение которого почва остается без растительного покрова, поэтому там, где невозможно получить два урожая, следует практиковать пожнивные культуры.

Учитывая повышенную уплотняемость почв при орошении, необходимо предусматривать в системе обработки почвы глубокие вспашки и рыхления.

В качестве важного мелиоративного мероприятия, своего рода "биологического дренажа" следует рассматривать посадку двух-трехрядных лесополос вдоль всех постоянных элементов оросительной сети. Лесные насаждения расходуют большое количество грунтовых вод на транспирацию. Один гектар насаждения древесных пород может транспирировать $10000-20000 \text{ м}^3/\text{га}$ грунтовых вод. Лесополосы вдоль оросительных каналов снижают уровень грунтовых вод на 1 м и более, создавая уклон их к каналу. Кроме того, полосные лесонасаждения уменьшают скорость ветра, ослабляют физическое испарение влаги с поверхности почвы, уменьшают сухость воздуха.

Выбор древесных пород производится с учетом степени засоленности почв.

Длительное использование почв в условиях орошения оказывает существенное влияние на их эволюцию и агрономические свойства. В зависимости от исходного состояния почв, режимов орошения и технологий возделывания сельскохозяйственных культур изменяется их мелиоративное состояние.

При орошении черноземных, каштановых и других почв с глубоким засолением в ирригационно-автоморфных условиях с использованием кондиционных оросительных вод в условиях высокой культуры земледелия, применения органических и минеральных удобрений, травосеяния и сидерации существенных изменений в генетических признаках этих почв не происходит. Компенсация недостатка воды и питательных веществ орошением и удобрениями определяет значительное повышение их производительности. Примеры высокоэффективного использования орошаемых почв достаточно многочисленны, особенно в районах с высокой ирригационной культурой населения.

При различных нарушениях ирригационно-агротехнического комплекса в автоморфных почвах происходит снижение содержания гумуса, питательных эле-

ментов (в связи с высоким урожаем и потерями в результате нисходящей миграции), уплотнение почвы, но эти изменения находятся в пределах их генетических характеристик.

Иначе складывается эволюция почв при близких и минерализованных грунтовых водах, а также использовании поливных вод повышенной минерализации. В ирригационно-гидроморфных условиях, не обеспеченных дренажом, в черноземных, каштановых и других почвах формируется новый солевой состав, который отражается не только на родовых, но и типовых признаках. Эти почвы переходят в категорию солонцово-солончаковых. В зависимости от состава и концентрации грунтовых и поливных вод и климатических условий длительность этих преобразований составляет от 2-3 до 8-10 лет.

Сильно снижается производительность почв в результате ощелачивания. В качестве критического уровня, начиная с которого существенно снижается урожайность культур и требуется мелиоративные мероприятия, считается величина общей щелочности 1,4 мг-экв/100г почвы, в том числе токсичной 1,0 мг-экв/100 г.

В условиях щелочной реакции в орошаемых почвах усиливаются потери органического вещества.

При поверхностных способах полива наблюдается заметное повышение плотности почвы. По данным А.Г. Бондарева на почвах каштаново-солонцового комплекса оно прослеживается до глубины 1,0-1,5 м при наибольших изменениях (на 0,2-0,4 г/см³) на глубине 0,3-0,9 м. При орошении дождеванием увеличение плотности почвы отмечено на глубине до 40-60 см. На уплотнение орошаемых почв наряду с физико-химическими процессами сильное влияние оказывает давление ходовых систем сельскохозяйственной техники.

Специфический характер ухудшения почв связан с периодическими переполивом, когда формируется застойно-промывной водный режим с частой сменой аэробных и анаэробных условий. В результате развивающихся элювиально-глеевых процессов происходит вынос оснований, подкисление среды, повышение дисперсности органического вещества, происходит деградация черноземных и каштановых почв.

Особый путь эволюции претерпевают почвы с высоким исходным засолением, особенно солончаки. Под влиянием комплекса ирригационно-агротехнических мероприятий в них формируются новые режимы свойства, постепенно приближающие их к зональным орошаемым почвам. Однако при нарушении мелиоративных режимов происходит довольно быстрая реставрация процессов засоления, особенно в ирригационно-гидроморфных условиях.

Создание оросительных систем на засоленных почвах часто имеет неблагоприятные экологические последствия, связанные с тем, что дренажный сток транспортирует в водоприемник большие количества солей, различных токсичных соединений (остатков пестицидов и их дериватов, тяжелых металлов). Происходит повышение концентрации солей в водах водоисточников, их эвтрофикация.

В связи с этим весьма актуальна проблема сокращения дренажного минерализованного стока с оросительных систем. Она может быть решена прежде всего

путем пересмотра поливных норм, опреснения поверхностных горизонтов способом вымывания, усиления роли биологического дренажа и другими средствами.

8.15.6. Солонцовые земли

В составе сельскохозяйственных угодий России 22,5 млн га почв солонцовых комплексов. Большая их часть вовлечена в активный сельскохозяйственный оборот, в том числе 13 млн га в пашню. В основном они используются с низкой эффективностью, за исключением небольшой их части, подвергнутых мелиоративному улучшению.

Солонцовые земли требуют специфического подхода к их использованию и поэтому еще в период освоения зональных систем земледелия в начале 80-х годов для них разрабатывались специальные системы (74,42). Теперь в зависимости от провинциальных условий лесостепной, степной и полупустынной зон, где располагаются солонцовые комплексы, напрашивается выделение целого ряда экологических групп этих земель, для которых должны быть разработаны адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Для этого, как правило, имеются необходимые научные предпосылки, поскольку в России со времени К.К.Гедройца – основоположника теории происхождения и мелиорации солонцов этой проблеме уделялось большое внимание.

Солонцовые ландшафты характеризуются необычайным многообразием, которое определяется различной структурой почвенного покрова (разным участием солонцов в комплексе), гидрогеологическим режимом, характером и интенсивностью проявления солонцеватости почв, условиями засоления (типом засоления и глубиной залегания солевых горизонтов), строением почвенного профиля (особенно мощностью надсолонцового горизонта), наличием гипса или карбоната кальция в подсолонцовом горизонтах и др.

Для различных категорий солонцов разработаны приемы их улучшения, которые представлены тремя направлениями: химическая мелиорация; самомелиорация за счет внутрипочвенных запасов кальциевых солей; приспособительные приемы улучшения с помощью глубоких безотвальных обработок.

Помимо разных подходов к мелиорации солонцы различаются по характеру их использования: подбору культур, севооборотам, созданию пастбищно-сенокосных угодий, системе обработки почвы, уходу за посевами.

Для подбора культур разработаны соответствующие региональные рекомендации, предложены группировки сельскохозяйственных культур по солеустойчивости и солонцеустойчивости (74).

В зависимости от разнообразия солонцовых земель и уровня интенсификации производства в пределах тех или иных природно-сельскохозяйственных провинций может разрабатываться от одной до нескольких адаптивно-ландшафтных солонцовых систем земледелия. Опыт показывает необходимость выделения в первую очередь агроэкологической группы так называемых малосолонцовых земель с участием солонцов 10 - 25 (30)%, которые имеются в большинстве провинций названных зон. Затем выделяются группы среднесолонцовых земель (комплексы с участием солонцов 25(30) – 50% и многосолонцовых земель (комплексы

с преобладанием солонцов). Если в составе угодий велики площади солонцов и их разнообразие, выделяются особо группы степных и луговых комплексов, а также группы солонцово-солончаковых комплексов. В большинстве случаев, однако, детализация различных категорий солонцов целесообразна на уровне агроэкологических типов земель в пределах агроэкологических групп.

Рассмотрим особенности формирования АЛСЗ для двух наиболее распространенных групп солонцовых земель – малосолонцовых и среднесолонцовых на примере Заволжской и Казахстанской провинций степной зоны.

Группа малосолонцовых земель представлена комплексами черноземов обыкновенных, черноземов южных и лугово-черноземных почв с солонцами степными и лугово-степными 10-25%. Доля этих земель в пашне довольно велика. Они характеризуются пониженной продуктивностью и снижают эффективность использования черноземов вследствие неоднородности почвенного покрова, различных сроков готовности почвы к обработке и посеву, неравномерности созревания посевов, усиления их засоренности из-за нарушения сроков проведения агротехнических мероприятий.

Группа включает следующие агроэкологические типы земель.

1. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые и слабосолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными с содержанием обменного натрия в горизонтах B_1 и B_2 менее 10% от емкости обмена.

Эти черноземно-солонцовые комплексы характеризуются наименьшей контрастностью почвенного покрова, а солонцы, преимущественно остаточные, не требуют специальных мелиораций, хотя хорошо отзываются на мелиоративные обработки. Они могут быть использованы в таких же полевых севооборотах, как и на зональных почвах. Однако вместо пшеницы и кукурузы здесь целесообразно повышать долю зерно-фуражных культур, суданской травы. Целесообразно внесение повышенных доз навоза на пятна солонцов. В системе основной обработки при пересыхании почв более эффективно использование стоек СиБИМЭ вместо плоскорезов-глубококорыхлителей.

2. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые, слабо- и среднесолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными с содержанием обменного натрия в горизонтах B_1 и B_2 10-20% от емкости обмена.

Малонатриевые солонцы, так же как и среднесолонцеватые черноземы и лугово-черноземные почвы характеризуются отчетливо выраженной физической и физико-химической солонцеватостью. Устойчивое эффективное использование этих почв возможно лишь после их мелиорации.

Если пятна солонцов располагаются среди несолонцеватых почв, наиболее рациональный прием мелиорации – выборочное гипсование, особенно при глубоком залегании карбоната кальция и гипса.

На солонцовых комплексах, где фоновая почва характеризуется средней солонцеватостью при близком залегании кальциевых солей наиболее эффективно применение мелиоративной обработки – трехъярусной или плантажной на глубину до 40 см.

В мелиоративный период в этом случае целесообразно возделывание культур, способствующих рассолонцеванию почв, из которых особое положение занимает донник. По прохождении этого периода через 3-4 года использование таких почв возможно в той же системе, что и плакорных, хотя предпочтение должно отдаваться более неприхотливым культурам.

Если мелиорация не проводится, данные земли могут использоваться в пашне с набором солонцеустойчивых культур.

3. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцовые и солонцеватые в комплексе с солонцами степными и лугово-степными с содержанием обменного натрия в горизонтах B_1 и B_2 более 20% от емкости обмена.

Средненатриевые солонцы характеризуются высокой пептизируемостью, крайне неблагоприятными водно-физическими свойствами и образуют мощную корку. Поэтому они отличаются очень угнетенным состоянием растений, а чаще всего выделяются в виде голых пятен. На таких пятнах пробуксовывают движители машин, образуя колеи, залипают рабочие органы почвообрабатывающих орудий.

Мелиоративные приемы здесь те же, что и на солонцах малонатриевых. Отличие заключается в более высоких дозах мелиорантов для выборочной химической мелиорации пятен солонцов. Самомелиорация, т.е. применение трехъярусной или плантажной вспашки на этих солонцах дает высокий и ускоренный эффект при близком залегании гипса. На безгипсовых высококарбонатных солонцах мелиоративный процесс за счет карбоната кальция проявляется значительно медленнее в связи с повышенной щелочностью и соответственно низкой растворимостью $CaCO_3$.

Плантажная и трехъярусная вспашки оказывают эффективное мелиоративное воздействие на солонцеватые черноземы, а также способствуют повышению продуктивности несолоцеватых почв, благодаря улучшению их водно-физических свойств и режима влаги.

После мелиорации данные почвы можно использовать в пашне в той же системе, что и плакорные, при соответствующем подборе культур.

При использовании этих земель в пашне без мелиорации следует ориентироваться не применение солонцеустойчивых культур.

Группа среднесолонцовых земель представлена комплексами черноземов обыкновенных, черноземов южных, лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости и солонцов степных и лугово-степных с участием их 25-50%.

Основное направление использования земель данной группы – производство кормов в сенокосо-пастбищеоборотах и в меньшей степени в полевых севооборотах при возделывании наиболее солонцеустойчивых и солеустойчивых культур.

Значительная часть этих земель может быть улучшена путем мелиорации, часть – за счет приспособительных мероприятий.

Группа объединяет следующие агроэкологические типы земель:

1. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые и слабосолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными, содержащими менее 10% обменного натрия.

Данный тип земель относится к наиболее благополучным в данной группе. Они могут использоваться в пашне в той же системе, что и плакорные земли, но из однолетних культур предпочтительны ячмень, просо, могар, суданская трава, овес. Последний лучше удается на лугово-степных солонцовых комплексах.

Значительное повышение плодородия этих почв при близком залегании кальциевых солей достигается с помощью плантажной и трехъярусной вспашки, после которых практикуется систематическая мелкая плоскорезная обработка.

Существенный мелиоративный эффект дает глубокая вспашка на глубину 30-33 см при вовлечении в пахотный слой близко расположенного карбоната кальция. После этой “полумелиоративной” обработки следует практиковать разноглубинную плоскорезную обработку почвы.

Возможные севообороты на мелиорируемых солонцах: пар – пшеница – ячмень – просо кормовое – ячмень (овес) – многолетние травы; пар – ячмень – суданская трава – ячмень – многолетние травы.

2. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые, слабо- и среднесолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными глубокими, средними и мелкими, содержащими 10-20% обменного натрия в горизонтах B_1 и B_2 с засолением в слое 0-40 см не более среднего.

Продуктивность этих земель ниже, по сравнению с предыдущими. Для эффективного использования их в пашне нужна мелиорация, которая достигается плантажной или трехъярусной вспашкой при наличии гипса или карбонатов кальция в слое выше 40 см или внесением гипса на глубококарбонатных солонцах. При этом на комплексах с участием солонцов 25-50% возможна выборочная мелиорация пятен при умеренной пестроте почвенного покрова.

На солончаковых солонцах в мелиоративный период целесообразно высевать горчицу, донник, при повышенном увлажнении – пырей бескорневищный; на солончаковых солонцах, помимо этих культур – ячмень, овес, кормовое просо, суданскую траву, могар, смеси донника с просом или могом, житняк; при слабом засолении и повышенном увлажнении – костер, люцерну.

Оптимальные севообороты на степных солонцовых комплексах подзоны обыкновенных черноземов: пар – ячмень (овес) – просо с донником – донник – ячмень; на степных солонцах подзоны южных черноземов: пар – ячмень – суданская трава с донником – донник – ячмень.

На лугово-степных солонцах, особенно солончаковых с повышенным засолением, следует увеличивать долю многолетних трав. Возможные севообороты: пар – ячмень (овес) – многолетние травы (3-4 года; пар – просо кормовое с донником – донник – многолетние травы (4-5 лет).

Система обработки почвы в севооборотах плоскорезная с чередованием глубокой обработки (25-27 см) плоскорезом-глубококорыхлителем с мелкой обработкой культиватором-плоскорезом КПП-2,2 (12-14 см). Частота применения глубокой обработки зависит от степени уплотнения почвы.

Использование малонатриевых солонцов без применения мелиорации в полевых севооборотах ограничено. При этом вводятся наиболее солонцеустойчивые культуры, особенно донник, суданская трава, горчица, просо кормовое. В системе обработки почвы преобладает глубокое рыхление предпочтительно стойками СибИМЭ.

Наиболее рациональное использование данных солонцов – создание сенокосно-пастбищеоборотов. Весьма эффективно создание пастбищ с использованием волоснеца ситникового.

Часть солонцов этой категории может быть улучшена “полумелиоративным путем” с помощью вспашки обычными плугами на глубину 30-33 см при вовлечении в пахотный слой карбоната кальция, если он располагается близко к поверхности.

3. Черноземы и лугово-черноземные почвы различной степени солонцеватости в комплексах с солонцами степными и лугово-степными средними и мелкими с содержанием обменного натрия в горизонтах B_1 и B_2 более 20% от емкости обмена и с засолением в слое 0-40 см не более среднего.

Солонцы, входящие в состав данного типа земель, по своим физическим свойствам значительно хуже малонатриевых из-за высокой степени пептизированности под влиянием повышенных количеств обменного натрия. При извлечении на поверхность солонцовых горизонтов образуется мощная, плотная корка, под которой погибает большая часть проростков. После обычной распашки комплексов такие солонцы выделяются в виде голых пятен.

Использование данных земель в пашне без мелиорации нецелесообразно.

Имеется положительный опыт освоения средненатриевых лугово-степных солонцов под сенокосно-пастбищные угодья с помощью безотвальной обработки стойками СибИМЭ в тех случаях, когда на поверхность не извлечен солонцовый горизонт.

Эффективное использование данных земель достигается на фоне мелиорации, которая осуществляется трехъярусной или плантажной вспашкой при близком расположении гипса (выше 40 см) или гипсованием при глубоком его залегании.

Трехъярусная вспашка предпочтительнее на почвах с пониженным содержанием гумуса (менее 1,5-2% в слое 0-40 см) или резким снижением его содержания с глубиной.

Система мероприятий по использованию земель данного экологического типа после мелиоративных обработок и гипсования такая же, как и земель предыдущего типа.

4. Комплексы лугово-черноземных и луговых солонцеватых почв с солонцами лугово-степными и луговыми средними и мелкими средnezасоленными.

Главным лимитирующим фактором продуктивности солонцов, входящих в этот тип земель является активная физико-химическая солонцеватость, которая поддерживается близким залеганием солей и минерализованных грунтовых вод. Возможности химической мелиорации и самомелиорации таких солонцов ограни-

чены в связи с наличием условий для восстановления и поддержания солонцеватости почв.

Тем не менее улучшение кормовых угодий на таких землях с помощью приспособительных мероприятий дает существенный эффект, благодаря значительной их обводненности вследствие дополнительного поверхностного и грунтового увлажнения. При этом важно не допускать извлечения на поверхность солонцового горизонта.

Главным приемом освоения и использования данных земель является безотвальная обработка рыхлителем РС-1,5 или РСН-2,9 на глубину 30-35 см с предварительной разделкой дернины дисковыми орудиями, фрезами или плугами. На следующий год после подъема целины высеваются многолетние травы, преимущественно пырей, волоснец ситниковый, при слабом засолении – костер, люцерна.

В особую агроэкологическую группу земель выделяются:

- луговые солонцово-солончаковые комплексы, включающие солонцы луговые сильнозасоленные, солонцы-солончаки и луговые солонцеватые солончаковые почвы;
- корковые солонцы и их комплексы;
- солонцы в комплексе с малонатриевыми щебнистыми почвами.

Эти земли в ближайшей перспективе нецелесообразно использовать в сельскохозяйственных целях. В крайнем случае возможно весьма умеренное пастбищное использование.

Из всего сказанного со всей очевидностью вытекает необходимость комплексного решения задач по мелиорации и использованию солонцов в рамках определенной адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Мелиоративный эффект гипсования, трехъярусной или плантажной вспашки зависит от характера использования солонцов в мелиоративный период. Например, многолетние травы, посеянные после мелиоративной обработки степных и лугово-степных солонцов, пересушивая почву, сдерживают мелиоративный процесс в неорошаемых условиях, поскольку замедляются обменные реакции натрия ППК и кальция мелиорантов и удаление продуктов реакции за пределы пахотного слоя. В паровых полях, под однолетними культурами, наоборот, мелиоративный процесс ускоряется. В то же время чистый пар должен быть совершенно исключен на солонцах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, здесь предпочтительны многолетние травы.

8.15.7. Мерзлотные земли

Задача конструирования агроландшафтов и адаптивно-функционального встраивания их в природные ландшафты приобретает особое значение в районах Севера, отличающихся необычайной пестротой природных условий. Структура почвенного покрова при всей неоднородности ее в таежно-лесной зоне еще более усложняется к северу северотаежной зоны.

Главными факторами продвижения земледелия на север являются низкая теплообеспеченность, позднее и неглубокое прогревание почв в период вегета-

ции, высокая их заболоченность и кислотность. В северной тайге уже все почвы переувлажнены, в том числе зональные – глееподзолистые.

Значительная часть северной территории лежит в области мерзлотных и длительно-сезонномерзлотных почв, водный режим которых в период вегетации зависит от предыдущих зим (криогенеза).

При всей суровости природы Севера есть в ней и благоприятные для земледелия уникальные особенности. Прозрачность атмосферы вследствие низкого содержания водяных паров и пыли и продолжительность светового дня, переходящего в полярный день, способствуют повышению продуктивности фитоценозов, проявлению гигантизма трав. Благодаря такой освещенности и смягчению суточных колебаний температур на Севере удавалось получать хорошие урожаи сельскохозяйственных растений. Опираясь на исторический опыт, Н.И.Вавилов, Д.Н.Прянишников и другие ученые обосновали целесообразность "осеверения" отечественного земледелия. К сожалению, возобладала экспансия земледелия в засушливые районы, в том числе полупустынные. Если бы инвестиции направлялись на интенсификацию оазисного земледелия в аридных и полуаридных районах и локального земледелия в наиболее благоприятных местах таежной зоны, удалось бы избежать известных экологических эксцессов и добиться лучших экономических результатов в той и другой зонах.

В последние годы взят курс на свертывание сельскохозяйственного производства на Севере. Заброшены значительные площади освоенных земель, которые зарастают лесом и превращаются в исходное состояние. Все это в ближайшей перспективе предстоит восстанавливать.

По мере продвижения земледелия к его северным границам усиливается значение адаптационного подхода как в отношении подбора приспособленных к местным условиям культур и сортов, так и дифференциации их размещения в соответствии с разнообразными геоморфологическими, почвенными, микроклиматическими и другими условиями. Известно, что культурные растения становятся особенно чувствительными к локальным условиям среды у биологических границ своего ареала. Поэтому степень защищенности участка от ветра, экспозиция склона, свойства почвы оказываются важными факторами, усиливающими или ослабляющими действие температурного стресса. Особое значение имеет выявление местоположений с относительно благоприятными микроклиматическими условиями в районах Крайнего Севера. К таковым относятся защищенные от холодных северных ветров береговые склоны южной экспозиции с повышенной инсоляцией, закрытые от холодных ветров, хорошо инсолируемые долины. Исторический опыт такого рода ландшафтной адаптации земледелия богат, особенно в европейской части страны.

Чем ближе к северной границе земледелия, тем в большей мере оно приобретает "островной" характер. Это связано не только с трудностью выбора наиболее благополучных земель, но и необходимостью тепловой защиты. Дело в том, что леса, реки, болота, водоемы играют важную теплоохранную роль по отношению к почвенному покрову. В условиях севера мерзлота на пашне сохраняется на гораздо дольше, чем под лесом. Поэтому создание крупных безлесных массивов

приводит к снижению мощности снежного покрова и уменьшению его теплозащитной роли. В результате промерзание почв резко усиливается, а тепловые ресурсы вегетационного периода снижаются. Известно также, что сельскохозяйственное освоение кустарниковых тундр нередко сопровождается понижением среднегодовых температур почв, а значит, и тепловых ресурсов вегетационного периода.

Особое значение в земледелии Севера имеют долины рек, которые нередко называют тепловыми артериями или сравнивают с "отопительными системами". Сельскохозяйственное производство в направлении с юга на север вытесняется сначала с междуречий на приречья, а затем с приречий в долины, а еще северней локализуется в основном в поймах. Долинные и придолинные земли, где негативное влияние криогенеза смягчается отепляющим речным стоком с южных территорий на север, а плодородие почв поддерживается за счет наилка, традиционно рассматриваются в сельском хозяйстве Севера в качестве "золотого земельного фонда". Именно по долинам рек шло сельскохозяйственное освоение Севера. Долины таких крупных рек, как Северная Двина, Печора и низовья их основных притоков традиционно использовались как естественные заливные луга высокого качества, дающие до 2 – 3 т/га высококачественного сена. Долины рек, особенно поймы с аллювиальными почвами, являются своеобразными теплыми оазисами среди холодных лесоболотных ландшафтов междуречий. Однако эти оазисы крайне неустойчивы к антропогенным воздействиям.

Специфическая особенность северных биогеоценозов – высокая ранимость, следствием чего являются антропогенное заболачивание, омерзлочивание (криотизация), деградация растительного и почвенного покрова. Здесь резко повышается опасность уплотнения почв тяжелой техникой. Орошение и осушение почв в условиях Севера требуют особой гибкости и осторожности, поскольку в условиях дефицита тепла при резких изменениях теплоемкости и теплопроводности почв усиливается температурный стресс.

При осушении болот и лугов в поймах важно сохранять режим их поемности. Одновременно особое влияние следует уделять сохранению верховых болот, отдельных лесных массивов, озер, малых рек, создавая для этого заказники, заповедники, предусматривая водоохранные зоны.

При выборе рационального способа осушения, как любого другого мелиоративного мероприятия, должны рассматриваться все возможные альтернативные варианты. При мелиорации пойменных земель таковыми могут быть: отказ от осушения в пользу биологической мелиорации путем выращивания влагоустойчивых многолетних трав; применение выборочного осушения с агромелиоративными мероприятиями; устройство польдерных систем с частичным или полным обваловыванием.

Развивая в перспективе осушительные мелиорации, без которых у северного земледелия не может быть большого будущего, необходимо увязывать их со всеми другими мелиоративными, культуртехническими и агротехническими мероприятиями, вписывая их в адаптивно-ландшафтные системы земледелия. При этом особую роль всегда будут играть тепловые мелиорации, позволяющие удли-

нить теплый период и сократить потери сельскохозяйственной продукции от заморозков. В качестве таковых особенно важны мероприятия по снегозадержанию с помощью лесных и кустарниковых полос, защищающих поля также от холодных ветров. Большое значение для улучшения теплового режима имеет пескование и глинование торфяных болотных осушенных почв.

Уменьшает потери тепла глубокое осеннее рыхление почвы вместо обычной отвальной зяби. Удлинению вегетационного периода способствует искусственное сведение снега весной.

Следует иметь в виду, что систематическое применение тепломелиораций может сдвинуть теплообмен в почве в благоприятную сторону в многолетнем аспекте.

В условиях сложного рельефа при организации полей на теплых склонах, где возрастает опасность эрозии, особенно на мерзлотных почвах, размеры и конфигурация участков, вписываемых в лесные массивы, должны лимитироваться длиной эрозионного разбега.

Проблема земледельческого освоения и использования северных территорий осложняется в восточном направлении.

Перед приполярным земледелием Сибири по сравнению с европейским Севером возникает дополнительно ряд проблем. Если нижнее течение Оби от Ханты-Мансийска до Салехарда в основном укладывается в параметры приполярного земледелия Восточной Европы (короче вегетационный период), то уже начиная со Средней Сибири приходится сталкиваться с трудностями, обусловленными вечной мерзлотой. В центральной Сибири вечная мерзлота захватывает Туруханский край, а в Забайкалье спускается до 52-53 градуса северной широты, смыкаясь с сухими степями. Как правило, такие земли для возделывания обычных сельскохозяйственных культур без коренной мелиорации их свойств непригодны.

Наиболее благоприятны для сельскохозяйственного использования долины великих сибирских рек, где радиационный баланс существенно пополняется конвекционным теплом, принесенным водами с юга. По днищу долин, как правило, формируются сезонно-мерзлотные почвы, наилучшие для сельскохозяйственного использования (луговые, лугово-болотные, лугово-глеевые) с оттаивающим за лето корнеобитаемым слоем. На них обычно произрастает пышная луговая растительность. Сенокосо-пастбищное использование пойменных лугов сложилось издревле.

Для переувлажненных пойменных почв интенсивное пастбищное использование недопустимо, поскольку быстро вызывает переуплотнение и заболачивание. Приоритетно сенокосное использование с применением экологически обусловленной техники. Создание продуктивных сенокосов сопряжено здесь с применением удобрений, в первую очередь азотных. Однако использование их должно быть достаточно точным, чтобы исключить попадание в речную воду. Наилучшими земельными ресурсами для земледелия на мерзлотных почвах обладает Якутия. В юго-западной части в условиях засушливого климата сформировались вторичные степи с черноземовидными почвами, характеризующимися значительными запасами гумуса и биогенных элементов, однако степень их пригодности

для сельскохозяйственного использования понижена из-за неблагоприятного температурного режима. Максимальная глубина оттаивания, достигаемая в начале августа, составляет 1.5 – 2 метра. Тем не менее, на этих почвах можно возделывать большинство сельскохозяйственных культур умеренного пояса, кроме просовидных. Особенно неплохо удаются посевы, обращенные уклоном на юг (левобережье), где тепла может быть на 10-12% больше, чем на плоских территориях. Здесь вполне возможны зернопаровые и зернотравяные севообороты с короткой ротацией. По мере приближения к Якутску может возрастать доля трав, картофеля и овощей. Наиболее опасны состояния пашни весной, когда после глубокого ночного вымораживания под солнечными лучами происходит растаивание поверхностного надмерзлотного слоя. В этом состоянии почвы легко поддаются размыванию.

Необходимо дальнейшее повышение степени почвозащитности механических обработок. Должны быть исследованы возможности применения прямого посева, особенно на теплых быстропрогреваемых склонах. Хотя оставление стерни существенно отодвигает, иногда на неделю, время посева, но степень устойчивости почвы к ветровой эрозии значительно повышается, а применение необходимых удобрений позволяет снять дефицит питания. Гораздо шире следует практиковать контурную организацию территории и применение рыхлящих орудий типа стоек СибИМЭ, чизелей.

Другим ареалом приполярного земледелия Сибири является Магаданско-Колымский район. Приохотская территория этого района представлена сезонно-мерзлотными таежными почвами. Долина Колымы характеризуется классически мерзлотными почвами со всеми вытекающими проблемами. В отличие от большинства пахотных почв Якутии эти почвы весьма неустойчивы к размыванию, требуют устранения повышенной кислотности, бедны подвижными элементами питания. Возделываются здесь в основном картофель, овощи и, по возможности, корма для небольшого поголовья скота. В основе технологий здесь лежит система отвальных обработок с заправкой повышенных доз органических и минеральных удобрений.

Необходимо иметь в виду, что при сведении лесов под пашню на подзолистых почвах речных террас, характеризующихся легким гранулометрическим составом, низким содержанием гумуса, повышенной кислотностью, резко снижается устойчивость их к эрозии. Известны факты катастрофической эрозии на месте сведенных лесов долины реки Кичеры (г. Северобайкальск – долина верхней Ангара), где на склоне до трех градусов в результате прохождения циклона смылся значительный слой почвы (в местах водотоков на глубину до метра, до каменистых коренных пород).

При вовлечении земель под пашню, особенно в Восточной Сибири, следует соблюдать крайнюю осторожность. Необходим тщательный геологический анализ возможных рабочих участков на наличие линз льда в толщах, подстилающих почвы. Если таковые имеются, то работа по вовлечению участков в пашню представляется бесперспективной. Термокарст, вызванный таянием ледниковых линз (а под пашней оттаивание на порядок сильнее) в состоянии полностью уничтожить

поверхность рабочих участков, превратив ее в непрерывное чередование провалов и осыпей.

В целом организация земледелия в сложнейших агроэкологических условиях приполярья допустима лишь на основе проектов адаптивно-ландшафтного земледелия, усиленных экологическими экспертизами.

8.15.8. Особенности земледелия на сельскохозяйственных территориях загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами

Организация земледелия на сельскохозяйственных территориях, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами направлена на получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим и другим нормативам, а также на предотвращение распространения загрязнения, его уменьшение или ликвидацию.

Предотвращение загрязнения в результате хозяйственной деятельности обеспечивается соблюдением требований агротехнологий (жесткое нормирование применения минеральных удобрений, средств защиты растений, и т.д.), нормативной системой организационно-территориальных мероприятий при размещении животноводческих ферм, производственных центров, хранилищ минеральных удобрений, складов ГСМ и т.д., проектированием специальных природоохранных инженерных сооружений и других мероприятий.

Ликвидация загрязнения обеспечивается культуртехническими мероприятиями (землевание, утилизация загрязнителей и т.п.), специальными агротехническими приемами, обеспечивающими регулирование соотношения биогенных элементов в почве, подвижность и трансформацию загрязнителей, использованием природных сорбентов органического происхождения, а также применением методов фитосанации почв и других мероприятий.

Основными документами, регламентирующими ведение сельскохозяйственного производства в условиях загрязнения, являются: нормы радиационной безопасности (НРБ-99), гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01), критерии оценки экологической обстановки территорий для выделения зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия.

Для обеспечения действия нормативно-правовых документов, регламентирующих безопасность населения, хозяйственную деятельность на загрязненных территориях, необходимо оценить уровни загрязнения почвенной, водной и воздушной среды, а также производимой продукции растениеводства с целью определения перечня специальных мероприятий, позволяющих получить продукцию удовлетворяющую нормативам и обеспечить возможное предотвращение и ликвидацию загрязнения используемой сельскохозяйственной территории.

Основными факторами, определяющими особенности землеустройства загрязненных территорий, являются: характер территориального распространения различных видов загрязнителей в почвенном покрове, состав и уровень содержания различных загрязнителей в почвенной среде.

К почвенным факторам, влияющим на поступление радионуклидов и тяже-

лых металлов в сельскохозяйственные культуры и далее в продукцию растениеводства и животноводства, относятся: гранулометрический состав почв, кислотность, содержание органического вещества и катионно-обменная способность почв. В свою очередь сельскохозяйственные культуры обладают индивидуальными особенностями интенсивности поглощения загрязнителей и их концентрации в различных частях растительных организмов. Тем самым определяется структура посевных площадей, выбор полей и производственных участков при проектировании систем земледелия.

8.15.8.1. Принципы организации земледелия на сельскохозяйственных территориях загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами

При организации земледелия на загрязненных территориях применяются специальные организационно-территориальные, агротехнические и агрохимические мероприятия.

Организационно-территориальные мероприятия. Эти мероприятия включают:

- почвенное обследование сельскохозяйственных угодий и составление карт содержания (плотности) загрязнения почв каждым из выявленных загрязнителей;
- обследование растительного покрова и составление карт содержания выявленных видов загрязнителей в растениях;
- зонирование почвенного покрова сельскохозяйственных угодий по плотности (уровню) загрязнения;
- прогнозирование загрязнения сельскохозяйственных культур в зависимости от свойств почв;
- формирование специальных производственных участков на пашне и их инвентаризация, включающая следующие основные данные: плотность загрязнения почв различными видами загрязнителей; площадь; тип почвы, её агрохимические свойства, гранулометрический состав; прогнозируемые уровни загрязнения различных сельскохозяйственных культур;
- формирование кормовых участков и их инвентаризация, включающая следующие основные данные: плотность загрязнения почв различными видами загрязнителей; тип угодья; площадь; тип почвы, агрохимические свойства; характер травостоя (кормовая ценность и урожайность); прогнозируемые уровни загрязнения травостоя, культуртехническое состояние участка;
- составление сводных экологических паспортов на сельскохозяйственное предприятие (паспортов загрязнения территории), на сельскохозяйственные угодья по видам использования (сенокосообороты, пастбищеобороты, севообороты и отдельные внесевооборотные и кормовые участки);
- проектирование севооборотов, пастбищеоборотов и сенокосооборотов на загрязненных сельскохозяйственных угодьях.

Проектирование севооборотов и организации их территории является основной стадией организации земледелия на загрязненных территориях. На этой стадии

необходимо учитывать все факторы, которые определяют специфику ведения производства: пространственное размещение загрязнителей, уровень (плотность) загрязнения почв, особенности накопления загрязнителей различными культурами, технологии возделывания культур и т.п.

Основной задачей проектирования севооборотов является такой выбор территории для возделывания различных сельскохозяйственных культур, который обеспечил бы наиболее рациональное их размещение с точки зрения возможности получения продукции, соответствующей определенным санитарно-гигиеническим нормативам дальнейшего ее использования.

Прогноз возможного загрязнения сельскохозяйственных культур уже на стадии проектирования севооборотов, позволяет определить, на какие цели может быть использована производимая продукция (продовольственные, кормовые, семена, техническую переработку).

Формирование адаптированных к загрязнению почвенной среды севооборотов основано на подборе сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение продукции растениеводства, отвечающей требованиям их последующего хозяйственного использования.

Территориальный характер размещения загрязнителей в почве, их плотность и площадь загрязненных территорий, определяют проектируемую структуру посевных площадей и специализацию хозяйства. В связи с многофакторностью решения данной задачи во ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии разработана система поддержки принятия решений FORCON, которая позволяет обосновать оптимальную структуру землепользования в отдельном хозяйстве при неравномерном загрязнении сельскохозяйственных угодий и разнообразии характеристик почвенного покрова.

Прогнозирование накопления загрязнителей в сельскохозяйственной продукции. При организации земледелия на загрязненных территориях на базе информации о плотности загрязнения почв прогнозируются возможные уровни содержания радионуклидов в сельскохозяйственных растениях. Для этого могут использоваться рекомендованные значения коэффициентов накопления (или перехода) радионуклидов в растения из почв различных типов или эта информация может быть получена для каждого конкретного хозяйства (таблица 8.110).

8.110. Средние значения коэффициентов перехода ^{90}Sr и ^{137}Cs (Бк/кг)/(кБк/м²) для различных типов почв и видов сельскохозяйственных культур (175)

Культура	Дерново-подзолистые			Серые лесные	Чернозем	Торфяные
	песчаные и супесчаные	легко- и среднесуглинистые	тяжелосуглинистые			
Зерновые, зерно	0,3/3,0	0,09/1,8	0,04/0,6	0,05/1,1	0,03/0,2	0,3/-
Картофель, клубни	0,3/2,6	0,15/1,7	0,08/0,8	0,08/1,0	0,05/0,1	0,7/-
Свекла столовая, корнеплоды	0,5/6,0	0,4/3,0	0,2/1,6	0,15/2,0	0,1/0,3	0,25/-
Сеяные многолетние травы (злаковые)	6,0/-	3,0/-	1,0/-	1,0/-	1,0/-	4,5/-

* - в числителе приведены значения КП для ^{137}Cs , а в знаменателе - для ^{90}Sr

Для тяжелых металлов могут быть использованы уравнения зависимостей между количеством тяжелых металлов в растениях, кислотностью почв и содержанием их подвижных соединений в почве (таблицы 8.111, 8.112), а также данные, определяющие зависимость накопления тяжелых металлов в различных частях растений от их физиологических особенностей (таблицы 8.113, 8.114,). Указанные данные которые могут быть получены для каждого конкретного хозяйства.

8.111. Зависимости содержания тяжелых металлов в растениях от их наличия в подвижных соединениях почвы, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4.8 (140)

Элемент	Почвы	Ячмень	Вика
Кадмий	Дерново–подзолистые слабокультуренные	$y = 3,29 + 0,74 x$	$y = - 0,049 + 1,85 x$
	Дерново–подзолистые среднекультуренные	$y = 5,17 + 0,74 x$	$y = 5,21 + 1,20 x$
	Чернозем типичный	$y = 3,87 + 1,04 x$	$y = - 0,34 + 1,50 x$
Свинец	Дерново–подзолистые слабокультуренные	$y = 5,7 + 0,003 x$	$y = 3,4 + 0,17 x$
	Дерново–подзолистые среднекультуренные	$y = 2,6 + 0,010 x$	$y = 2,7 + 0,06 x$
	Чернозем типичный	$y = 2,2 + 0,010 x$	$y = - 0,3 + 0,06 x$

8.112. Зависимость содержания кадмия, свинца и цинка в корнеплодах свеклы от их концентрации в почве и pH (мг/кг сухой биомассы) (140)

Элемент	Функциональная зависимость	Коэффициент корреляции
Кадмий	$y = 1,31 + 1,62 x_{Cd} - 0,16 x_{pH} - 0,223 x_{Cd} x_{pH}$	0,83
Свинец	$y = 1,05 + 0,116 x_{Pb} - 0,0158 x_{Pb} x_{pH}$	0,87
Цинк	$y = 18,6 + 1,191 x_{Zn} - 0,1700 x_{Zn} x_{pH}$	0,88

Примечание: x_{pH} - кислотность почвы,

x_{Cd} x_{Pb} x_{Zn} - содержание в почве кадмия, свинца и цинка

8.113. Накопление тяжелых металлов в соломе растений в зависимости от их содержания в почве и физиологических особенностей растений (224)

Доза Cd в почве, мг/кг	Содержание кадмия в соломе растений, мг/кг сухого вещества				Доза Pb в почве, мг/кг	Содержание свинца в соломе растений, мг/кг сухого вещества			
	Ячмень	Овес	Вика	Люпин		Ячмень	Овес	Вика	Люпин
Дерново-подзолистая слабокультуренная почва									
0	0,40	0,62	1,05	0,80	0	0,9	0,8	2,0	1,8
2,5	1,51	2,03	4,12	5,01	125	8,9	7,6	14,8	15,0
5	6,12	5,80	7,66	6,34	250	15,1	17,0	24,8	20,8
10	11,82	13,21	15,80	14,60	500	16,6	19,9	52,4	44,6
20	23,80	30,63	35,21	38,03	1000	22,5	22,0	-	-
50	37,70	40,20	-*	-	2000	46,1	43,3	-	-
100	55,87	80,40	-	-					
Дерново-подзолистая хорошокультуренная почва									
0	0,42	0,40	0,80	0,50	0	0,4	0,7	1,8	1,0
10	10,30	9,91	13,22	10,13	125	2,2	3,4	6,1	5,8
20	20,20	21,72	30,14	30,09	250	5,0	13,5	9,6	10,6
50	36,08	40,00	48,01	50,87	500	6,3	16,1	15,8	14,0
10	56,61	68,20	-	-	1000	10,1	24,1	34,0	32,1
					2000	12,6	36,8	-	-
Чернозем типичный									
0	0,10	0,23	0,41	0,21	0	0,9	0,5	1,0	0,7
10	9,82	9,71	6,50	8,17	500	5,1	11,0	10,0	9,8
50	34,20	42,44	34,04	30,00	1000	8,2	14,1	19,3	17,6

100	49,00	52,15	65,86	72,49	2000	10,5	29,0	33,8	35,8
-----	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------

Примечание: -* гибель растений.

8.114. Накопление тяжелых металлов в плодах растений в зависимости от их содержания в почве и физиологических особенностей растений (224)

Доза Cd в поч- ве, мг/кг	Содержание, мг/кг сух. вещ.		Доза Pb в поч- ве мг/кг	Содержание, мг/кг сух. вещ. ,		Доза Cu в поч- ве мг/кг	Содержание, мг/кг сух. вещ. ,		Доза Zn в почве мг/кг	Содержание, мг/кг сух. вещ.	
	Яч- мень (зерно)	Редис (корне- плоды)		Яч- мень (зерно)	Редис (корне- плоды)		Яч- мень (зерно)	Редис (корне- плоды)		Яч- мень (зерно)	Редис (корне- плоды)
Дерново-поздзолистая слабоокультуренная почва											
0	0,05	0,08	0	0,08	0,9	0	4,8	3,2	0	28,5	50,7
1	0,21	0,80	60	0,27	3,5	60	-	-	125	44,6	76,2
5	0,84	1,00	125	0,48	6,8	125	-	-	250	-	-
10	1,70	1,42	250	0,92	12,1	250	-	-	500	-	-
20	-	2,11	500	-	20,0	500	-	-	1000	-	-
Дерново-поздзолистая среднеокультуренная почва											
0	0,03	1,10	0	0,10	2,1	0	5,2	3,4	0	30,6	43,7
1	0,20	0,62	60	0,35	3,0	60	-	6,0	125	42,0	80,6
5	0,76	1,00	125	0,45	6,1	125	-	-	250	60,0	-
10	1,50	1,20	250	0,80	12,2	250	-	-	500	-	-
20	3,05	2,10	500	1,39	17,4	500	-	-	1000	-	-
Дерново-поздзолистая хорошоокультуренная почва											
0	0,05	0,12	0	0,07	2,0	0	5,5	3,8	0	25,9	51,4
1	0,17	0,54	60	0,25	2,8	60	7,0	6,2	125	40,7	82,9
5	0,44	0,80	125	0,50	5,3	125	12,3	13,1	250	52,4	144,2
10	1,12	0,98	250	0,82	10,0	250	20,9	20,9	500	88,0	213,1
20	2,80	1,40	500	1,10	14,7	500	-	32,4	1000	130,6	320,3

Агротехнические и агрохимические мероприятия по снижению накопления радионуклидов и тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции.

При ведении земледелия на загрязненных территориях технологии возделывания сельскохозяйственных культур направлены на изменение свойств почвы, уменьшение подвижности загрязнителей в почве и изменение распределения их по профилю (таблицы 8.115, 8.116.).

8.115. Эффективность агротехнических и агрохимических защитных приемов по снижению накопления радионуклидов в продукции растениеводства

Мероприятие	Кратность снижение накопления радионуклидов, раз
Вспашка	1,5-2,5
Вспашка с оборотом пласта	5-10
Известкование	1,5-2,0
Внесение повышенных доз фосфорно-калийных удобрений	1,5-2,0
Внесение органических удобрений	1,5-2,5
Комплексное применение агроメリорантов	5,0
Подбор видов и сортов культур с минимальными уровнями накопления радионуклидов	1,5-15,0

8.116. Эффективность защитных мероприятий на сенокосах и пастбищах

Вид мероприятий	Кратность снижения содержания радионуклидов в травостое, раз
Удаление верхнего загрязненного слоя почвы	5-15
Стандартная вспашка	1,8-3,2
Вспашка с оборотом пласта	2,0-6,0
Глубокая вспашка	8-16
Дискование и фрезерование	1,2-1,8
Коренное улучшение	2,7-6,2
Поверхностное улучшение	1,6-2,9
Осушение	2,8
Осушение+поверхностное улучшение	2,5-5,5
Осушение+ коренное улучшение	3-10
Подбор травосмесей	1,5-5,0

Система агротехнических и агрохимических приемов, гарантирующая получение продукции с минимальным содержанием радионуклидов, предусматривает:

- специальную обработку почв;
- осушение заболоченных участков;
- известкование кислых почв;
- внесение повышенных доз фосфорных (1,5-2Р) и калийных (1,5-2К) удобрений по сравнению с рекомендованными дозами для данной зоны;
- внесение органических удобрений в дозе 40 т/га и выше;
- комплексное внесение различных видов органических и минеральных удобрений в полях севооборотов;
- подбор видов и сортов сельскохозяйственных культур.

Аналогичные приемы используются на почвах, загрязненных тяжелыми металлами.

Основным приемом снижения подвижности большинства тяжелых металлов в кислых почвах является известкование. Рекомендуются вносить дозы известковых удобрений, обеспечивающие доведение рН почвы до уровня 6,5-6,7 (таблица 8.117). На торфяно-болотных почвах дозы CaCO_3 рассчитываются с целью доведения реакции среды до рН 5,5. В условиях Центрального черноземного района целесообразно применять дозы, соответствующие двойной гидролитической кислотности. Наиболее приемлемым известковым удобрением является стандартная мука по ГОСТу Р50261-92. Эффективно послойное внесение мелиоранта: половину дозы под плуг, половину под культиватор на глубину 8-10 см.

Лучшей формой органических удобрений на загрязненных тяжелыми металлами почвах являются торфокомпосты. Органические удобрения применяются в максимально возможных дозах с учетом потребности культур в азоте и содержания его в корнеобитаемом слое почвы. Фосфорные удобрения также существенно снижают подвижность тяжелых металлов, их применение оправдано только на

почвах с содержанием подвижных соединений фосфора ниже оптимального уровня для культур севооборота. Фосфоритная мука применяется на почвах с pH 5,8 и ниже. Дозы ее должны составлять 300-500 мг/кг P_2O_5 , а суперфосфата – 120-150 P_2O_5 . Значительный эффект дает комплексное применение удобрений и известкования (таблица 8.118).

8.117. Рекомендуемые дозы $CaCO_3$ для снижения подвижности тяжелых металлов в почве (для дерново-подзолистых и лесных почв), т/га (148)

Почвы	pH _{KCL} (для почв с содержанием гумуса до 3%)									
	4,5-4,6	4,7-4,8	4,9-5,0	5,1-5,2	5,3-5,4	5,5-5,6	5,7-5,8	5,9-6,0	6,1-6,2	6,3-6,4
Песчаные	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Супесчаные	14	13	12	11	10	8	6,5	5,5	4,5	3,5
Легкосуглинистые	16	15	14	13	11	9	7	5,5	5	4
Среднесуглинистые	18	17	16	14	12	10	8	6,0	5,5	4,5
Тяжелосуглинистые	20	19	17	15	13	11	9	7	6	5
Глинистые	22	20	18	16	14	12	10	8	6,5	5,5

8.118. Влияние известкования и удобрений на урожай, качество клубней картофеля и содержания в них тяжелых металлов (148)

Варианты	Урожай ц/га	Прибав- ка, ц/га	Сухое ве- щество, %	Крах- мал, %	Содержание ТМ в клубнях, мг./кг			
					Ni	Zn	Pb	Cd
Абсолютный контроль	102		16,5	14,2	0,37	5,04	0,27	0,04
$N_{60}H_{60}K_{60}$ +фон	99	-3	18,0	14,9	1,05	6,67	0,26	0,05
Известь + ТМ	96	-6	17,0	15,8	1,14	9,68	0,25	0,04
Навоз 100 т/га +ТМ	108	6	17,0	15,2	1,06	6,29	0,28	0,04
$N_{60}H_{60}K_{80}$ + известь +ТМ	101	-1	17,2	16,6	0,83	7,01	0,25	0,04
Навоз + известь + ТМ	111	9	16,7	15,6	1,37	7,31	0,28	0,04
$N_{120}H_{120}K_{160}$	130	28	17,0	15,3	0,37	5,94	0,24	0,04

Для увеличения миграции тяжелых металлов и разбавления загрязненного слоя почвы следует применять безотвальное рыхление. На суглинистых и глинистых почвах целесообразно проводить чизелевание на глубину 40-45 см.

Необходимым условием ведения земледелия на загрязненных почвах является подбор сельскохозяйственных культур устойчивых к загрязнению почв тяжелыми металлами (таблица 8.119).

8.119. Чувствительность сельскохозяйственных культур к кадмию (148)

Возрастание чувствительности к кадмию ----->			
Устойчивые	Слабочувствительные	Ср.чувствительные	Высокочувствительные

Рожь
Овес
Ячмень
Кукуруза
Пшеница
Подсолнечник
Картофель
Редис
Турнепс
Лук (репка)
Капуста
Сельдерей
Морковь
Свекла
Кабачки
Томаты
Огурцы
Петрушка
Укроп
Лук (перо)
Шпинат
Салат

8.15.8.2. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем радиоактивного загрязнения

Основанием для районирования радиоактивно-загрязненных территорий по степени экологической напряженности служит плотность загрязнения почв долгоживущими радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr (табл. 3.3.16).

Относительно удовлетворительная ситуация на загрязненных территориях складывается при плотности загрязнения почв ^{137}Cs менее 37 кБк/м² и ^{90}Sr менее 3,7 кБк/м². При плотности загрязнения угодий ^{137}Cs до 555 и ^{90}Sr до 37 кБк/м² вводится обязательный радиационный контроль. На территориях с уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs 555-1480 кБк/м² и ^{90}Sr 37-111 кБк/м² создается чрезвычайная экологическая ситуация и предусматривается система применения специальных защитных мероприятий. Сельскохозяйственные угодья с плотностью загрязнения ^{137}Cs >1480 кБк/м² или ^{90}Sr более 111 кБк/м² выводятся из хозяйственного использования.

При разработке принципов рационального использования загрязненных угодий исходят из следующих положений:

Производство сельскохозяйственных культур, продукция которых непосредственно входит в состав рациона человека, размещается на полях с относительно меньшим содержанием радионуклидов в почве, а при одинаковой плотности загрязнения – на полях, где почвенный покров представлен наиболее плодородными почвами, которые хорошо обеспечены калием и кальцием.

Овощные культуры размещают на наиболее плодородных и наименее загрязненных полях.

Под продовольственное зерно допуски в 3-4 раза выше, чем при выращивании овощей.

Фуражные культуры, предназначенные для молочного и мясного скота, который находится на откорме, могут размещаться на полях с более высоким уровнем загрязнения, чем для производства овощных культур. Производство кормов для молочного скота требует больших ограничений загрязнения (в 2-3 раза) по сравнению с производством кормов для мясного скота.

Существенно снижаются лимиты загрязнения при возделывании зерновых и технических культур для производства семян и сырья на техническую переработку. При этом соблюдаются предельно допустимые количества радионуклидов в конечной продукции и обеспечивается радиационная безопасность работающего персонала.

Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью радиационного загрязнения ^{137}Cs до 185 кБк/м² и ^{90}Sr до 11,1 кБк/м²

На пахотных угодьях с плотностью загрязнения ^{137}Cs до 185 кБк/м² и ^{90}Sr до

11,1 кБк/м² все виды работ в земледелии ведутся без ограничений по традиционным технологиям.

На пойменных лугах с этой же плотностью загрязнения проводят поверхностное улучшение при наличии в травостое ценных кормовых трав не менее 35-45%, закустаренности и заочкаренности менее 20% площади.

Поверхностное улучшение суходольных лугов проводится при наличии в травостое не менее 50-60% ценных в кормовом отношении трав и отсутствии щучки дернистой, плотнокустовых осок, накапливающих значительное количество ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Необходимость проведения коренного улучшения естественных кормовых угодий диктуется тем, что при этом уровне радиоактивного загрязнения возможно производство молока с содержанием радионуклидов выше контрольных уровней (КУ).

Коренное улучшение пойменных и низинных лугов проводится с использованием двухярусных плугов. Коренное улучшение травостоя природных лугов снижает содержание радионуклидов в лугопастбищной растительности при качественном проведении всех рекомендованных технологических приемов по залужению в 2-10 раз.

Пойменные заливные луга при всех уровнях радиоактивного загрязнения должны обязательно иметь водоохранную зону.

Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs от 185 до 555 кБк/м² и ⁹⁰Sr от 11,1 до 37,0 кБк/м²

Пахотные угодья На пахотных угодьях с указанной плотностью загрязнения продукция растениеводства соответствует установленным радиологическим нормативам при проведении рекомендованных мероприятий. Районированные культуры и их сорта возделываются по общепринятым технологиям в данной почвенно-климатической зоне.

Разработка и освоение севооборотов проводится так же, как и на незагрязненных территориях. Экологическая роль чередования культур в севообороте возрастает. За счет размещения сельскохозяйственных культур с различной корневой системой происходит перераспределение радионуклидов по профилю почвы и их удаление за пределы корнеобитаемого слоя. Механическая обработка почв, особенно глубокое рыхление чизельным плугом без оборота пласта, способствует миграции радионуклидов в более глубокие слои (40-50 см) почвы.

Совмещение нескольких операций при одном проходе трактора или самоходных машин снижает давление на почву и риск вторичного загрязнения почвенными частицами растений, убираемых на корм животным.

Продовольственные культуры возделываются при обязательном внесении органических, фосфорных и калийных удобрений. Внесение под картофель навоза и торфо-навозного компоста в дозе 50 т/га дает не только значительную прибавку урожая клубней, но и снижает накопление радионуклидов до 2^х раз.

Азотные удобрения вносят под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур. Нормы внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений,

соотносятся как N:P:K=1:1:1,5 и N:P:K=1:1,5:2 с учетом фактического содержания подвижного фосфора и обменного калия в почве. Известкование почв, включая почвы черноземной зоны, уменьшает переход радионуклидов в растения в 1,3-2,0 раза. Эффективность минеральных удобрений как в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, так и в снижении содержания радионуклидов в продукции растениеводства возрастает на фоне известкования. Внесение органических и минеральных удобрений более эффективное средство для снижения накопления радионуклидов в зерне, чем внесение одних минеральных удобрений. Применение микроудобрений на всех типах почв ограничивает переход радионуклидов в растения. Микроудобрения (B, Cu, Zn, Mo и др.) повышают устойчивость картофеля к фитофторе и другим болезням.

Естественные кормовые угодья. Важнейшим приемом окультуривания почв естественных кормовых угодий является известкование кислых почв.

При указанной плотности загрязнения почвы при коренном улучшении пойменных лугов рекомендуется внесение полного минерального удобрения – $N_{60-90}P_{110-140}K_{120-180}$. При двухукосном использовании злакового травостоя после коренного улучшения дозы минеральных удобрений составляют $N_{60+60}P_{90}K_{120-180}$, а бобово-злакового – $N_{60}P_{90}K_{120-180}$. Применение бентонита, вермикулита, местных глин на фоне минеральных удобрений снижает накопление радионуклидов в кормах до 2,5 раз.

Обработку почвы при создании сеяных травостоев на природных кормовых угодьях рекомендуется проводить специально оборудованными двухярусными винтовыми плугами ПЯ-3-35 или ПНЯ-4-42.

Подбор травосмесей при агромелиорации лугов производят из районированных видов злаковых и бобовых трав. В травосмеси включают 3-4 вида трав. При сенокосном использовании улучшенных кормовых угодий доля злаковых в травосмеси может составлять 67-75%, а бобовых – 25-33%. Предпочтительнее использовать виды трав, накапливающие минимальное количество радионуклидов.

Пастбищеоборот и регулирование нагрузки на пастбище при выпасе животных в загонах гарантируют долговременное их использование.

Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 555 до 1480 кБк/м² и ^{90}Sr от 37,0 до 111,0 кБк/м²

Пахотные угодья. При плотности загрязнения почв ^{137}Cs 555 кБк/м² и выше и ^{90}Sr до 111,0 кБк/м² создается чрезвычайная экологическая ситуация и на всей территории проводится постоянный радиационный контроль.

Для получения продукции растениеводства, соответствующей радиологическим нормативам, на большинстве типов почв обязательно проведение защитных мероприятий. Все культуры возделываются в севооборотах и размещаются по лучшим предшественникам. Соотношение злаковых и бобовых культур в севообороте может составлять 65-75% и 25-35% соответственно. При плотности загрязнения почвы ^{137}Cs выше 555 кБк/м² из структуры посевов сельскохозяйственных культур исключается возделывание зернобобовых, льна и гречихи. Объемы посевных площа-

дей под картофель и кормовые корнеплоды планируются с учетом обеспечения полной механизации, сокращающей применение ручного труда при их возделывании, уборке и доработке продукции. Междурядные обработки сводятся к минимуму и, по возможности, проводятся при состоянии почвы, обеспечивающей наименьшее пылеобразование. Ручную прополку посевов следует заменить строго регламентированным применением гербицидов. Применение пестицидов против колорадского жука в посадках картофеля можно сочетать с опрыскиванием растений 0,01% раствором гумата натрия.

В технологию основной обработки почвы вносятся изменения. Рекомендуется глубокая безотвальная обработка с помощью чизельного плуга и вспашка фронтальным плугом ПФ-2,1. Уборку зерновых культур проводят прямым комбайнированием.

Для известкования кислых дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава предпочтительно использовать доломитовую муку или местные известковые материалы, содержащие магний. На пахотных угодьях норму внесения азотных удобрений определяют под планируемую урожайность. Дозы внесения фосфорных и калийных удобрений увеличивают в 1,5 раза по сравнению с рекомендуемыми для данных районов. При внесении фосфорных и калийных удобрений в двойной дозе (2Р2К) на фоне известкования почв и применения органических удобрений (40 т/га), а также применения природных сорбентов, обеспечивается максимальный эффект снижения поступления радионуклидов в растения.

Агромелиоративные работы по улучшению водно-физических свойств почв и первичное окультуривание осушенных угодий – известкование, внесение P_2O_5 – 60-, К – 100-150 кг д.в. на 1 га и микроудобрений обеспечивают снижение содержания радионуклидов в продукции растениеводства в 2-5 раз. Эффективным способом снижения накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции растениеводства является подбор видов и сортов сельскохозяйственных и кормовых культур, характеризующихся минимальным накоплением радионуклидов из почвы.

Естественные кормовые угодья. Естественные кормовые угодья с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 555 и ^{90}Sr 37-111 кБк/м² подлежат коренному улучшению. При этом вспашка производится плугом ПЯ-3-35, ПНЯ-4-42 и фронтальным плугом ПФ-2.1.

На пойменных и низинных лугах обработка почвы и залужение осуществляются комбинированными агрегатами АПР-2,6 и АЗ-2,4, позволяющими уменьшить давление сельскохозяйственных машин на почву. На лугах со средней мощностью дернины, не засоренных опасными сорняками при создании сеяных травостоев рекомендуется комбинированная обработка почвы. При коренном улучшении естественных кормовых угодий, засоренных опасными сорняками, закаренных, первичная обработка включает дискование дернины, фрезерование и вспашку фронтальным плугом ПФ-2,1.

Окультуривание почв сенокосов и пастбищ, включающее известкование, внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60-90} P_{140-160} K_{180-240}$ обеспечивает получение кормов с наименьшим содержанием радионуклидов. Применение органических удобрений (в дозе 40 т/га) при коренном улучшении травостоев на малогу-

мусных дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах ограничивает переход радионуклидов в луговую растительность в 2-4 раза.

Осушенные почвы целесообразно отводить под кормовые севообороты. При создании долголетних сенокосов и пастбищ, особенно на пойме, залужение необходимо проводить травосмесями с учетом рельефа местности, поемности, водного режима почв, биологических особенностей растений. На осушенных торфяниках следует отдавать предпочтение следующим видам: люцерна желтая, райграс, костер безостый, лисохвост луговой, мятлик луговой, мятлик болотный, ежа сборная, канареечник тростниковидный, полевица белая. На пойменных угодьях сенокосного использования в состав травосмесей входят:

- на выровненных массивах и гривах центральной поймы – костер безостый, овсяница луговая, ежа сборная: люцерна желтая, клевер красный;

- на осушенных межгивных понижениях – двукисточник тростниковидный, кострец безостый, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, мятлик болотный, а из бобовых – клевер розовый;

- на низинах с длительностью затопления более 30 дней – двукисточник тростниковидный, бекмания, мятлик болотный.

При коренном улучшении естественных суходолов рациональнее создавать многоукосные травостои и культурные пастбища с 4-5 циклами стравливания за сезон. Травостои формируют из злаковых компонентов, преимущественно из корневищных видов.

Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения ^{137}Cs более 1480 кБк/м² и ^{90}Sr более 111,0 кБк/м²

Сельскохозяйственные угодья на территории экологического бедствия выводятся из землепользования. Однако, при условии соблюдения дозовых нормативов работниками (например, при работе вахтовым методом) на этих угодьях возможно (возделывание многолетних трав на семена) и выращивание технических культур. Допускается использование кормов, полученных на отчужденных угодьях, для откорма молодняка до 1 года и рабочего скота. Все работы выполняются в соответствии с НРБ-99. Обязательным условием является проведение радиационного контроля продукции

8.15.8.3. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами

Основанием для районирования территорий загрязненных тяжелыми металлами является: содержание загрязнителя в почве превышающее (кратное) ПДК (ОДК), рассчитанных с учетом различных физико-химических свойств почв, а также накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах, определяющее (по данным соответствующих нормативов) их возможное дальнейшее хозяйственное использование.

Следует отметить, что по сравнению с радионуклидами тяжелые металлы не подвергаются естественному распаду в течение определенного времени, теряя свои губительные свойства, а подвергаются лишь перераспределению в различ-

ных природных средах. Поэтому важным условием земледелия в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами является не только обеспечение недоступности их растительным организмам, но и необходимость выноса их из почвенной, водной, воздушной и растительной среды различными методами санации загрязненных территорий.

Перспективным направлением борьбы с загрязнением является совершенствование технологий переработки растительного сырья, полученного на загрязненных тяжелыми металлами сельскохозяйственных угодьях.

На выявленных загрязненных территориях (пахотных и кормовых массивах) с учетом уровня содержания загрязнителей в почве рекомендуются следующие организационно-хозяйственные и агротехнические мероприятия.

Допустимый уровень загрязнения (1). На пахотных и кормовых угодьях размещение сельскохозяйственных культур ограничения, включая очень чувствительные к накоплению тяжелых металлов.

Низкий уровень загрязнения (2). На пахотных и кормовых угодьях размещение любых зонированных сельскохозяйственных культур, ограничивается для высокочувствительных к накоплению тяжелых металлов. Потребление продукции растениеводства для пищевых и иных целей без не ограничивается за исключением использования для производства диетического и детского питания.

Средний уровень загрязнения (3). На пахотных угодьях ограничивается размещение высокочувствительных и сдерживается размещение среднечувствительных к тяжелым металлам сельскохозяйственных культур.

Исключается производство столовой зелени, (салат, шпинат, укроп, лук, петрушку), овощей, ягодных культур открытого грунта. Возможно выращивание корне-клубнеплодов за исключением свеклы.

Практикуется комплексное применение известкования, минеральных и органических удобрений.

Используемые для пищевых и продовольственных целей сельскохозяйственные культуры подвергаются обязательному контролю на содержание тяжелых металлов.

Необходимо ввести ограничения на сбор грибов и дикорастущих лекарственных растений.

Высокий уровень загрязнения (4). На пахотных и кормовых угодьях приоритетно размещение устойчивых к тяжелым металлам кормовых и технических культур.

Ограниченно используются для продовольственных целей слабо чувствительные к тяжелым металлам сельскохозяйственные культуры. Обязателен контроль содержания тяжелых металлов в растительной продукции.

Обязательно комплексное применение известкования, минеральных и органических удобрений.

Приоритетная специализация – производство технических культур, зерно и кормопроизводство.

Очень высокий уровень загрязнения (5) При наличии больших площадей с данным уровнем загрязнения, в пределах таких территорий следует выделять 3 подуровня загрязнения: сублетальный, критический и губительный подуровень.

Сублетальный подуровень загрязнения (5-1). На пахотных угодьях рекомендуется размещение устойчивых к тяжелым металлам кормовых и технических культур, а также культур, последующее использование которых, требует переработки.

Организация санитарно-защитных севооборотов. Рекомендуется проведение глубокой вспашки, чезелевания на глубину 40-45 см., повышенное внесение органических удобрений и известкование.

Кормовые угодья целесообразно, в большей степени, использовать под сенокошение, чем под выпас. Категорический запрет на сбор грибов и дикорастущих лекарственных растений.

Критический подуровень загрязнения (5-2). На пахотных угодьях рекомендуется размещение только устойчивых к тяжелым металлам технических сельскохозяйственных культур, требующих по технологии глубокой переработки (на спирт, масло, крахмал и т. п.)

Организация на территории санитарно-очистительных севооборотов. Рекомендуется глубокая вспашка для снижения общей концентрации тяжелых металлов в пахотном слое или удаление загрязненного слоя почвы, а также землевание или залужение пашни.

На кормовых угодьях допускается выращивание кормовых культур только с обязательной последующей переработкой. Запрещается выпас скота.

Губительный подуровень загрязнения (5-3). Исключается выращивание любых сельскохозяйственных культур, используемых для хозяйственных целей.

Целесообразна консервация пахотных земель с проведением комплекса мероприятий по их санации или залужению. При фитосанации целесообразно размещение растений с высокой способностью к поглощению тяжелых металлов из почвы с целью последующей утилизации (сжигания).

При загрязнении высокоопасными загрязнителями (1–го класса опасности) рекомендуется обязательное удаление верхнего загрязненного слоя почвы и последующее землевание.

8.16. Техническое обеспечение адаптивно-ландшафтного земледелия и его отражение в проектах

8.16.1. Определение потребности в технике

В настоящее время техника для села производится не только федеральными заводами сельскохозяйственного машиностроения, но и различными предприятиями практически каждой области. В результате номенклатура технических средств непрерывно растет, появляется множество однотипных конструкций, имеющих различные наименования и марки, но по существу, дублирующих друг друга. Очевидно, что определять потребность в каждой марке таких технических средств нецелесообразно, а оптимизировать состав машинно-тракторного парка (МТП) нужно основываясь на типоразмерах базовых технических средств, предусмотренных Федеральной системой технологий и машин для сельскохозяйственного производства России.

Одним из способов оптимизации состава МТП является методика, основанная на использовании научно обоснованных нормативов потребности в технике. Нормативы потребности в базовых технических средствах (в эталонных единицах) для механизации растениеводства различных федеральных округов и зон механизации разработаны Всероссийским НИИ механизации сельского хозяйства в сотрудничестве с рядом отраслевых институтов. Нормативы дифференцированы по типоразмерам технических средств для основных отраслей растениеводства. Для адаптации нормативов потребности к условиям конкретных хозяйств разработаны коэффициенты перевода средств механизации в эталонные единицы. Фрагменты нормативов потребности в тракторах, машинах общего назначения, средств механизации производства зерна и коэффициенты перевода в эталонные единицы приведены в таблицах 8.120 – 8.122.

Расчёт потребности хозяйства в технике осуществляется в несколько этапов. Вначале определяют конкретный количественный и качественный состав работоспособной сельскохозяйственной техники, имеющейся в хозяйстве. Затем вся техника с помощью соответствующих коэффициентов переводится в эталонные единицы. Далее, исходя из площадей пашни и различных культур, предусмотренных севооборотами, рассчитывают нормативную потребность в технике. Имеющийся парк машин (в эталонных единицах) сравнивают с нормативным, и при необходимости, осуществляют корректировку расчётного состава МТП с учётом конкретных производственных условий. В заключение определяют необходимость закупки конкретных машин для обеспечения выполнения всего объема сельскохозяйственных работ с необходимым качеством в оптимальные агротехнические сроки.

Потребность в тракторах и технике общего назначения, используемой на возделывании многих культур (тракторах, плугах, боронах, луцильниках и т.д.), рассчитывают по общей площади пашни. Потребность в специализированных машинах определяют исходя из объёма работ, выполняемого в пиковые периоды. В зависимости от назначения и типа машины ими могут быть площадь посева определенной культуры, количество вносимых материалов или перевозимых грузов и др.

Ниже приведены примеры определения потребности хозяйств Центрального федерального округа в тракторах, машинах общего назначения и технике для производства зерна. Допустим, что в хозяйстве имеется 3000 га пашни, 1400 га из которых занято зерновыми культурами. Примем, что в хозяйстве имеются трактора

ниже перечисленных марок и в следующем количестве (таблица 8.120) и проведем оценку количественного состава тракторного парка.

8.120. Оценка количественного состава тракторного парка хозяйства (Центральный федеральный округ, зона 1.1)

Марка трактора	Мощность двигателя, кВт/л.с.	Количество тракторов, шт.	Коэффициент перевода на эталонный трактор K_3	Суммарное количество имеющихся тракторов в эталонных единицах	Тракторооснащенность в эталонных единицах на 1000 га пашни	
					Фактическая	Рекомендуемая
К-701	150/204	2	2,10	4,2	1,4	0,82
Т-150К	110/155	3	1,85	5,55	1,85	4,26
ДТ-75М	70/90	4	1,10	4,4	1,47	0,77
МТЗ-82	59/82	11	0,75	8,25	2,75	2,57
Т-25А	18/25	2	0,32	0,64	0,21	0,63
Всего		22		23,04	7,68	13,27

Нормативы потребности в тракторах и коэффициенты перевода в эталонные единицы взяты из таблицы 8.120. Результаты расчёта показывают, что для данного хозяйства необходимо $13,27 \times 3 \approx 40$ эталонных тракторов (включая тракторы марок, предусмотренные нормативами, но отсутствующие в хозяйстве), в то время как наличный парк включает всего 23,04 эталонных трактора. По показателю тракторооснащенности хозяйству нужно дополнительно увеличить парк на 5,59 эталонных трактора на 1000 га пашни с тем, чтобы достичь рекомендуемого уровня в 13,27 эт. трактора на 1000 га пашни.

Предположим, что в хозяйстве имеются следующие плуги: 8-корпусные ПЛП-8-40 – 2 шт.; 5-корпусные ПЛН-5-35 – 3 шт.; 4-корпусные ПЛН-4-35 – 4 шт.; 3-корпусные ПЛН-3-35 – 8 шт. и ПО-3-35 – 3 шт.; 2-корпусные ПН-2-30 – 2 шт., т.е. имеются плуги для всех тракторов. Проверим, в достаточной ли мере хозяйство обеспечено плугами. Из таблицы 8.121. выбираем переводные коэффициенты и переводим имеющиеся в хозяйстве плуги в эталонные единицы, умножая количество плугов определенной марки на соответствующий переводной коэффициент K_3 :

- два восьмикорпусных плуга при коэффициенте 1,6 3,2 эт. плуга;
- три пятикорпусных плуга при коэффициенте 1,2 3,6 эт. плуга;
- четыре четырехкорпусных плуга при коэффициенте 1,0 4,0 эт. плуга;
- одиннадцать трёхкорпусных плугов при коэффициенте 0,6 6,6 эт. плугов;
- два двухкорпусных плуга при коэффициенте 0,5 1,0 эт. плугов.

Суммируя полученные данные, получаем, что в хозяйстве имеется 18,4 эталонных плуга. В то же время, исходя из нормативной потребности, для хозяйств, расположенных в зоне 1.1. требуется 5,9 эталонных плугов на 1000 га пашни, т.е. на 3000 га пашни в хозяйстве необходимо иметь 17,7 эталонных плугов (≈ 18).

Можно сделать вывод, что плугами хозяйство обеспечено в соответствии с нормативами.

8.121. Нормативы потребности в тракторах для механизации растениеводства и коэффициенты перевода в эталонные единицы для Центрального федерального округа

Зона меха- низа- ции	Всего в парке	О б щ е г о н а з н а ч е н и я								Спе- циаль- ные	Универсально-пропашные				Уни- верса- льные		
		Класс 6	Класс 5			Класс 4	Класс 3				Класс 2	Класс 2	Класс 1.4			Класс 0,9	Класс 0,6
		Гусен.	Колесные		Гусен.	Гусен.	Гусен.	Гусен.	Колес.		Гусен.	Колесные				Колес.	
		180- 240 (245- 326)	200- 243 (270- 330)	150- 180 (204- 245)	170- 200 (231- 270)	90 – 160 (122- 177)	110- 125 (150- 170)	70 – 90 (95 – 130)	110- 140 (155- 190)		50 – 88 (68 – 120)	95 – 100 (130- 136)	59 – 75 (80 – 100)	40 – 55 (54 – 75)		35 – 40 (47 – 54)	18 – 33 (25 – 45)
Нормативы потребности (эталонные единицы на 100 га пашни)																	
1.1.	13,27	-	-	0,82	0,48	-	0,74	0,77	4,26	0,20	2,03	2,57	0,44	0,30	0,63		
1.2	13,92	0,19	0,16	1,60	1,02	-	1,48	0,99	4,46	0,20	1,35	1,19	0,22	0,26	0,26		
Коэффициенты перевода в эталонные единицы К _з																	
-	-	2,70	2,70	2,10	2,00	1,45	1,85	1,10	1,85	1,00	1,35	0,75	0,55	0,50	0,32		

8.122. Нормативы потребности в технике общего назначения для растениеводства и коэффициенты перевода в эталонные единицы для Центрального федерального округа

Плуги типа	Культиваторы типа	Луцильники типа	Бороны дисковые типа	Комбинированные агрегаты	Опрыскиватели (по ширине захвата)
Нормативы потребности в эталонных единицах на 1000 га пашни (зона 1.1/зона 1.2)					
5,9 / 5,3	4,1 / 3,5	2,1 / 2,4	4,1 / 3,5	9,5 / 8,1	4,8 / 4,6
Коэффициенты перевода K _з по маркам*					
ПЛП-4-35.....1,0	КПС-4.....1,0	ЛДГ-10.....1,0	БДТ-3.....1,0	РВК-3,6.....1,0	12 м.....1,0
ПЛП-8-40.....1,6	КШУ-8.....1,7	ЛДГ-5.....0,8	БДТ-7.....2,8	РВК-5,4.....1,2	16 м.....1,3
ПЛП-6-40.....1,3	КШУ-12.....2,7	ЛДГ-15.....1,7	БМШ-15.....4,2	РВК-7,2.....1,3	18 м.....1,4
ПЛП-5-35.....1,2	КФГ-3,6.....0,6	ППЛ-7-30.....0,9	БД-5.....1,4	АПК-6.....1,2	22 м.....1,7
ПН-2-30.....0,5	КЧП-5,4.....1,1	ППЛ-5-25.....0,8		АПУ-3,5.....2,4	24 м.....1,9
ПОН-3-30.....0,6	КПШ-91,9			РБР-42,2	9 м0,9
ПО-3-350,6	КПШ-50,6				
ПО-7-351,34	КТС-10-22,2				
ПЧК-4,51,2	КПЭ-3,81,3				
ПРПВ-3-500,7	КЛ-2,8.....0,4				

Примечание: 1.1. - Нечерноземная зона; 1,2 – Центрально-Черноземная зона

**8.122. Нормативы потребности в машинах для производства зерна
и коэффициенты перевода в эталонные единицы для Центрального федерального округа**

Сеялки типа	Посевные комплексы типа «Кузбасс» («Конкорд»)	Зерноуборочные комбайны типа	Жатки валковые и энерго- средства
Нормативы потребности в эталонных единицах на 1000 га посевов зерновых (зона 1.1/зона 1.2)			
7,6 / 7,2	6,4 / 5,8	7,5 / 7,1	7,7 / 6,3
Коэффициенты перевода в эталонные единицы K _э по маркам			
СЗ-3,6А.....1,0	Ширина захв. 4 м1,0	СК-5М «Нива».....1,0	ПН-310-6,4.....1,0
ПС-6.....1,8	Ширина захв. 6 м.....2,3	КЗС-3.....0,5	ПН-300-4,2.....0,7
АЦП-18.....4,2	Ширина захв. 11 м.....3,7	ПН-100 «Простор».....0,7	ЖВ-6.....1,15
		Енисей-1200Н.....1,05	ПН-330-10Н.....1,7
		Енисей-950 «Руслан»....1,15	ЖХ-11.....1,85
		Дон-1500Б.....1,8	ЖХ-6.....1,1
		Дон-2600.....2,2	ЭС-40.....1,0
			ЭС-75.....1,8

Допустим, что в хозяйстве имеются зерноуборочные комбайны КЗС-3 (с пропускной способностью 3 кг/с) – 3 штуки; СК-5М (5 кг/с) – 5 шт.; Енисей-1200Н (6 кг/с) – 2 шт. По таблице нормативов потребности в машинах для производства зерна (таблица 8.123.) находим переводные коэффициенты: для комбайнов КЗС-3 – 0,5; для СК-5М – 1,0; для Енисей-1200Н – 1,05. При переводе имеющихся комбайнов в условные единицы соответственно получаем 1,5; 5,0 и 2,1 эталонных комбайнов, а в сумме – 8,6 эталонных единиц. По той же таблице находим, что для зоны 1.1. на 1000 га посевов зерновых требуется 10,5 эталонных единиц комбайнов, т.е. на 1500 га соответственно необходимо 15,8, или округленно, 16 единиц комбайнов. Следовательно, хозяйству требуется приобрести 7 эталонных единиц зерноуборочных комбайнов. Конкретно сколько и каких комбайнов следует приобрести решают специалисты хозяйства, исходя из своих возможностей и требований эффективного производства зерна.

Подобным же образом рассчитывают потребность хозяйства в других средствах механизации растениеводства, определяя в результате состав машинно-тракторного парка хозяйства. Данные нормативы корректируются в зависимости от почвенно-климатических и производственных условий сельскохозяйственных предприятий.

8.16.2. Оценка технико-экономических показателей сельскохозяйственной техники и технологий

С инженерной точки зрения машина представляет собой техническое устройство, которое в составе агрегата способно с определенным качеством выполнять свои производственно-целевые функции. Основным оценочным показателем этих функций – производительность (W), имеющая размерность [ед. наработки/час].

С экономической точки зрения машина – это основное средство производства, которое в процессе своего полезного функционирования осуществляет перенос определенной величины своих прямых и косвенных эксплуатационных затрат (ZM) на продукцию (работу, услуги). Результат такого переноса определяется удельной величиной $ZW=ZM/W$, имеющей размерность [руб./ед. наработки]. В силу закона согласования размерностей, издержки ZM в данном выражении должны иметь размерность [руб./час]. Только при этом условии размерность выходного экономического показателя примет указанный вид.

Показатель ZW является основополагающим во всех действующих в нашей стране нормативно-правовых документах по оценке экономической эффективности сельскохозяйственных машин и технологий. Однако для машин, находящихся вне состава сельскохозяйственного агрегата, этот показатель уже не может выступать в роли их *«первичного экономического свойства»*, так как ни одна из этих машин сама по себе не может выполнять полезную работу. С формальных позиций математики это означает, что в формуле $ZW=ZM/W$ отсутствует величина W , а без нее невозможно определить указанный экономический показатель. Для некоторых машин (плуг, сеялка и

т.п.) можно было бы эту трудность обойти, используя в расчетах ZW величину их паспортной производительности. Однако для трактора эта ситуация является абсолютно неразрешимой, так как он может работать в агрегате с десятками различных машин и иметь при этом производительности, отличающиеся между собой почти на порядок. К примеру, эксплуатационная производительность на пахоте составляет 1 га/ч, а при работе с опрыскивателем она может превысить 10 га/ч.

В условиях плановой экономики естественным выходом из рассмотренной ситуации явилось введение в практику универсальных единиц учета наработки (условный эталонный гектар мягкой пахоты, расход энергии и т.п.). В условиях рыночной экономики такие единицы учета не применяют. Вместо них используют показатели наработки, имеющие размерность [рабочий час], так как только в этот момент реально происходит процесс переноса машиной определенной величины стоимости на продукцию (работу, услуги). Примером тому могут служить стандарты ASAE американского Общества Агротехников (254), которые получили всемирное признание, в том числе и в странах ЕС (223).

Таким образом, в качестве первичного экономического свойства машины в зарубежных методиках экономической оценки сельскохозяйственных машин выступают показатели затрат с размерностью [руб./час], которая полностью совпадает с размерностью выделенного нами числителя ZM . Принимая этот числитель в качестве первичного экономического свойства сельскохозяйственной машины, мы обеспечиваем сближение отечественной и зарубежной методик экономической оценки, и расширяем сферу применения предлагаемой методики. В подтверждение правомерности закрепления за числителем статуса первичного экономического свойства заметим, что любая сельскохозяйственная машина включается в рыночные операции купли-продажи, а также в непосредственный производственный процесс с уже определенной для нее величиной экономического свойства, а не приобретает его в ходе реализации указанных процессов. Примером тому может служить полезная работа машины, то есть ее технические услуги, которые могут выступать в качестве рыночного товара (услуги МТС). В свою очередь, товар, который выносится на рынок, всегда обладает определенной стоимостью до его продажи, так как на рынке товаров без их стоимости нет.

Все сельскохозяйственные машины по характеру выполняемых ими функций разделяют на два класса: рабочие машины и энергетические средства подвижного и стационарного типа. В свою очередь рабочие машины состоят из двух типов: одно операционных и комбинированных, выполняющих за один проход несколько технологических операций. Комплексным показателем, отражающим экономическое свойство сельскохозяйственной машины, являются ее *часовые эксплуатационные затраты (ЧЭЗ)*.

Для всех типов машин обобщенная математическая модель ЧЭЗ имеет следующий вид:

$$ZM = \sum_{i=1}^n Z_i = (\Pi/T_0) \bullet \sum_{i=1}^{\nu} K_i + \sum_{r=\nu+1}^n Z_r, \quad (1)$$

где Z_i - элемент общей структуры ЧЭЗ машины, отражающий абсолютную величину затрат по i -ой статье, руб./час; Π - заводская цена машины, руб.;

$K_0 = \sum_{i=1}^{\nu} K_i$ - общий коэффициент учета всех видов затрат, зависящих от уровня заводской цены машины, в том числе и включенных в ее балансовую стоимость ($K_i \geq 0$); $T_0 = n_0 \cdot T_r = AP_{\text{ч}}$ - амортизационный ресурс машины, то есть исходная емкость ее актива, час; n_0 - нормативный законодательно установленный срок амортизации, год; T_r - средняя годовая наработка, час; Z_r - часовые расходы по r -ой статье затрат, которые не зависят от заводской цены машины, руб./час.

Основное место в затратной группе Z_r занимают расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ), заработную плату и издержки от потерь количества и качества продукции. С учетом этого выражение (1) приводится к более простому для практического применения виду:

$$ZM = (\Pi/T_0) \bullet \sum_{i=1}^{\nu} K_i + S_q + S_m + S_{\text{ип}}, \quad (2)$$

где S_q - стоимость часового расхода ГСМ энергетическим средством при его реальной загрузке, руб./ч; S_m - средняя величина часовой заработной платы одного сельскохозяйственного работника с включением в нее всех видов начислений и налоговых платежей, руб./час; $S_{\text{ип}}$ - издержки, которые возникают по вине технического средства, от прямых потерь продукции и снижения ее качества, приведенные к одному часу работы данного средства, руб./час.

Показатель ЧЭЗ обладает четырьмя важными свойствами: универсальностью (величина ЧЭЗ зависят только от индивидуальных технико-экономических характеристик самой машины); постоянством (при неизменных ценах на машину, обрабатываемые и расходные материалы, топливо и рабочую силу численное значение критерия в течение всего срока службы данной машины остаются постоянными); аддитивностью (ЧЭЗ мобильного агрегата представляет собой сумму ЧЭЗ, входящих в него машин) и адаптируемостью (путем изменения числа учитываемых в своей структуре элементов затрат (n) и их вкладов (K_i) находят общий знаменатель с методиками экономической оценки любой страны).

Рассмотрим алгоритмы определения составных элементов ЧЭЗ.

Перечень затратных статей, определяющих структуру ЧЭЗ машины, соответствует перечню эксплуатационных затрат Методики МСХП РФ (236).

1. Часовые амортизационные отчисления (Z_1 ; $K_1=1,0$). По закону обобщаемости основных средств производства вся стоимость машины должна быть перенесена на продукцию (работу, услуги) за время одного цикла. Все элементы затрат, привязанные к заводской цене машины, определяют по ЦЗ-алгоритму: $Z_i = \Pi_0 \bullet K_i / T_0$. Для $i=1$ имеем

$$Z_1 = \Pi_0 \bullet K_1 / T_0 = \Pi_0 / T_0. \quad (3)$$

2. Часовые затраты на ремонт и техническое обслуживание (Z_2 ; K_2).

В соответствии со статьей 260 Налогового Кодекса РФ расходы на ремонт и техническое обслуживание машины признаются в себестоимости продукции (работы, услуг) в размере фактических затрат (136). Величина их колеблется в широких пределах. Поэтому в отечественной (64, 236, 237) и зарубежной (254) экономической практике эти затраты в модельных расчетах учитывают в размере среднестатистических данных, полученных в процессе массовых наблюдений. При этом уровень этих затрат жестко привязывают посредством коэффициента K_2 к величине стоимости машины:

$$Z_2 = \Pi_0 \bullet K_2 / T_0 = (\Pi_0 \bullet P_0) / (T_0 \bullet 100), \quad (4)$$

где P_0 - нормированная величина суммарных затрат на ремонт и техническое обслуживание машины за полный период ее амортизации, выраженная в процентах относительно стоимости.

В таблице 8.124. приведены значения регламентированных величин T_0 и P_0 для основных типов сельскохозяйственных машин для растениеводства, рекомендованные американскими стандартами ASAE к практическому применению (254). Аналогичная информация для отечественной техники, составленная по действующим в стране нормативным документам, приведена в таблице 8.120.

3. Вмененные издержки (Z_3 ; K_3). По существу это издержки, связанные или с упущенной выгодой по связанному собственному капиталу или с уплатой процентов на заемный капитал. И в том и другом случае данные издержки в зарубежной экономической практике в форме «вмененных издержек» учитываются в себестоимости продукции (работы, услуг) (254, 223).

В отечественной бухгалтерской практике в себестоимости учитывают только уплату процентов на заемный капитал. В ОСТ 10.2.18-2001 статья *вмененных издержек* как таковая отсутствует (64).

$$Z_3 = (\Pi / T_0) \bullet K_3 = (\Pi / T_0) \bullet (\beta\% / 100) \bullet [(t+1) - (1/t) \bullet \sum_{i=1}^t i], \quad (5)$$

где $K_3 = (\beta / 100) \bullet [(t+1) - (1/t) \bullet \sum_{i=1}^t i]$ - коэффициент учета вмененных издержек; $\beta\%$ - годовой процент на банковский вклад, %; t - период долгосрочного банковского кредита, год. Формула определения K_3 выведена для случая равномерного по годам погашения банковского кредита. При $\beta = 10\%$ и $t = 5$ годам $K_3 = 0,3$. В России банки предоставляют долгосрочные кредиты по ставкам $\beta > 10\%$. Поэтому значение K_3 по величине соизмеримо с K_1 и K_2 . Исключение вмененных издержек из структуры ЧЭЗ приводит к существенным искажениям себестоимости продукции (работы, услуг).

В зарубежных методиках экономической оценки с.-х. машин вмененные издержки определяют способом расчета аннуитета (254, 223). По сравнению с (237) этот способ дает завышенную оценку.

8.119. Регламентированные величины T_0 и P_0 для зарубежной сельскохозяйственной техники (стандарт ASAE, США)

№	НАИМЕНОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ	АМОРТИЗАЦИОННЫЙ РЕСУРС T_0 , ЧАС	ЗАТРАТЫ НА РЕМОНТ И ТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ	
			На 100 часов работы, %	За срок службы (P_0), %
1.	Тракторы:			
1.1	Два ведущих колеса	12000	0,83	100,0
1.2	Четыре ведущих колеса	16000	0,5	80,0
2.	Машины для обработки почвы:			
2.1	Отвальные плуги	2000	5,0	100,0
2.2	Луцильники	2000	3,0	60,0
2.3	Культиваторы-глубококорыхлители	2000	3,75	75,0
2.4	Культиваторы для сплошной обработки	2000	3,5	70,0
2.5	Пружинные бороны	2000	3,5	70,0
2.6	Дисковые бороны	2000	2,0	40,0
2.7	Ротационные мотыги	2000	3,0	60,0
2.8	Пропашные культиваторы	2000	4,0	80,0
2.9	Роторные фрезы	1500	5,33	80,0
3	Посевные машины:			
3.1	Сеялки для пропашных культур	1500	5,0	75,0
3.2	Сеялки для зерновых культур	1500	5,0	75,0
4	Уборочные машины:			
4.1	Комбайны зерноубор. Прицепные	2000	3,0	60,0
4.2	Комбайны зерноубор. Самоходные	3000	1,33	40,0
4.3	Силосоуборочные комбайны (прицепные и навесные)	2500	2,6	65,0
4.4	Силосоуборочные комбайны (самоходные)	4000	1,25	40,0
4.5	Свеклоуборочные комбайны	1500	6,67	70,0
4.6	Картофелеуборочные машины	2500	2,8	70,0
4.7	Хлопкоуборочные машины	3000	2,67	80,0
5	Сеноуборочные машины			
5.1	Косилки обычные	2000	7,5	150,0
5.2	Косилки ротационные	2000	8,75	175,0
5.3	Косилки-плющилки	2500	3,2	80,0
5.4	Косилки-плющилки ротационные	2500	4,0	100,0
5.5	Косилки (жатки) самоходные	3000	1,83	55,0
5.6	Грабли боковые	2500	2,4	60,0
5.7	Пресс-подборщики (прямоугольные тюки)	2000	4,0	80,0
5.8	Пресс-подборщики (прямоугольные, крупногабаритные тюки)	3000	2,5	75,0
5.9	Пресс-подборщики рулонные	1500	6,0	90,0
6	Прочие машины			
6.1	Разбрасыватели мин. удобрений	1200	6,67	80,0
6.2	Опрыскиватели штанговые	1500	4,67	70,0
6.3	Опрыскиватели садовые	2000	30,0	60,0
6.4	Жатки бобовые (валковые)	2000	3,0	60,0
6.5	Ботвоуборочные машины	1200	2,92	35,0
6.6	Погрузчики силоса	1500	3,0	45,0
6.7	Прицепы тракторные для кормов	2000	2,5	50,0
6.8	Прицепы тракторные для зерна	3000	2,67	80,0

8.125. Расчетные величины T_0 и P_0 для сельскохозяйственной техники России

№	НАИМЕНОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ	СРОК СЛУЖБЫ N_0 , ГОД**	ГОДОВАЯ ЗОНАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА (T_1), ЧАС*	ОБЩИЙ АМОРТ. РЕСУРС T_0 , ЧАС	ЗАТРАТЫ НА РЕМОНТ И ТЕХ. ОБСЛУЖИВАНИЕ (P_0), %*
1.1	Два ведущих колеса	10	800	8000	108,0
1.2	Четыре ведущих колеса	10	800	8000	100,0
1.3	Гусеничные	10	600	6000	120,0
2.	Машины для обраб. почвы:				
2.1	Отвальные плуги	7	230	1610	117,0
2.2	Луцильники	7	130	910	56,0
2.3	Культиваторы.-глубокорыхлители	7	220	1540	128,0
2.4	Культиваторы. для сплош. обработки	7	285	1995	100,0
2.5	Пружинные бороны	7	165	1155	48,0
2.6	Дисковые бороны	7	190	1330	56,0
2.7	Ротационные мотыги	7	135	945	64,0
2.8	Пропашные культиваторы	7	225	1575	100,0
2.9	Роторные фрезы	7	150	1050	96,0
3	Посевные машины:				
3.1	Сеялки для пропаш. культур	7	130	910	54,0
3.2	Сеялки для зерновых культур	7	150	1050	63,0
4	Уборочные машины:				
4.1	Комбайны 3У прицепные	7	140	980	120,0
4.2	Комбайны 3У самоходные	10	250	2500	68,0
4.3	Силосоуборочные комбайны (прицепные и навесные)	7	240	1680	72,0
4.4	Силосоуборочные комбайны (самоходные)	10	196	1960	84,0
4.5	Свеклоуборочные комбайны	10	126	1260	108,0
4.6	Картофелеуборочные машины	10	144	1440	96,0
4.7	Хлопкоуборочные машины	10	160	1600	80,0
5	Сеноуборочные машины				
5.1	Косилки обычные	7	170	1190	56,0
5.2	Косилки ротационные	7	100	700	48,0
5.3	Косилки-плющилки	7	125	875	50,0
5.4	Косилки-плющилки ротац.	7	130	910	48,0
5.5	Косилки (жатки) самоходные	7	225	1575	72,0
5.6	Грабли боковые	7	165	1155	49,0
5.7	Пресс-подборщики (прямоугольные тюки)	7	190	1330	48,0
5.8	Пресс-подборщики (прямоугольные, габ. тюки)	7	190	1330	48,0
5.9	Пресс-подборщики рулонные	7	190	1330	48,0
6	Прочие машины				
6.1	Разбрасыватели МУ	7	100	700	72,0
6.2	Опрыскиватели штанговые	7	170	1190	66,0
6.3	Опрыскиватели садовые	7	170	1190	66,0
6.4	Жатки бобовые (валковые)	7	165	1155	72,0
6.5	Ботвоуборочные машины	7	160	1120	70,0
6.6	Погрузчики силоса	7	150	1050	40,0
6.7	Прицепы тракт. для кормов	7	285	1995	56,0
6.8	Прицепы тракт. для зерна	7	400	2800	56,0
* Составлено по материалам (236, 237, 136). ** Величина N_0 принята равной верхней границе для данной группы основных средств, определенных Налоговым Кодексом РФ (136).					

4. Торгово-закупочные расходы (Z_4 ; K_4). Определяют по ЦЗ-алгоритму. В реальных расчетах K_4 принимают по фактическим данным, а при модель-

ных принимают равным от 0,05 до 0,1 ($K_4=0,05\dots 0,1$).

5. Затраты на доставку, досборку регулировку (Z_5 ; K_5). Определяют по ЦЗ-алгоритму. При модельных расчетах коэффициент K_5 выбирают из условия $K_5 \leq 0,01$.

6. Затраты на строительномонтажные и пусконаладочные работы (Z_6 ; K_6). Определяют по ЦЗ-алгоритму. Этот вид затрат характерен в основном для стационарных объектов: сушилок, очистительных и сортировальных машин и т.д. При расчетах принимают средние значения, которые складываются на практике для того или иного вида техники. Для машин, входящих в состав мобильных сельскохозяйственных агрегатов $K_6=0$.

7. Налог на имущество (Z_7 ; K_7). Определяют по ЦЗ-алгоритму. Коэффициент K_7 рассчитывают по формуле, которая применена для вычисления коэффициента K_3 . При этом значение $\beta\%=2,0$ (ставка налога на имущество), $t=n$. При $n=10$ годам $K_7=0,11$.

Другие прямые расходы, зависящие от стоимости машины определяют аналогичным образом по ЦЗ-алгоритму. По статистическим данным суммарная величина коэффициентов, начиная с четвертого и далее, колеблется в основном в диапазоне 0,15 ... 0,2. Поэтому для экспрессных методов расчета можно использовать упрощенную формулу определения коэффициента K_0 : $K_0=K_1+K_2+K_3+0,2$.

8. Затраты на топливо и смазочные материалы (S_q). Их величина полностью определяется конструктивными особенностями энергетического средства, его мощностью и степенью эксплуатационной нагрузки двигателя:

$$S_q = C_t \cdot (q_n \cdot N \cdot k_{э\tau} \cdot 1000) \cdot k_c, \quad (6)$$

где C_t - цена топлива, руб./кг; q_n - удельный номинальный расход топлива, г/час л.с.; N - мощность двигателя, л.с.; $k_{э\tau}$ - коэффициент эксплуатационного расхода топлива. Оценивают экспериментально. Для модельных расчетов принимают $k_{э\tau}=0,85$; k_c - коэффициент учета стоимости смазочных материалов (отечественной техники и стран СНГ - 1,1; зарубежной - 1,25).

9. Расходы на оплату труда (S_m). Рассчитывают по формуле

$$S_m = S_{cp} \cdot r = m \cdot S_1 \cdot r, \quad (7)$$

где S_{cp} - средняя заработная плата одного с.-х. работника с учетом всех видов начислений и налоговых выплат, руб./чел.-ч; r - потребное количество работников для обслуживания машины, чел.; S_1 - тарифная ставка первого разряда работника бюджетной организации, руб.; m - коэффициент приведения S_{cp} к уровню S_1 .

В общем случае данный алгоритм предусматривает двухэтапную процедуру определения часовых затрат на оплату труда. На первом этапе величину S_m определяют любым методом, который доступен на момент расчетов. Далее находят величину коэффициента m ее приведения к величине S_1 . Последующие любые изменения экономической ситуации в стране будут законодательно отражаться на изменении S_1 , а вместе с ней и на S_{cp} . Таким образом, в предложенном алгоритме с помощью коэффициента m заработная плата

функционально связана с изменяющейся в стране экономической ситуацией. В условиях рыночной экономики выбор величины m определяется конкретными финансово-экономическими условиями предприятия. Для модельных расчетов $m=0,15$.

Достоинством алгоритма (237) является то, что используемая в нем величина $S_{\text{ср}}$ функционально связана с показателем трудоемкости выполнения машиной сельскохозяйственной работы соотношением

$$\Phi_{\text{зп}} = S_{\text{ср}} \cdot \lambda, \quad (8)$$

где $\Phi_{\text{зп}}$ - фонд заработной платы, руб.; λ - трудоемкость, чел.-ч.

10. Издержки от потерь продукции, ее засоренности и качества ($S_{\text{ип}}$).

Эта составляющая имеет место для комбайнов и машин для первичной и вторичной обработки урожая. Определяют по алгоритмам, регламентированным ОСТ 10.2.18-2001 (64), при величине оптимальной урожайности.

2. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ АГРЕГАТ.

Сельскохозяйственный агрегат - техническое устройство, состоящее из энергетического средства и набора рабочих сельскохозяйственных машин, которые совместно способны выполнять полезную работу.

Основным показателем, характеризующим экономические свойства сельскохозяйственного агрегата, являются часовые эксплуатационные затраты (ZA), которые определяются выражением:

$$ZA = ZM_1 + ZM_2 + \dots + ZM_j + \dots + ZM_L = \sum_{j=1}^L ZM_j. \quad (9)$$

В современных условиях реальные сельскохозяйственные агрегаты могут комплектоваться машинами как отечественного, так и зарубежного производства. Условия получения высокоэффективных сельскохозяйственных агрегатов требуют минимизации величины ZA , что достигается при $ZM_j \rightarrow \min$.

3. МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС.

Механизированный процесс - полезно выполняемая работа, которую осуществляет сельскохозяйственный агрегат. Главным экономическим показателем является себестоимость механизированного процесса ($SS_{\text{мп}}$). В терминах действующих отечественных методик экономической оценки это удельные эксплуатационные затраты сельскохозяйственного агрегата (ZW) (69,236,237).

$$SS_{\text{мп}} = ZW = ZA/W = \sum_{i=1}^m ZW_i, \quad (10)$$

где $W=0,1 \cdot B \cdot V \cdot k_3$ - эксплуатационная производительность агрегата, ед.наработки/час; B - ширина захвата агрегата, м; V - рабочая скорость агрегата, км/час; k_3 - коэффициент использования эксплуатационного времени.

Необходимым и достаточным условием комплектации высокоэкономичных сельскохозяйственных агрегатов является минимизация удельных эксплуатационных затрат каждой из машин, входящих в его состав: $ZM_j/W \rightarrow \min$. Достичь этого можно тремя способами: 1) за счет минимизации

ции ЧЭЗ комплектующих машин: $ZM_j \rightarrow \min$, $W = \text{const}$; 2) за счет выбора оптимальных режимов эксплуатации сельскохозяйственного агрегата, обеспечивающих максимальную величину его эксплуатационной производительности: $W \rightarrow \max$; $ZA = \text{const}$; 3) за счет совместного воздействия в требуемом направлении двух первых факторов: $ZM_j \rightarrow \min$ и $W \rightarrow \max$.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ.

Технологическая операция - взаимосвязанный комплекс работ, включающий один или несколько механизированных процессов и необходимый набор производственно-технологических материалов.

Главный экономический показатель - себестоимость технологической операции ($SS_{\text{то}}$):

$$SS_{\text{то}} = \sum_{j=1}^G SS_{\text{мп}j} + S_m, \quad (11)$$

где S_m - суммарная стоимость технологических материалов, потребных для реализации заданной технологической операции, руб./га.

5. МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.

Механизированная технология - комплекс технологических операций, обеспечивающий производство (хранение, переработку) сельскохозяйственной продукции. Формой существования технологии как объекта и рыночного товара является ее информационное описание, центральным ядром которого выступает технологическая карта.

Главный экономический показатель - себестоимость механизированной технологии ($SS_{\text{мт}}$):

$$SS_{\text{мт}} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n SS_{\text{то}ij}, \quad (12)$$

где $SS_{\text{то}ij}$ - затратная технологическая матрица, строками которой являются расходы на выполнения заданных технологических операций ($i=1, 2, \dots, n$), а столбцами соответствующие элементы принятой для технологических операций структуры затрат ($j=1, 2, \dots, m$). Размерность элементов матрицы: руб./ед. наработки.

Рассмотрим табличный алгоритм определения технико-экономических показателей механизированных технологий.

Технологическая карта аккумулирует в себе агрономическую, техническую и экономическую сущность механизированной технологии растениеводства. Совместить в рамках одной простой технологической карты всю полноту исходных и расчетных данных по каждой из указанных компонент очень сложно. Поэтому для практики, которая широко использует возможности современной вычислительной техники, естественным является переход на применение *интегрированных технологических карт* (ИТК). ИТК состоит из определенного набора связанных между собой дифференцированных технологических карт. Для целей испытаний и хозяйственной практики достаточным является набор, который содержит пять карт: карта производственных операций (форма ИТК-1); карта технической реализации (форма ИТК-

2,); состав технических средств (форма ИТК-3); карта прямых удельных технических затрат (форма ИТК-4); себестоимость технологии (форма ИТК-5) (169).

Структуру ИТК и табличный алгоритм определения основных технико-экономических показателей механизированных технологий рассмотрим на примере технологии производства яровой пшеницы, разработанной Самарским НИИСХ. Реализуется она на производственном модуле площадью 1000 га. Предшественник - озимые. По уровню интенсивности технология отнесена к классу нормальных технологий (класс **В**). Испытана в 1999...2001 гг. на Поволжской МИС.

Карта производственных операций (форма ИТК-1) представляет собой реализационную модель технологии, содержащую определенный набор технологических операций и условий для их выполнения. Во многом приведенная форма описания технологии совпадает с формой существующего Федерального Регистра. Отличие лишь в том, что в описание технологии введены дополнительные графы 2, 4 и 5, которые уточняют принадлежность производственных операций соответственно к технологическим модулям, периодам и длительностям их выполнения. Последний показатель (графа 5) особенно важен, так как он участвует в алгоритме определения потребности технологии в машинных агрегатах.

8.126. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-1

Карта производственных операций

Плановая урожайность - 20 ц/га. Интенсивность технологии - нормальная (В). Код - Р63.007.871.						
№	Код	Наименование операций	Год	Раб. дни	Исходные требования	Тип техники
1	2	3	4	5	6	7
1	111*	Лущение стерни	К	5	На 6-8 см в 1-2 следа, после зерновых и зернобобовых	Луцильники дисковые
2	112	Дискование почвы	К	5	После многолет. трав, 8-10 см в 2 следа	Тяж. Дисковые бороны
3	030	Внесение мин. удобрений	К	5	Под основную обработку фосфорно-калийные 100 кг/га д.в.	Разбрасыватели МУ
4	114	Рыхление 12-14 см	К	15	Через 8-10 дней после лущения	Почвообраб. орудие
5	313	Протравливание семян	L	5	Химические препараты: Байтан 2 кг/т	Спец. оборудование
6	411	Погрузка семян		5	Из расчета 180-220 кг/га	Погрузчики
7	412	Перевозка семян	L	5	Средний радиус перевозки 5 км	Автомобили
8	413	Загрузка сеялок семенами	L	5	4,5 - 5 млн. всхожих семян на один га	Загрузчики сеялок
9	036	Доставка МУ в поле	L	5	Азотные удобрения 70 кг/га д.в.	Погрузчики
10	429	Посев комб. агрегатами с МУ	L	5	Стартовая доза азотных удобрений	Комбинир. агрегаты
11	516	Защита от сорняков	L	3	В фазу кушения, смесь 2,4Д (40%) с лонтрелом (30%) в дозе 1,5+0,3 (300л) кг/га	Опрыскиватели
...						
17	621	Прямая уборка с коп. соломы	L	10	Чистый хлебостой, неустойчивая погода	Комбайн зерноубороч.
...						
23	900	Подготовка к реализации	L		По заявке потребителя	

* - цифра в разряде сотен указывает на номер технологического модуля, а два последних разряда отражают номер технологической операции внутри этого модуля

Карта технической реализации (форма ИТК-2) определяет конкретный вид мобильных сельскохозяйственных агрегатов и другой техники, а также потребное ее количество для успешной реализации технологии в целом на площади заданного производственного модуля. При этом рассчитанные значения количества потребных агрегатов округляют до целых чисел.

Неокругленные данные используют для пересчета потребности в технике для реализации технологии на любой площади. Алгоритмы определения расчетных данных для всех таблиц приведены в их нижней части. Отбор техники, оптимизирующей минимальную величину себестоимости технологии производят по минимуму ЧЭЗ. В производственных условиях в форму ИТК-2 включают те агрегаты, которые имеются в хозяйстве. В карте технической реализации представлены лишь основные агрегаты. Вклад вспомогательных учитывают суммарно в статье прочих прямых расходов. Данные по эксплуатационной производительности агрегатов (графа 4) и удельному расходу топлива (графа 5) получают в процессе испытаний или рассчитывают по рекомендованным формулам.

Состав технических средств (ИТК-3) формируют на основании данных формы ИТК-2. В рассматриваемой технологии лимитирующей операцией является посев. Для ее выполнения в заданные агротехнические сроки необходимо иметь пять посевных агрегатов с тракторами МТЗ-1221. Так как все последующие операции не перекрываются друг с другом, то, следовательно, этого количества энергетики достаточно для выполнения и других технологических операций. При этом общая загрузка 5 тракторов при реализации данной технологии составит 1461 час или в среднем примерно 292 часа на один трактор.

8.127. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-2

Карта технической реализации

№	Код операции	Технологическая операция агрегата	Состав	Уэк га/ч, т/ч	Расход топлива кг/га	Рабочий день, час	Плановый ресурс времени, час	Потребное кол-во агрегатов на 1000 га, шт.	Рабочий ресурс времени, час
1	2	3		4	5	6	7*	8*	9*
1	111	Лущение	МТЗ-1221+ЛДГ-10Б	6,3	4,5	10	50	3	53
2	030	Внесение МУ	МТЗ-1221+МВУ-5	11,3	1,3	10	50	2	44
3	114	Рыхление	МТЗ-1221+ОПО-4,25	2,4	11,7	14	210	2	208
4	429	Посев	МТЗ-1221+АУП-18.05	3,0	9,3	14	70	5	67
5	516	Защита от сорн.	МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	8	48	3	40
6	517	Защита от бол.	МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	8	48	3	40
7	518	Защита от вред.	МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	8	48	3	40
8	621	Прямая уборка	ДОН-1500Б	2,5	13,2	14	140	3	133
9	633	Уборка соломы	МТЗ-1221+ТПФ-45	3,3	4,5	12	140	3	101

* Расчетные графы. Графа 7 = графа 6 х графу 5 (ИТК-1); графа 8 = 1000 / (графа 4 х графа 7); округлить данные графы 8 до целых чисел; графа 9 = 1000 / (графа 4 х округленное значение графы 8); округлить данные графы 9 до целой величины.

С точки зрения оптимальной годовой загрузки объем работы в 1461 час по силам выполнить одному трактору. Однако жесткие агротехнические сроки выполнения отдельных технологических операций такую возможность исключают. Подобная ситуация имеет место и по целому ряду других машин. Так, урожай на площади в 1000 га мог бы убрать один комбайн. Однако сделать это в установленные агротехнические сроки он физически не может. Такая работа по силам только трем комбайнам. Из этих фактов следует важный вывод: *в рамках одной технологии реализовать режим интенсивной эксплу-*

Цена (графа 5) на технику со временем меняется и поэтому ее экономические показатели необходимо корректировать (задача экономического мониторинга).

№	Марка машины	Ко ли че ст во, шт	Еди- нич- ная за- грузка , час	Цена без НДС, тыс.руб	Аморт. ресурс, час	Затраты на ТО и ре- монт за срок службы, %	Ко	ЧЭЗ, Руб./ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Трактор МТЗ-1221	5	292	950000	10000	100	2,1	199*
2	ЗУ комбайн ДОН-1500Б	3	133	1650000	2500	70	1,8	1188*
3	Разбр. МУ МВУ-5	2	44	105000	1000	100	2,1	221
4	Лушитель ЛДГ-10Б	2	53	75000	1800	80	1,9	79
5	Орудие ОПО - 4,25	2	208	85000	1800	80	1,9	90
6	Комб. сеялка АУП-18.05	5	67	130000	1300	80	1,9	190
7	Опрыск. ОПШ-2000	3	120	210000	1200	70	1,8	315
8	Подбор. соломы ТПФ-45	3	101	95000	1800	100	2,1	111

Алгоритм. Графа 9=графа5 x графа 8/графа 6. * - без ГСМ и заработной платы.

№	Код	Технологическая операция	Состав агрегата	Взк Га/ч Т/ч	Расход ГСМ Кг/га	ГСМ, Руб./га	ЗП Руб. /га	Тр-п, Руб./га	СХМ, Руб./га	Всего, Руб./га	Вес, %
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11
1	111	Лушение стерни	МТЗ-1221+ЛДГ-10Б	6,3	4,5	24,8	7,1	31,7	12,5	76,1	4,8
2	030	Внесение мин. уд.	МТЗ-1221 +МВУ-5	11,3	1,3	7,2	4	17,7	19,6	48,5	3,0
3	114	Рыхление 12-14 см	МТЗ-1221+ОПО-4,25	2,4	11,7	64,4	18,8	83,3	37,5	204	12,8
4	429	Посев с МУ	МТЗ-1221+АУП-18.05	3,0	9,3	51,2	15	66,7	63,3	196,2	12,3
5	516	Защита от сорняков	МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	9,9	5,4	23,8	37,5	76,6	4,8
6	517	Защита от болезней	МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	9,9	5,4	23,8	36,9	76,6	4,8
7	518	Защита от вредителей	МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	9,9	5,4	23,8	37,5	76,6	4,8
8	621	Прямая уборка с коп. соломы	ДОН-1500Б	2,5	13,2	72,6	18	475,2	0	565,8	35,4
9	633	Уборка соломы	МТЗ-1221+ТПФ-45	3,3	4,5	24,8	13,6	60,6	33,6	132,6	8,3
10		Прочие прямые расходы	10%		4,9	27,5	9,3	80,7	27,8	145,3	9,1
Итого					54,8	302,2	102	887,3	306,8	1598,3	100
Вес, %						18,9	6,4	55,5	19,2	100	

Алгоритмы. Графа 6 = Цена x графа 5; графа 7 = Средняя часовая зарплата x количество механизаторов / графа 4; графа 8 = ЧЭЗ из ИТК-3 / графа 4; графа 9 = ЧЭЗ из ИТК-3 / графа 4; графа 10 = графа 6 + графа 7 + графа 8 + графа 9.

Себестоимость технологии (форма ИТК-5). Систематизирует все статьи затрат, определяет структуру себестоимости и планируемый уровень рентабельности. В нашем варианте рентабельность технологии составляет 23%.

8.130. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-5

Себестоимость технологии

Наименование	Кол-во	Цена, руб	Сумма, руб	Вес, %
1	2	3	4	5
1. Прямые удельные технические затраты			1598,3	32,8
в том числе : заработная плата, чел.-час	2,27	45	102	2,1
амортизация и ремонт трактора			887,3	18,2
амортизация и ремонт с/х машин			306,8	6,3
ГСМ, кг/га	54,8	5,5	302,2	6,2
2. Семена, кг/га	200	5	1000	20,6
3. Минеральные удобрения, N70P60K40			448,9	9,2
в том числе: селитра аммиачная, кг/га	205	0,95	194,7	4
суперфосфат двойной, кг/га	140	1,6	224	4,6
калий хлористый, кг/га	67	0,45	30,1	0,6
4. Средства защиты растений			1587	32,6
в том числе: байтан, кг/га	0,4	600	240	4,9
аминная соль 2,4-Д, кг/га	1,5	50	75	1,5
лонтрел, кг/га	0,3	1740	522,00	10,7
тилт, л/га	0,5	870	435	8,9
БИ-58, кг/га	1,5	210	315	6,5
Всего прямых затрат			4634,2	95,2
5. Накладные расходы и налоги, 5%			231,8	4,8
Себестоимость технологии			4866	100
Расчетная выручка при 20 ц/га и цене зерна 300 руб/ц	20	300	6000	
Коэффициент возврата средств, %			123	

Работоспособность описанных методов оценки технико-экономических показателей сельскохозяйственных машин и технологий многократно проверена специалистами Поволжской МИС и Самарского НИИСХ на примерах испытания различных технологий производства продукции растениеводства (яровая и озимая пшеницы, подсолнечник, картофель, соя, хмель и др.), а также при разработке бизнес планов и решении задач выбора наиболее эффективной техники. Описанные алгоритмы легко реализуются в стандартной среде Microsoft Excel.

8.16.3. Принципы проектирования технического оснащения АЛСЗ

Техническое оснащение должно проектироваться как сложная динамическая система, способная формироваться, функционировать и развиваться адекватно многообразию региональных условий производства сельскохозяйственной продукции.

На текущем этапе технического оснащения обеспечивается оптимизация выбора и наилучшего использования существующих на данный момент механизированных технологий и технических средств применительно к условиям многочисленных товаропроизводителей. На этом же этапе определяется степень соответствия существующего технического оснащения требованиям сельхозпроизводства, обосновываются приоритетные направления совершенствования действующих механизированных технологий и создания перспективных комплексов технических средств.

На этапе обновления и совершенствования системы технического оснащения отрасли, используя результаты прогноза средне- и долгосрочных

изменений условий сельскохозяйственного производства, а также анализа действующей системы механизации, разрабатываются и создаются новые перспективные механизированные технологии и технические средства.

Описанная этапность проектирования носит достаточно условный характер, поскольку в каждый момент “жизни” системы одновременно присутствуют и взаимно сосуществуют оба этапа. Данное обстоятельство должно учитываться при разработке общих принципов и последовательности проектирования оптимального технического оснащения сельхозтоваропроизводителей (рис. 8.9).

Предметом проектирования выступают оптимальные составы машинно-тракторного парка многочисленных товаропроизводителей, а также региональные механизированные технологии и реализующие их комплексы технических средств.

Для оптимизации структуры и состава машинно-тракторного парка (МТП) сельхозпредприятий необходимо наличие целого комплекса исходной информации о применяемых в регионе агротехнологиях возделывания и уборки с.-х. культур, календарных параметрах выполнения механизированных работ, характеристиках многочисленных машинно-тракторных агрегатов и отдельных технических средств, системы специальной нормативно-справочной информации (НСИ). Для этого необходимо создание специальных банков данных (БД).

В результате информационной идентификации из многообразия хранящихся в базах данных информации формируются характеристики механизированных технологий, технологических операций и альтернативных машинно-тракторных агрегатов применительно к конкретным условиям объекта проектирования (сельхозпредприятия).

Ключевым элементом разрабатываемой системы проектирования технического оснащения растениеводства является оптимизация состава МТП сельхозтоваропроизводителей. При этом логика построения математической модели, критерий оптимизации и алгоритм машинной реализации должны обеспечивать выбор оптимального состава энерго- и сельхозмашин, их рациональную загрузку по периодам полевого сезона и видам выполняемых механизированных работ с минимальными для товаропроизводителя затратами трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

Не менее трудоемким и значимым в сравнении с подготовкой исходных данных является процесс послеоптимизационного анализа результатов. В ходе послеоптимизационного анализа должны быть рассчитаны и сформированы такие важные характеристики оптимального парка машин, как номенклатурный и количественный состав техники, графики ее сезонной загрузки, содержание уточненных с учетом выбранных средств механизации технологических карт по всем возделываемым в хозяйстве с.-х. культурам, экономические показатели формирования и использования средств механизации и др.

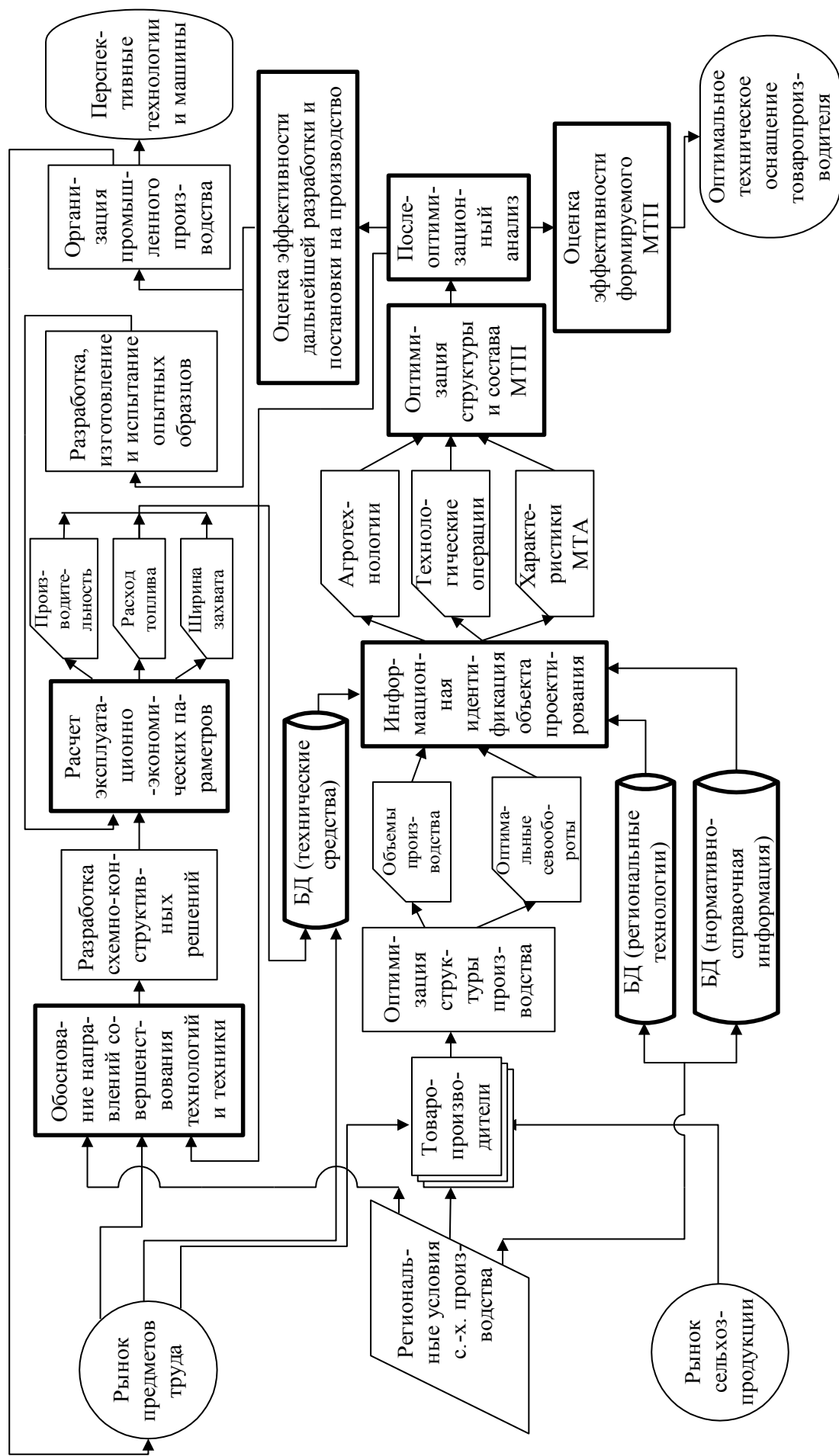


Рисунок 8.9. Схема проектирования оптимального технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Заключительным этапом проектирования оптимального технического оснащения конкретных товаропроизводителей является оценка эффективности полученного в результате оптимизации машинно-тракторного парка. В ходе оценки анализируется целесообразность приобретения техники в собственность, либо коллективных форм ее использования, определяется размер потребных инвестиций для формирования, пополнения или обновления машинно-тракторного парка, оценивается их окупаемость в условиях наличия собственных или привлечения заемных денежных средств и т.д.

Результатом индивидуального проектирования оптимального технического оснащения сельхозтоваропроизводителей является подготовка научно обоснованного бизнес-плана по формированию, обновлению и пополнению машинно-тракторного парка хозяйства.

Вместе с тем, результаты индивидуального проектирования оптимального технического оснащения сельхозпредприятий являются важным источником информации для анализа степени соответствия действующей системы механизации требованиям производства с учетом потребностей рынка, новых достижений в области селекции и семеноводства, агротехнологий и т.д.

В ходе такого анализа выявляются наиболее ресурсозатратные механизированные технологии и технические средства для их реализации, определяются наиболее перспективные направления первоочередного совершенствования технического оснащения отрасли. При обосновании таких направлений помимо требований производства учитываются реальные возможности на ближайшую перспективу науки и производства по разработке и созданию перспективных механизированных технологий и технических средств.

Выявленные направления совершенствования являются основанием для выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке и созданию перспективной техники.

На этапе НИР проводится предварительная разработка схемно-конструктивных решений создаваемых машин и, далее, рассчитываются теоретические значения их технико-эксплуатационных и экономических параметров (производительность, расход ГСМ, ширина захвата, предполагаемая цена реализации при постановке на производство и др.).

Далее создаваемая новая техника должна пройти предварительную теоретическую технико-экономическую оценку целесообразности продолжения начатых разработок. Для этого характеристики новых машин включаются в общий банк данных существующих средств механизации и выполняются расчеты по оптимизации состава МТП различных товаропроизводителей региона с участием в выполнении механизированных работ в качестве альтернатив машинно-тракторных агрегатов на базе разрабатываемой техники.

Сравнительный технико-экономический анализ оптимального МТП, формируемого на базе существующих и создаваемых средств механизации, позволяет оценить целесообразность продолжения новой разработки.

В случае положительных результатов предварительной технико-экономической оценки выполняется разработка, изготовление и испытание опытных образцов новой техники. В ходе лабораторных и производственных

испытаний уточняются теоретические значения ее эксплуатационно-экономических характеристик, после чего выполняются работы по повторной оценке эффективности разработок.

Положительные результаты повторного технико-экономического анализа служат основанием для принятия решения о постановке новой техники на производство. Организация промышленного производства перспективных средств механизации пополняет или обновляет номенклатуру техники на рынке предметов труда.

При выборе технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия для конкретных сельхозпредприятий необходимо выполнять все-сторонний технико-экономический анализ существующих на рынке средств механизации. В качестве основных характеристик, указывающих на степень соответствия существующих технических средств требованиям производства, выступают агротехнологические, технико-эксплуатационные и экономические показатели (рис. 8.10).

Агротехнологические характеристики определяют степень соответствия оцениваемой машины или технологического комплекса требованиям агротехники и технологии возделывания полевых культур, определяемым биологическими особенностями растений и природно-климатическими условиями региона.

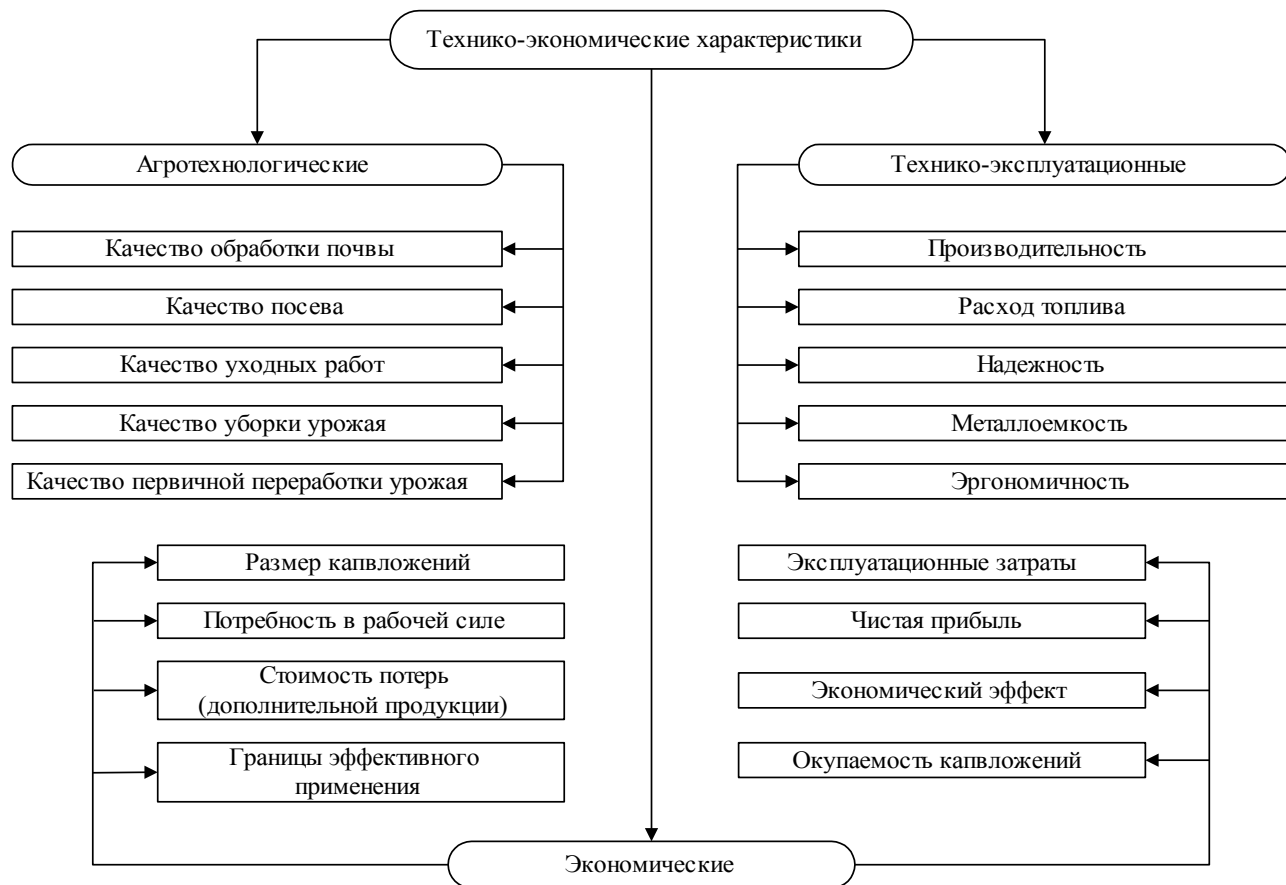


Рисунок 8.10 Структура основных технико-экономических характеристик средств механизации растениеводства

Другой важной группой характеристик средств механизации являются технико-эксплуатационные характеристики, указывающие на эффективность оцениваемой машины с позиций замены ею ручного труда. К таким характеристикам следует в первую очередь отнести производительность, эксплуатационную надежность, энерго- и металлоемкость, эргономические показатели.

Эксплуатационная надежность, прочность и долговечность узлов и деталей машины, являясь чисто техническими показателями, зачастую оказывают большое влияние на эффективность применения машин. Иногда более дорогая, но более надежная машина выгоднее, чем менее дорогостоящая. Более высокая цена в этом случае компенсируется экономией затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии в период ее эксплуатации.

С переходом АПК России на рыночные методы хозяйствования появляются новые требования к эксплуатационным показателям машин. Настоятельной необходимостью становится решение проблемы сокращения их номенклатуры и металлоемкости. Для крестьянских (фермерских) хозяйств универсальные машины с быстросменными рабочими органами, монтаж которых осуществляется трактористом без привлечения дополнительных рабочих, становятся весьма актуальными. Такие же требования предъявляются и при составлении комбинированных агрегатов, способных за один проход выполнять несколько операций.

Современный уровень цен на горюче-смазочные материалы делает их в структуре себестоимости сельскохозяйственной продукции соизмеримыми с затратами на заработную плату и капитальными вложениями в технику. Поэтому вопросы экономии горючего в технико-эксплуатационных требованиях выдвигаются в разряд важных проблем. Пути решения вопросов экономии топлива различны. В их числе создание экономичных двигателей и конструкций самоходных машин, требующих пониженного расхода топлива на самопередвижение. Важную роль играет возможность составления агрегатов, рационально использующих тяговую мощность мобильных средств.

Группа экономических характеристик в значительной степени определяется агротехнологическими и технико-эксплуатационными показателями.

Только комплексный, системный анализ всех трех групп перечисленных характеристик позволяет выявить наиболее эффективные пути формирования технического оснащения конкретных сельхозпредприятий с учетом их региональных особенностей.

8.16.4. Математическое и информационное обеспечение проектирования технического оснащения АЛСЗ

При определении потребности сельхозтоваропроизводителей в технике для реализации адаптивно-ландшафтной системы земледелия рекомендуется использовать разработанную во ВНИПТИМЭСХ математическую модель оптимизации машинно-тракторного парка и комплекс поддерживающих ее подсистем алгоритмно-программного и информационного обеспечения.

Математическая модель представляет собой модель дробно-линейного целочисленного программирования, обеспечивающую максимизацию критерия эффективности живого труда при выполнении системы технологических ограничений и балансовых уравнений.

Укрупненное формализованное описание математической модели имеет следующий вид.

Требуется максимизировать целевую функцию вида:

$$\frac{\sum_{f=1}^F S_f Y_f C_f - \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{ijk} \cdot x_{ijk} + \sum_{n=1}^N B_n \cdot R_n \cdot XN_n + \sum_{s=1}^S B_s \cdot R_s \cdot XS_s \right)}{XM} \rightarrow \max$$

при выполнении следующих групп ограничений.

1. Все виды и объемы механизированных работ должны быть выполнены полностью и в рекомендуемые агросроки:

$$\sum_k W_{ijk} \cdot t_{ij} \cdot X_{ijk} \geq Q_{ij}, i=1 \dots I, j=1 \dots J.$$

2. Потребность сельхозпредприятия в средствах механизации определяется их максимальным количеством в наиболее напряженных периодах полевого сезона:

$$\sum_i \sum_k \alpha_{ikn} \cdot \beta_{ijn} \cdot X_{ijk} - XN_n \leq 0, n=1 \dots N, j=1 \dots J,$$

$$\sum_i \sum_k \alpha_{iks} \cdot \beta_{ijs} \cdot X_{ijk} - XS_s \leq 0, s=1 \dots S, j=1 \dots J.$$

3. Потребность в механизаторах определяется их необходимым количеством в наиболее напряженном периоде:

$$\sum_i \sum_k \alpha_{ik} \cdot X_{jk} - XM \leq 0, j=1 \dots J.$$

4. Основные переменные математической модели должны иметь неотрицательные значения:

$$XN, XS, XM \geq 0.$$

5. Основные переменные модели должны определяться целочисленно:

$$XN, XS, XM \rightarrow \text{целые}.$$

Переменные, входящие в состав описанной модели, имеют следующее содержание:

S_f, Y_f, C_f — соответственно площади, урожайности и цены реализации f -й культуры; C_{ijk} — текущие эксплуатационные затраты (без реновации) на выполнение i -й операции k -м машинно-тракторным агрегатом в j -м периоде; X_{ijk} — количество k -х агрегатов, используемых на выполнение i -й работы в j -м периоде; B_n, B_s — соответственно балансовые цены n -х энерго- и s -х сельхозмашин; R_n, R_s — доля отчислений на реновацию (от балансовой цены) n -х энерго s -х сельхозмашин; XN_n — количество n -х энергомашин в составе машинно-тракторного парка; XS_s — количество s -х сельхозмашин; XM — общая потребность сельхозпредприятия в механизаторских кадрах в полеводстве; F, I, J, K, N, S — соответственно множество возделываемых

сельскохозяйственных культур, видов механизированных работ, рабочих периодов полевого сезона, видов машинно-тракторных агрегатов, энерго- и сельхозмашин; t_{ij} – продолжительность (в днях) выполнения i -й механизированной работы в j -й период; W_{ijk} – дневная производительность k -го машинного агрегата на выполнении i -й работы в j -й период; Q_{ij} – объем i -й работы, выполняемой в j -м периоде; α_{ikn} , α_{iks} – соответственно количество n -х энергомашин и s -х сельхозмашин в составе k -го агрегата на i -й работе в j -м периоде; β_{ijn} , β_{ijs} – соответственно коэффициенты комплектации энерго- и сельхозмашин ($\beta = 1$ при наличии и $\beta = 0$ при отсутствии машин в составе агрегата); XN_n , XS_s , XM – соответственно максимальная потребность в n -х энергомашинах, s -х сельхозмашинах и механизаторах.

Компьютерная реализация описанной математической модели выполняется с помощью подсистем информационного и алгоритмно-программного обеспечения. Подсистема информационного обеспечения осуществляет подготовку и расчет всех коэффициентов, входящих в состав модели оптимизации, используя при этом специальные базы данных и алгоритмы формирования исходной информации.

Общая схема формирования информации для проектирования оптимального состава машинно-тракторного парка сельхозтоваропроизводителей представлена на рис. 8.11. Основу подсистемы информационного обеспечения составляют базы нормативно-справочной информации, содержимое которых используется на различных этапах формирования исходных данных по конкретному проектируемому объекту. Процесс подготовки исходных данных условно можно представить состоящим из двух основных этапов. На первом этапе формируются показатели, характеризующие особенности сельскохозяйственного предприятия (производственная структура, зональное размещение, используемые севообороты) и производные характеристики от этих показателей.

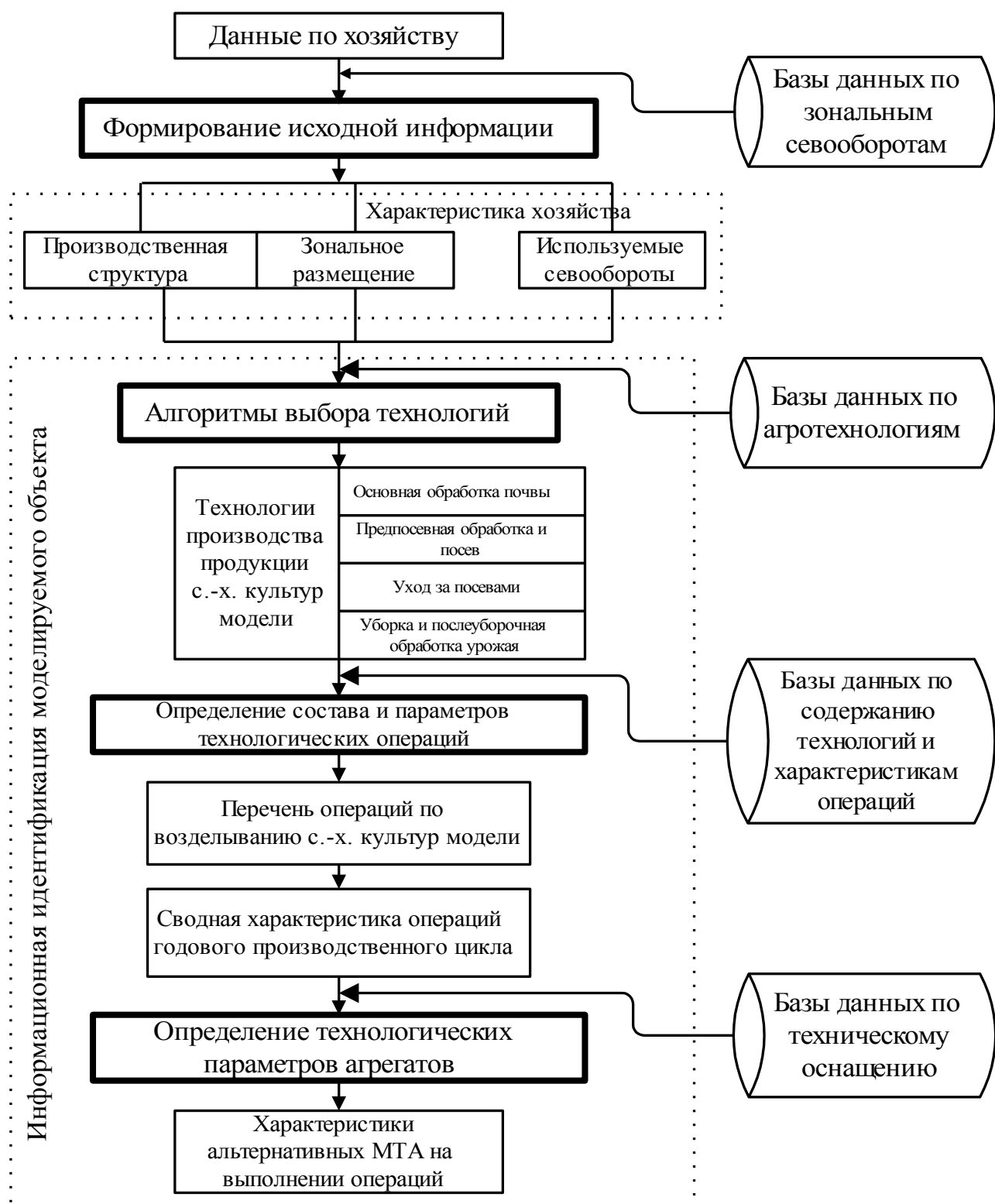


Рисунок 8.11. Схема формирования информации для проектирования технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Вторым этапом является информационная идентификация объекта проектирования, обеспечивающая выбор из хранящейся в базах агротехнической, технико-технологической и экономической информации данных, отвечающих условиям конкретного с.-х. предприятия.

Исходная информация, описывающая объект проектирования, разделяется на общую характеристику хозяйства и данные по используемым в хозяй-

стве севооборотов. Общая характеристика хозяйства, в свою очередь, включает данные о зональном размещении и особенностях структуры производства.

Созданные в информационной подсистеме базы данных должны содержать полное описание зональных агротехнологий возделывания и уборки всех с.-х. культур, выращиваемых в регионе. Агротехнологии представлены в базах блоками основной обработки почвы, посева и ухода за посевами с.-х. культур, уборки и послеуборочной обработки урожая.

Алгоритмно-программный комплекс подсистемы информационного обеспечения осуществляет выбор сочетания агротехнологий для конкретного сельхозтоваропроизводителя с учетом его индивидуальных особенностей.

В результате информационной идентификации формируются промежуточные базы данных, в которых каждому полю рассматриваемых севооборотов с.-х. предприятия ставятся в соответствие одна или несколько конкретных технологий с указанием объемов работ, выполняемых по каждой из них.

Следующий этап информационной идентификации обеспечивает определение перечня механизированных работ, выполняемых в хозяйстве в течение всего полевого периода, сроков их проведения, выполняемых объемов, значений нормообразующих факторов, расстояний перевозок удобрений, семян, урожая и других характеристик (рис. 8.12).

Полученная на данном этапе информация является базой для последующих расчетов технико-экономических характеристик альтернативных машинно-тракторных агрегатов.

Подготовка исходных данных по машинно-тракторным агрегатам, участвующим в качестве альтернатив на выполнении механизированных работ, осуществляется с помощью специальных алгоритмов с использованием характеристик технических средств.

Основными показателями, определяемыми на данном этапе, являются сменная производительность и расход топлива МТА, удельные эксплуатационные издержки на единицу выполняемой работы.

Для их расчета осуществляется компьютерное составление машинно-тракторных агрегатов для каждой из механизированных работ, выполняемых в данном сельхозпредприятии.

Заключительным этапом подготовки исходной информации является расчет технико-экономических характеристик машинно-тракторных агрегатов (рис. 8.13), которые используются при определении основных составляющих эксплуатационных затрат на выполнение единицы объема механизированных работ конкретным агрегатом.

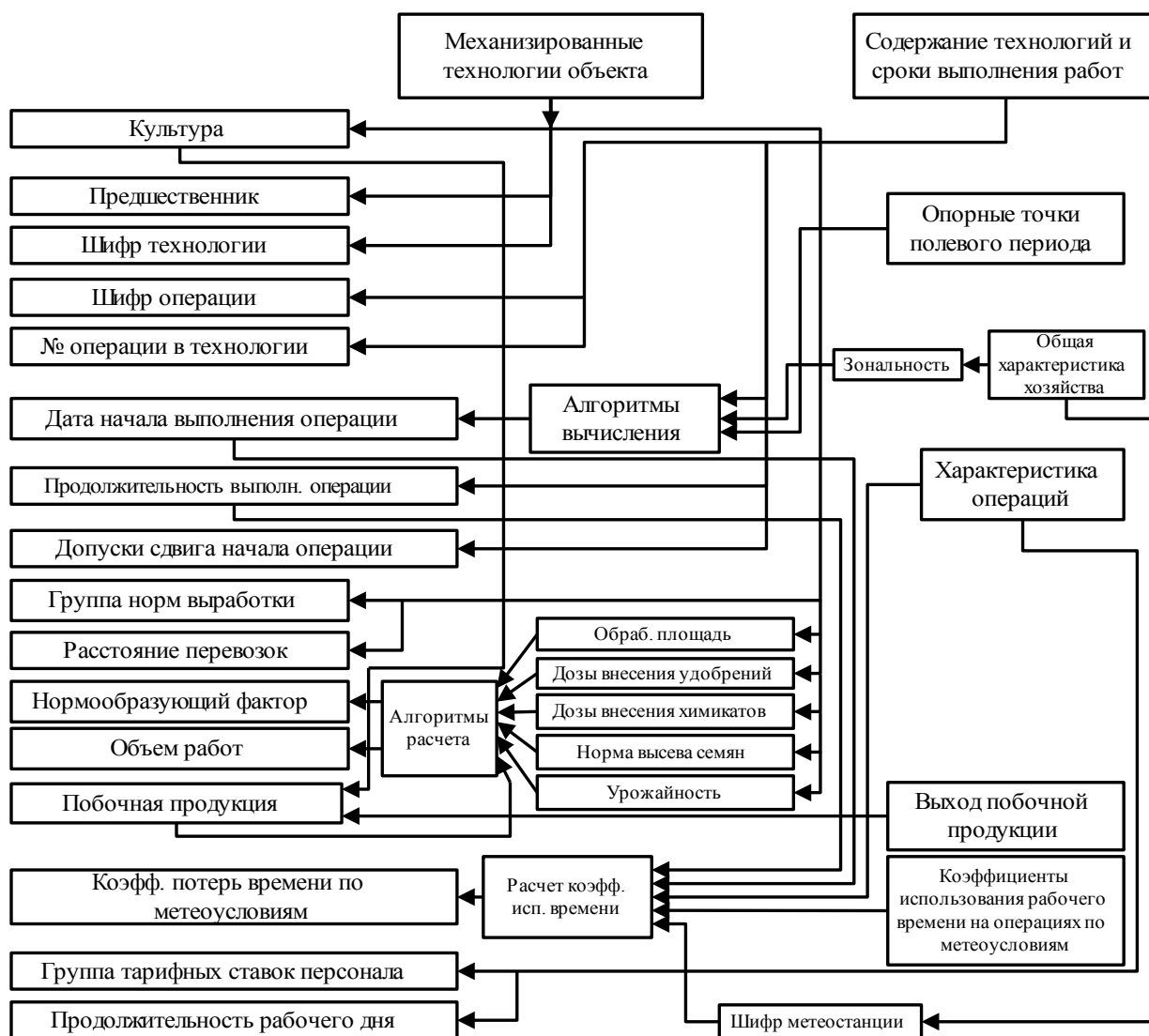


Рисунок 8.12 Схема определения характеристик операций по возделыванию и уборке с.-х. культур

Основными составляющими прямых эксплуатационных затрат являются отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты машин, входящих в состав машинно-тракторных агрегатов, стоимость топлива, а также затраты на оплату труда механизаторов и подсобных рабочих с начислениями.

Автоматизация процесса формирования исходных данных по проектируемому объекту и дальнейшей информационной идентификации сводит неизбежные при ручной подготовке ошибки к минимуму, повышая тем самым достоверность и адекватность результатов оптимизации.

Алгоритмно-программная реализация формирования исходной информации позволяет свести к минимуму и время подготовки исходных данных при проектировании технического оснащения конкретного с.-х. предприятия.

Максимальное время подготовки исходной информации для любого товаропроизводителя на персональных ЭВМ с процессорами типа PENTIUM не превышает 2 минут.

The diagram illustrates the calculation scheme for the cost of maintenance and repair of agricultural machines (MTA). It shows the flow of data from input characteristics to final cost calculations.

Input Data (Top Left):

- Состав МТА (MTA Composition):
 - Шифр и к-во энергомашин (Code and quantity of energy machines)
 - Шифр и к-во с.-х. машин 1 (Code and quantity of agricultural machines 1)
 - Шифр и к-во с.-х. машин 2 (Code and quantity of agricultural machines 2)
 - Шифр и к-во с.-х. машин 3 (Code and quantity of agricultural machines 3)

Input Data (Top Right):

- Отчисления на реновацию, кап. и тек. ремонты машин в составе МТА (Deductions for renovation, capital and current repairs of machines in the composition of MTA)
- Характеристика машин (Machine characteristics)

Intermediate Calculations and Data Flow:

- Характеристика МТА (MTA Characteristics)** receives input from the MTA composition and the deductions for renovation and repairs.
- Алгоритмы расчета (Calculation Algorithms)** receive input from the MTA characteristics and the machine characteristics.
- Расчетная сменная производительность (Calculated shift productivity)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Удельный расход топлива (Specific fuel consumption)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Стоимость ГСМ (Cost of GCM)** is calculated based on the specific fuel consumption and the price of fuel (Цена горючего).
- К-во обслуживающего персонала (Number of maintenance personnel)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Разряд обслуживающего персонала (Maintenance personnel grade)**, **Группа операций (Operation group)**, **Длительность выполнения операции (Operation execution duration)**, and **Группа района по тарифным ставкам (Rate group of the region)** are input data for the **Расчет часовой оплаты труда (Hourly wage calculation)**.
- Зарплата (Salary)** is calculated based on the hourly wage calculation.
- Признак комплектности (Completeness flag)** and **Признак рядности (Row flag)** are input data for the **Расчет эксплуатационных затрат (Calculation of operating expenses)**.
- Отчисл. на закрепление мех-ров (Deductions for equipment attachment)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Удельные эксплуатационные издержки (Specific operating expenses)** are calculated based on the operating expenses and the volume of work.
- Объем работ (Volume of work)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Срок выполнения операции (Operation execution time)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Продолжительность рабочего дня (Working day duration)** is calculated based on the MTA characteristics.
- Коэфф. исп. времени по метеоусловиям (Coefficient of time use by weather conditions)** and **Коэфф. потерь времени по тех. причинам (Coefficient of time loss by technical reasons)** are input data for the **Характеристика операций по модельному объекту (Operation characteristics by model object)**.
- Характеристика операций по модельному объекту (Operation characteristics by model object)** receives input from the MTA characteristics and the operation characteristics.

Output Data (Bottom):

- Расчетная сменная производительность (Calculated shift productivity)
- Удельный расход топлива (Specific fuel consumption)
- Стоимость ГСМ (Cost of GCM)
- К-во обслуживающего персонала (Number of maintenance personnel)
- Зарплата (Salary)
- Признак комплектности (Completeness flag)
- Признак рядности (Row flag)
- Отчисл. на закрепление мех-ров (Deductions for equipment attachment)
- Удельные эксплуатационные издержки (Specific operating expenses)
- Объем работ (Volume of work)
- Срок выполнения операции (Operation execution time)
- Продолжительность рабочего дня (Working day duration)

эффективности всего комплекса средств механизации и отдельных энерго- и сельскохозяйственных машин в его составе.

Общая структура результатов оптимизации представлена на рис. 8.14.

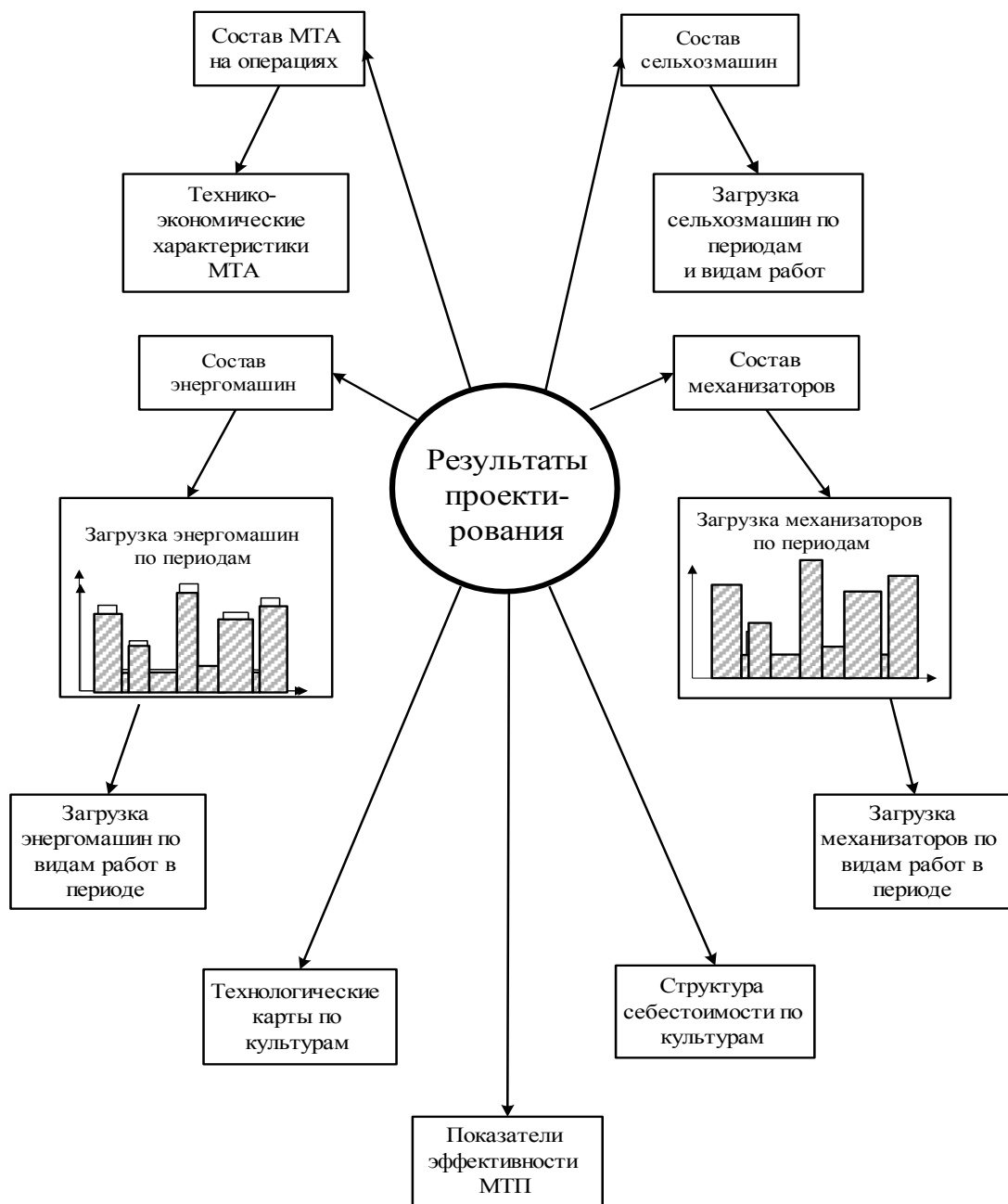


Рисунок 8.14 Структура представления результатов оптимизации состава машинно-тракторного парка сельхозпредприятия

Форма представления показателей эффективности оптимального состава машинно-тракторного парка должна содержать сводные характеристики, необходимые для его общей технико-экономической оценки. В число отображаемых показателей входят: эксплуатационные затраты (суммарные и по отдельным структурным составляющим), величина потребных капиталовложе-

ний (в целом и отдельно для энергомашин и шлейфа агрегируемых орудий), затраты труда, количество механизаторов и подсобных рабочих, а также значение целевой функции.

Оптимальный состав энергосредств представляется информацией о наименовании энергомашин, их количестве, балансовой цене, стоимости всех вошедших в парк машин одного наименования, фактической годовой загрузке энергомашин, полученной в результате оптимизации, суммарном расходе топлива по каждой из энергомашин на всем объеме выполняемых ею работ. Приводятся также итоговые данные по количеству, стоимости, массе, расходу топлива по группам энергомашин одного функционального назначения (гусеничных тракторов, колесных тракторов общего назначения, универсально-пропашных тракторов, самоходных машин, автомобилей, стационарных установок, универсальных энергосредств).

Любая из энергомашин, вошедших в оптимальный парк, может быть выбрана для дальнейшего анализа и получения более конкретизированной информации. Такая информация представляется с помощью графиков загрузки техники (рис. 8.15). На графике отображаются сведения об использовании машин данной марки в течение полевого периода.

Подобный механизм анализа загрузки энергомашин позволяет оперативно выявлять напряженные для данной машины рабочие периоды, операции, выполняемые в анализируемый период, характеристики выполняемых операций, количественный и марочный состав машинно-тракторных агрегатов, соотношение объемов работ, выполняемых агрегатами различного состава на одной операции, и другую необходимую информацию.

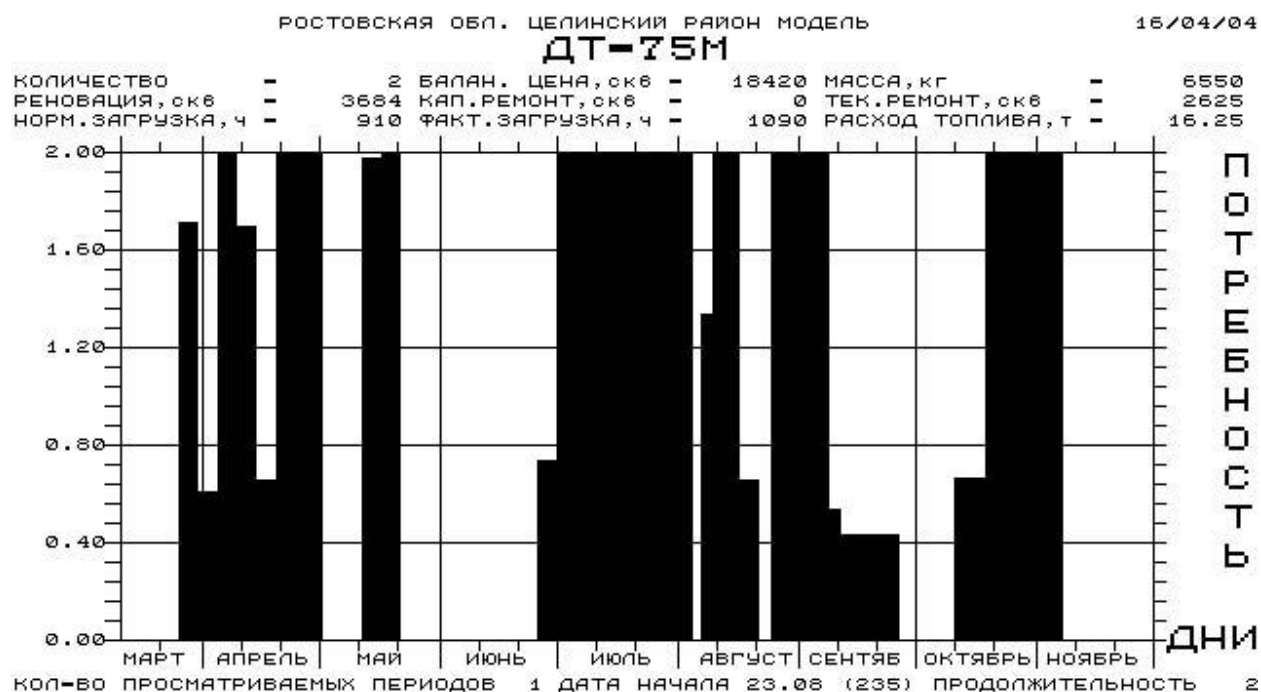


Рисунок 5.15 График загрузки энергомашины в течение полевого периода

Структура и содержание информации, характеризующей состав и по-
операционную загрузку сельскохозяйственных машин, аналогичны ха-
рактеристике энергосредств. Отличие заключается в отсутствии для с.-х. машин
графиков загрузки в течение полевого периода и расхода топлива, которые
определяются только для агрегатируемых с ними энергомашин.

Для анализа использования рабочей силы формируются графики за-
грузки всех категорий работающих.

Результатом оптимизации являются также технологические карты воз-
делывания и уборки всех сельскохозяйственных культур, экономические ха-
рактеристики технологий, а также калькуляция себестоимости всех культур,
возделываемых в хозяйстве.

Экономические показатели технологии (табл. 8.131) используются в
блоке послеоптимизационного анализа отдельной формой для оперативного
выявления наиболее ресурсозатратных групп работ и оценки их удельного
веса в общей технологии.

8.131. Экономические показатели технологии производства
Озимая пшеница по гороху
Ростовская область Южная подзона Целинный район
Модель

Операция	Затраты труда, ч-час	Расход ГСМ, кг	Зарплата, тыс. руб	Стоимость ГСМ, тыс. руб	Отчисления на ренова- цию, тыс.руб	Отчисления на ремонт, тыс. руб	Эксплуата- ционные затраты, тыс. руб
Осн. обра- ботка	319,9	6450,3	16,4	44,9	65,5	54,8	181,5
Посев	319,1	4135,2	11,7	28,8	48,5	28,7	117,7
Уходн. работы	184,1	2598,3	7,4	18,8	24,4	17,1	67,7
Уборка	661,6	6112,9	28,9	42,5	474,7	107,6	653,7
Всего	1484,7	19396,8	64,3	134,9	613,1	208,2	1020,6
На 1 га	6,2	80,8	268,1	562,0	2554,3	867,7	4252,3
На 1 ц	0,2	2,2	7,4	15,6	71,0	24,1	118,1

Наличие такого аналитического документа облегчает выявление прио-
ритетных направлений совершенствования существующих или разработки
новых машин для механизации производственных процессов растениевод-
ства.

Аналитическая форма “Затраты на материалы по культуре” содержит
информацию о затратах топлива, семян, минеральных и органических удоб-
рений, а также средств защиты растений в натуральном и стоимостном выра-
жении.

Калькуляция себестоимости производства конкретной культуры
(табл. 8.132) используется для расчета показателей эффективности капиталов-
ложений в техническое оснащение сельхозпредприятия.

8.132. Калькуляция себестоимости культуры
Озимая пшеница по гороху
Ростовская область Южная подзона Целинный район
Модель

Составляющие затрат	Величина затрат		
	Всего, тыс. руб	На 1 га, руб.	На 1 ц, руб
Зарплата с начислениями	89,1	371,3	10,3
Стоимость ГСМ	134,9	562,0	15,6
Стоимость семян	120,0	500,0	13,9
Стоимость минеральных удобрений	300,0	1250,0	34,7
Стоимость средств защиты	13,2	55,0	1,5
Амортизация	613,1	2554,5	71,0
Ремонты	208,2	867,7	24,1
Накладные расходы	102,9	428,9	11,9
Итого	1581,5	6589,5	183,0

Система компьютерного проектирования технического обеспечения АЛСЗ позволяет определять потребность в технике для любых сельскохозяйственных товаропроизводителей с учетом их зонального размещения, размеров землепользования и отраслевой специализации. Система позволяет проводить анализ агротехнологических, технико-эксплуатационных и экономических характеристик формируемого машинно-тракторного парка конкретного сельхозпредприятия, а также выявлять направления дальнейшего совершенствования системы механизации.

8.16.5 Экономическая эффективность формирования технической базы АЛСЗ

Разрушение технической базы сельскохозяйственных предприятий и сложность ее восстановления в условиях экономического спада производства, диспаритета цен на средства механизации и продукцию аграрного сектора экономики, низкой платежеспособности хозяйств, неблагоприятного инвестиционного климата в отрасли требуют строгого научного обоснования эффективности инвестиций в формирование технической базы адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Эффективность формирования технической базы в современных условиях определяется, с одной стороны, производственными характеристиками предприятия (схема применяемых севооборотов и структура посевных площадей, размеры землепользования, урожайности сельскохозяйственных культур) и, с другой стороны, финансово-экономическими факторами, в среде которых осуществляется его деятельность (цены на производимую продукцию и средства механизации, норма доходности капитала и др.).

Некоторые пороговые значения перечисленных факторов являются критическими для показателей эффективности инвестиций в реальные активы сельскохозяйственных предприятий. Расчеты по определению границ эффективности капиталовложений в формирование машинно-тракторного парка

достаточно сложны. Решение этой задачи предполагает проведение многошаговых итерационных расчетов при фиксированных значениях совокупности производственно-экономических факторов и изменении одного из них до достижения порогового значения.

Сельскохозяйственные предприятия, расположенные в разных природно-климатических зонах, имеют различную структуру посевных площадей и схемы типовых севооборотов. Зональность размещения существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Низкие урожайности, как правило, не обеспечивают окупаемости производственных затрат, поэтому в таких условиях формирование и использование собственной технической базы становится экономически неэффективным.

Номенклатурный и количественный состав машинно-тракторного парка определяет потребный размер капиталовложений в его формирование.

Наиболее существенно величина потребных удельных капиталовложений зависит от размеров землепользования сельхозтоваропроизводителей и уровня цен на сельхозтехнику. Так, при изменении размеров пашни от 125 до 2500 га удельная стоимость парка изменяется от 50,1 до 9,4 тыс. руб./га.

Таким образом, экономическая эффективность технического оснащения АЛСЗ определяется целой системой зональных, организационно-экономических и агротехнологических факторов, которые должны рассматриваться и учитываться для каждого конкретного сельхозпредприятия в комплексе.

Сложность определения показателей и границ эффективности инвестиций требует индивидуального подхода к анализу инвестиционных проектов каждого конкретного сельхозпредприятия, который, как правило, не может быть выполнен силами его специалистов. Для этих целей рекомендуется использовать систему специально разработанных номограмм. Первая из них (рис. 8.18.) позволяет определять необходимый размер капиталовложений в формирование МТП сельхозпредприятия (I_0), а также величину ежегодных денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта.

По осям номограммы размещены площадь пашни (S , га), валовой сбор продукции (Q , тыс. ц.к.е), выручка от реализации (B_p , млн. руб.), текущие затраты без амортизации МТП (Π_3 , млн. руб.), размер потребных капиталовложений (I_0 , млн. руб.), а также ежегодные денежные поступления (R , млн. руб.).

В первом квадранте представлено семейство прямых, характеризующих различные средние урожайности с.-х. культур в данной зоне. Семейство прямых второго квадранта характеризует различные цены реализации продукции в руб./ц к.е.

В четвертом квадранте номограммы представлены семейства удельных текущих затрат (Z_n) на 1 га пашни, а также индексов цен на сельскохозяйственную технику (K_n). В настоящее время уровень удельных текущих затрат соответствует примерно 2,5 тыс. руб./га, а индекс цен на с.-х. технику, равный 1,0, соответствует существующему уровню цен на отечественные средства механизации.

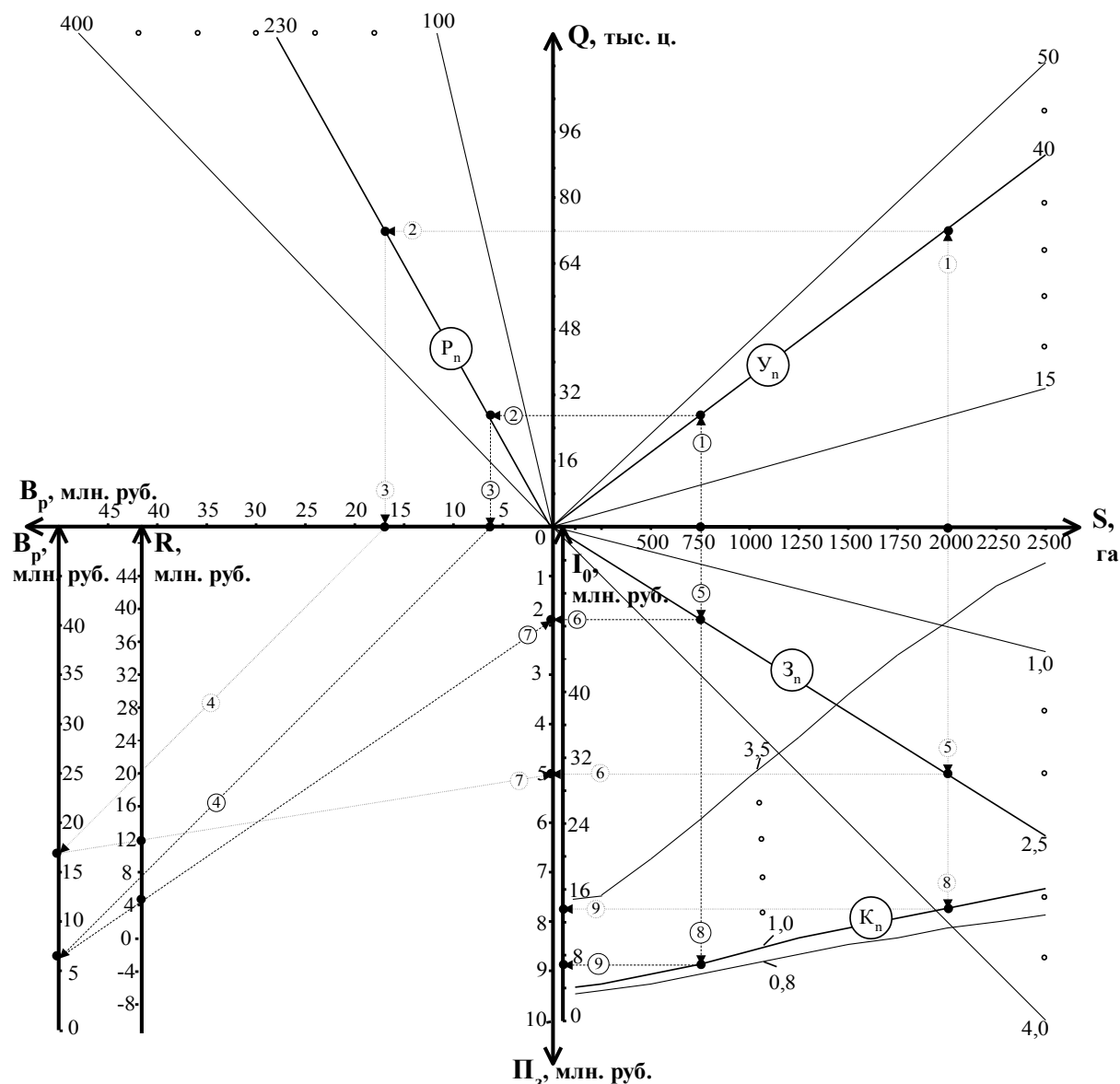


Рисунок 8.16 Номограмма для определения потребных капиталовложений в формирование МТП сельхозпредприятий и денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта

В третьем квадранте номограммы размещены вертикально расположенная шкала V_p и шкала разности R .

Вторая номограмма (рис. 8.17) позволяет по известным значениям ежегодных денежных поступлений (R) и размера потребных капиталовложений (I_0) определять значение чистого дисконтированного дохода (ЧДД) инвестиционного проекта.

В правой части номограммы расположен квадрант, образованный осями чистых годовых денежных поступлений (R) и дисконтированных денежных поступлений (R_d). Семейство прямых этого квадранта отражают зависимости R_d от R при различных значениях доходности капитала (i_n), которые определяются из выражения:

$$R_d = R \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}.$$

Значения чистого дисконтированного дохода (ЧДД) определяются как разность между дисконтированными годовыми денежными поступлениями (R_d) и стоимостью машинно-тракторного парка (I_0):

$$\text{ЧДД} = R_d - I_0.$$

В левой части номограммы размещены шкалы I_0 и ЧДД.

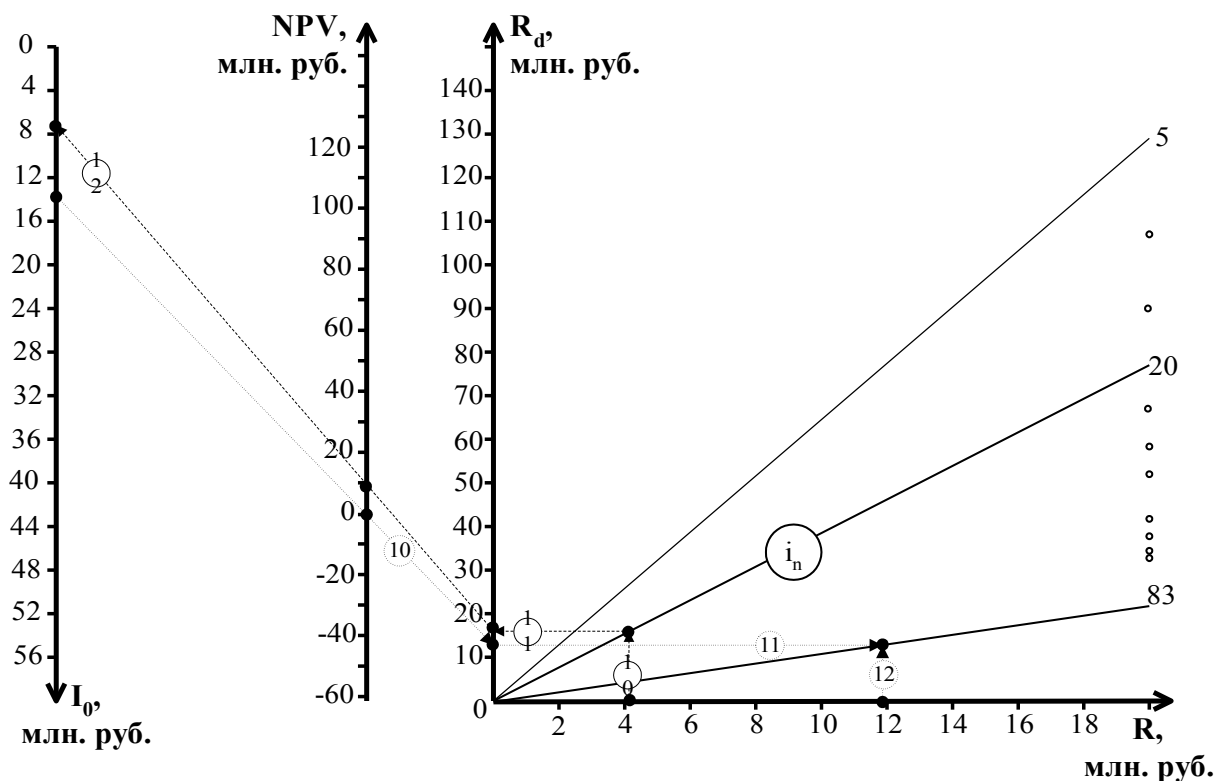


Рисунок 8.17 Номограмма для определения чистого дисконтированного дохода инвестиции в формирование технической базы сельхозпредприятий

Третья номограмма (рис. 8.18) позволяет по известным значениям I_0 и i_n определять значения дисконтированного срока окупаемости инвестиций (n_{ok}).

Рассмотрим механизм расчета показателей эффективности капиталовложений в формирование МТП с помощью представленных номограмм на конкретном примере. В качестве исходных данных выбраны следующие показатели: площадь пашни предприятия – 750 га; средняя урожайность с.-х. культур – 40 ц.к.е./га; средняя цена реализации продукции – 230 руб./ц.к.е.; размер удельных текущих затрат в ценах 2003 года – 2,5 тыс. руб./га; индекс цен на сельскохозяйственную технику – 1,0 (уровень цен на отечественные машины на июнь 2003 года); доходность капитала – 20% годовых.

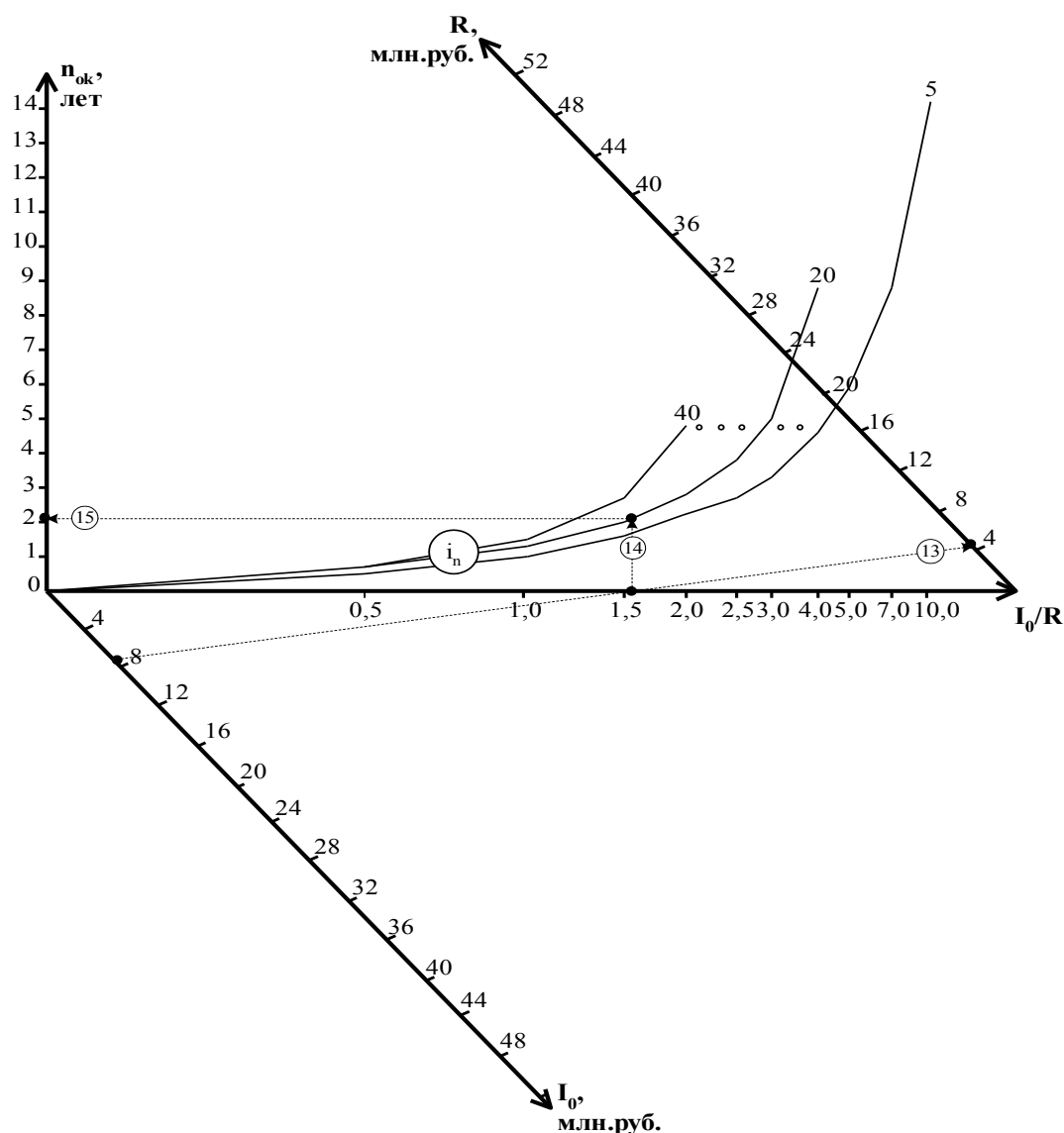


Рисунок 8.18 Номограмма для определения дисконтированного срока окупаемости капиталовложений в техническое оснащение сельхозпредприятий

Механизм расчета представлен на номограммах штриховыми линиями. С помощью номограммы (рис. 8.16) по известным значениям площади, урожайности и цены реализации на шкале B_p определяется выручка от реализации продукции. По известным значениям площади и удельных текущих затрат определяется суммарный объем затрат без реновации. Линия, соединяющая найденные на соответствующих шкалах третьего квадранта значения B_p и Π_3 , пересекает шкалу разности R в точке, соответствующей значению чистых годовых денежных поступлений.

Одновременно на этой же номограмме по известным площади пашни и индексу цен на с.-х. технику определяется стоимость машинно-тракторного парка (I_0). Далее по найденному значению R и известной величине доходности капитала на номограмме (рис. 8.17) определяется размер дисконтированных годовых денежных поступлений (R_d). Линия, соединяющая найденные значения R_d и I_0 , пересекает шкалу ЧДД в точке, соответствующей чистому

дисконтированному доходу данного инвестиционного проекта. В рассматриваемом примере величина ЧДД составила примерно 9 млн. руб., что свидетельствует об экономической привлекательности инвестиций в формирование МТП сельхозпредприятия.

С помощью номограммы (рис. 8.18) по известным значениям I_0 , R и i_n определяется дисконтированный срок окупаемости инвестиций. Из номограммы видно, что $n_{ок}$ для рассматриваемого примера составил 2,2 года.

Номограммы позволяют также определять граничные (пороговые) значения показателей эффективности капиталовложений. Рассмотрим механизм расчета порогового значения одного из таких параметров на следующем примере. Требуется определить предельную норму доходности капитала (внутреннюю норму доходности инвестиционного проекта) при следующих известных исходных параметрах: площадь пашни хозяйства – 2000 га; средняя урожайность с.-х. культур – 40 ц.к.е./га; средняя цена реализации продукции – 230 руб./ц.к.е.; удельные текущие затраты – 2,5 тыс. руб./га; индекс цен на сельскохозяйственную технику – 1,0.

Механизм расчета искомого порогового значения показан на номограммах пунктирными линиями.

Вначале с помощью номограммы (рис.8.16) аналогично описанному выше определяются значения ежегодных денежных поступлений (R) и стоимости МТП (I_0). Линия, соединяющая на соответствующих шкалах номограммы (рис. 8.17) найденное значение I_0 и нулевое значение ЧДД, пересекает шкалу R_d в точке, соответствующей дисконтированным денежным поступлениям, равным стоимости машинно-тракторного парка хозяйства. Далее в правом квадранте этой номограммы по известным значениям R_d и R определяется пороговое значение доходности инвестиций. В рассматриваемом примере эта величина составила 83%.

Полученное пороговое значение параметра можно интерпретировать либо как доходность данного инвестиционного проекта, либо, в случае использования заемного капитала, как предельную процентную ставку по кредиту, выше которой окупаемость капиталовложений не обеспечивается.

Аналогичным образом с помощью представленных номограмм можно определять и другие граничные значения показателей эффективности инвестиций в формирование машинно-тракторного парка сельхозпредприятий.

Результаты таких расчетов для сельхозпредприятий Ростовской области, например, представлены в таблице 8.128.

Анализ полученных результатов показывает, что минимальным размером пашни, при котором обеспечивается окупаемость капиталовложений в формирование собственного машинно-тракторного парка сельхозпредприятий Ростовской области, является площадь пашни 235 га при средней урожайности 40 ц.к.е./га, цене реализации продукции 230 руб./ц.к.е., существующих ценах на материальные производственные ресурсы и доходности капитала 20% годовых

8.133. Граничные показатели экономической эффективности капиталовложений в формирование технической базы сельхозпредприятий Ростовской области

Переменные параметры	Постоянные параметры					Пороговое значение переменного параметра
	площадь пашни, га	урожайность, ц.к.е./га	цена реализации руб./ц.к.е.	стоимость МТП, тыс. руб./га	норма доходности, %	
Площадь пашни, га		40,0	230,0	существующий уровень цен на технику	20,0	235
Урожайность, ц.к.е./га	2000		230,0	6,9	20,0	18,4
Цена реализации, руб./ц.к.е.	2000	40,0		6,9	20,0	106,1
Стоимость МТП, тыс.руб./га	2000	40,0	230,0		20,0	22,4
Норма доходности капитала, %	2000	40,0	230,0	6,9		83,0

Для средних и крупных коллективных сельхозпредприятий, имеющих размеры пашни 2000 га и выше, минимальным пороговым значением урожайности является урожайность 18,4 ц.к.е./га. Минимальное пороговое значение цены реализации продукции составляет 106,1 руб./ц.к.е., максимальная удельная стоимость МТП сельхозпредприятий – 22,4 тыс. руб./га. Последнее значение соответствует примерно 3,2 существующего уровня цен на отечественную сельскохозяйственную технику.

Очевидно, что для каждого сельхозпредприятия, организующего свою производственную деятельность в конкретно складывающихся природно-климатических и рыночных условиях, значения факторов, определяющих эффективность инвестиций, будут отличаться от найденных пороговых значений.

Разница между фактическими и пороговыми значениями анализируемых факторов может рассматриваться как “запас прочности” инвестиционного проекта.

8.16.6. Формирование первичных коллективов машинного производства сельскохозяйственной продукции

Первичные коллективы машинного производства сельскохозяйственной продукции, в основном состоят из механизаторов, операторов, работников (менеджеров), занятых управлением (использованием) машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве и технологического оборудования в животноводстве. Таким образом, первичный коллектив аграрного предприятия является базовым блоком машиноиспользования.

В практике сельскохозяйственного производства на принципах разделения и кооперации труда применяется бригадно-звеньевая (постоянная) и отрядная (временная) формы организации труда первичного коллектива.

При бригадно-звеньевой форме за работниками закреплены на договорной или арендной основе предметы и средства труда и конечной целью их деятельности является полное выполнение основного цикла работ по производству продукции сельского хозяйства. При отрядной же форме – закреплены средства труда (кроме земли), но конечная цель деятельности – выполнение лишь части работ по производству сельскохозяйственной продукции.

Первичные производственные подразделения с бригадно-звеньевой и отрядной формами организации труда в зависимости от применяемых видов разделения и кооперации труда подразделяются на производственные бригады, звенья и отряды основного и вспомогательного производства. Производственные бригады делятся на тракторно-полеводческие (отраслевые), специализированные по производству отдельных видов культур или выполнению отдельных видов работ, в том числе обслуживающего и вспомогательного характера, и комплексные (растениеводческо-животноводческие).

В свою очередь звенья основного производства делятся на универсальные (комплексные), технологические и специализированные; звенья вспомогательного производства – на транспортно-хозяйственные, культурно-бытового, технического и технологического обслуживания.

Производственные отряды делятся на производственно-хозяйственные и производственно-специализированные (механизированные комплексы); отряды основного производства – на комплексные (несколько культур), технологические (одна или группа однородных культур), специализированные (например, рабочие группы по вспашке); отряды вспомогательного производства – технического, технологического, культурно-бытового обслуживания и подготовки полей.

Наиболее целесообразны как основа организационной структуры отрасли растениеводства коллективного хозяйства постоянные производственные бригады и звенья производства продукции на закрепленных за ними полных севооборотах. Назовем такие структуры в дальнейшем первичными трудовыми коллективами (ПТК). Такие коллективы дают возможность эффективнее использовать имеющиеся в хозяйстве материальные и трудовые ресурсы, улучшить социальную инфраструктуру и непроизводственную сферу за счет специальной системы переподготовки кадров, материального обеспечения и перераспределения по другим подразделениям высвобожденных работников.

На одного работника в этих коллективах при нормативных затратах должно производиться валовой продукции, например, зерна до 60-70 тыс. долл. США. Нагрузка пашни при уровне завершенности производства конечного продукта (бункерное зерно) не менее 90% на одного работника ПТК должна быть порядка 300-500 га.

Рассмотрим основные положения формирования постоянных первичных коллективов с позиций эффективного машиноиспользования и главной его цели – повышения производительности труда.

К комплексу психологических составляющих человеческого фактора можно причислить: повышенный в условиях развивающейся рыночной экономики интерес работника к самостоятельности; желание работать в стрессоустойчивом коллективе, в обществе единомышленников; уверенность в стабильности коллектива, в гарантии внешних воздействий, стимулирующих труд.

Важнейшая составляющая психологического фактора – право коллектива и всех его тружеников работать самостоятельно, хотя и в рамках согласованных договорных ограничений. Истинная самостоятельность в рамках ПТК возникает, прежде всего, из права арендовать основные средства производства – землю, технику у коллективного хозяйства или иметь собственные (у фермера). Оптимальный состав первичного коллектива определяют исходя из эффективного использования современной технологии и техники с учетом человеческого фактора. Как показывают расчеты и практика, наиболее оптимален коллектив из 3-5 человек. При малой численности работников легче сформировать коллектив единомышленников, он более стрессоустойчив, особенно если его члены связаны родственными узами. В малых коллективах работники быстрее и надежнее адаптируются друг к другу. Такие бригады, звенья менее восприимчивы к внешним и внутренним стрессовым ситуациям, нередко возникающим в формальных крупных бригадах с некомпетентным порой руководителем. Коллективы с большой численностью могут быть эффективны и высокопроизводительно работать в том случае, когда коллектив возглавляет хороший лидер.

Непременное условие высокопроизводительного труда – оснащение первичных трудовых коллективов интенсивными технологиями производства сельскохозяйственной продукции с ориентацией на первоочередное использование новейших достижений науки и передовой практики. Важное значение имеет потребность в круглогодичной занятости работников сельскохозяйственными, транспортными и ремонтными работами. В период, свободный от полевых работ, члены такого коллектива могут заниматься, например, откормом скота, производством овощей закрытого грунта, послеуборочной подработкой семян и их реализацией, производством кормов и т.д.

Важнейшее условие интенсификации труда – оснащение работников высокопроизводительной техникой: энергонасыщенными тракторами и комбайнами; гибким комплексом сельскохозяйственных машин, обеспечивающим быструю настраиваемость под технологию, включая оснащение базовых орудий секциями быстросменных рабочих органов и на их основе создание возможности комбинирования агрегатов).

8.17. Определение эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Оценка эффективности адаптивно-ландшафтной системы земледелия должна осуществляться как с позиций увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции, так и улучшения экологического состояния природной среды и социальных условий жизни населения. Она выполняется на основе системы критериев экономического, экологического, а также социального порядка.

Экономическая сущность эффективности понимается в науке и практике как сопоставление результата с затратами живого и овеществленного труда, необходимыми для получения этого результата. В сельском хозяйстве экономическая эффективность определяется как максимальное производство необходимой обществу продукции при наименьших затратах труда и ресурсов на ее единицу или прирост производства валовой продукции (валового дохода) при наименьших затратах труда и ресурсов на единицу земельной площади.

Поскольку земля в сельском хозяйстве является основным и незаменимым средством производства, строго ограниченным в пространстве, то критерий экономической эффективности сельскохозяйственного производства правильнее будет определять как увеличение выхода необходимой обществу сельскохозяйственной продукции с единицы земельной площади при сохранении и повышении плодородия почвы, т.е. экономическая эффективность сельскохозяйственного производства сводится, прежде всего, к эффективности использования земли. В свою очередь, под экономической эффективностью земли следует понимать уровень ведения на ней хозяйства, который характеризуется выходом продукции с единицы площади и ее себестоимостью.

Тогда экономическая эффективность использования земли в сельском хозяйстве может быть определена системой показателей, которая включает:

- стоимость валовой продукции, ее прироста (уменьшения) всего и в расчете на 1 га (руб.);
- текущие производственные затраты, всего и в расчете на 1 га (руб.);
- урожайность сельскохозяйственных культур (ц/га);
- себестоимость производства единицы продукции (руб./т);
- чистый доход, всего и в расчете на 1 га (руб.);
- годовой экономический эффект, всего и в расчете на 1 га (руб.);
- прибыль, всего и в расчете на 1 га (руб.).

Совокупную эффективность реализации адаптивно-ландшафтных систем земледелия также можно оценить по приросту объемов производства валовой продукции сельского хозяйства, валового или чистого дохода, полученным за счет внедрения этой системы земледелия и его сравнением с дополнительными затратами, вызвавшими этот прирост:

$$\mathcal{E}_л = \frac{Дн - Дб}{Зл}, \quad (5.20.1)$$

$\mathcal{E}_\text{л}$ – совокупный эффект от внедрения адаптивно-ландшафтной системы земледелия;

Дн-Дб – годовой прирост валового (чистого) дохода или валовой продукции сельского хозяйства, полученный за счет внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия;

Зл – затраты на мероприятия по внедрению адаптивно-ландшафтного земледелия.

При учете временного аспекта эффективности можно соизмерить ежегодный эффект с ежегодными затратами или полные капитальные вложения на формирование адаптивно-ландшафтной системы. В этом случае меняется содержание затрат, которые учитывают либо ежегодные расходы на выполняемые мероприятия, либо полные капитальные затраты по внедрению ландшафтной системы. По этой же формуле можно оценить эффективность отдельных мероприятий (формирование ландшафтных контуров, лесомелиорации, террасирование склонов, размещение культур, внедрение адаптивных систем обработки почв и другие средозащитные мероприятия).

Экологическая сущность эффективности связана с необходимостью охраны природы, воспроизводства и рационального использования природных ресурсов (земли) и проявляется во влиянии процесса сельскохозяйственного производства на окружающую природную среду и изменение этого влияния под воздействием используемых агротехнологий и природоохранных мероприятий.

Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов, разделяющий допустимые и недопустимые изменения. Известно, чем разнообразнее антропогенный ландшафт, тем он более устойчив, и наоборот. Экологическая эффективность характеризует экологическое состояние агросистемы или ее элементов, в первую очередь, уровень производительных свойств земли.

В свою очередь экологическое состояние земли связано с ее экономическими характеристиками, поэтому повышение экологической эффективности можно рассматривать как улучшение качества земли, позволяющее получать дополнительную продукцию и повышать экономические показатели сельскохозяйственного производства в целом за счет предотвращения ущерба природной среде. Ущерб природной среде сначала измеряется величиной ухудшения натуральных показателей, которым дается последующая экономическая оценка.

Экологическое состояние земли характеризуется такими натуральными показателями как:

- виды и характер (интенсивность, площади и характер распространения) деградации и загрязнения земель;
- перечень и характер соответствующих мероприятий по обеспечению экологической устойчивости территории;
- характеристика агроэкологических групп и типов земель (экологически однородных участков) и соответствующего размещения угодий;

- виды и характер применяемых севооборотов и выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- виды и объемы почвозащитных и других природоохранных мероприятий;
- конкретные экологические натуральные показатели природоохранной организации территории (экологическое разнообразие территории, густота сети границ, индекс продуктивности угодий и агроландшафтов, коэффициент разбросанности пашни и посевов, показатели территориального размещения линейных элементов и др.).

Их можно выразить в виде натуральных и стоимостных показателей:

- степень расчлененности территории (густоты \ м/км \ и глубины \ м \ расчленения);
- удельный вес площади дефлированных почв в составе сельскохозяйственных угодий (%);
- удельный вес площади смытых почв в составе сельскохозяйственных угодий (%);
- вес потерянного объема почвы, питательных веществ (кг/га, т/га) и т.д.

Оценка экологического воздействия сельского хозяйства на состояние природной среды (земельных ресурсов) при внедрении адаптивно-ландшафтных систем земледелия осуществляется с позиции минимизации экологического ущерба.

В результате изменения качества земельных ресурсов и состояния окружающей среды происходит изменение продуктивности сельскохозяйственных угодий в применяемой системе земледелия, что влечет за собой изменение объемов производства сельскохозяйственной продукции и ее качества. Поэтому экономическая оценка экологического состояния агроландшафта выражается стоимостью недополученной продукции, потерянного объема почвы, питательных веществ в ней и других потерь, а также изменением качества производимой продукции.

Отсюда следует, что для определения экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия целесообразно использовать критерий сравнительной эколого-экономической эффективности предлагаемого решения относительно существующего состояния.

Эколого-экономическая эффективность по определению ряда авторов определяется как экономическая результативность комплекса мероприятий, проводимых в целях оптимизации структуры агроэкосистемы, улучшения качества земельных угодий и повышения продуктивности растительных ресурсов. При этом в ней отражается результативность экологических затрат (окупаемость затрат на природоохранные цели), направленных на повышение плодородия почв и биологического потенциала растений возделываемых культур. Следовательно, эколого-экономическая эффективность отражает эффективность издержек по ведению земледелия, связанных с воздействием на земельные и растительные ресурсы, с целью улучшения их экологического состояния, то есть с эффективностью экологических затрат.

Эколого-экономическую эффективность адаптивно-ландшафтных систем земледелия характеризуют следующие показатели:

- полные экологические затраты по ведению системы земледелия;
- дополнительные объемы продукции, полученные при проведении комплекса экологически направленных мероприятий;
- дополнительный чистый доход системы земледелия;
- предотвращенный экологический ущерб природной среды;
- прирост стоимости земельных угодий в результате повышения их экологического качества, плодородия почв.

Величину эколого-экономической эффективности можно определить по размеру установленного предотвращенного экологического ущерба и размеру полученного (предполагаемого) экологического эффекта.

Экологический ущерб, наносимый плодородию почв, характеризуется натуральными и стоимостными показателями. К натуральным показателям относятся:

- площади эродированных, загрязненных земель по видам загрязнения;
- вес потерянного органического вещества гумуса, почвы, фосфора и калия;
- вес потерянного гумуса и питательных веществ в пересчете на органические и минеральные удобрения, необходимые для их восстановления;
- площади пашни с неблагоприятной реакцией почвенной среды (кислотных, солонцовых);
- площади земельных угодий, выведенные из сельскохозяйственного оборота.

В настоящее время имеющаяся информационная база, формируемая по результатам мониторинга окружающей природной среды, пока не позволяет установить полный эколого-экономический ущерб, наносимый природной среде при ведении земледелия. Поэтому целесообразно определять ущерб по стоимости недополученной продукции, потерянного объема почвы, питательных веществ, гумуса по приведенным затратам на устранение или снижение ущерба, а также с учетом экономической оценки земель, других природных ресурсов.

Экологический эффект создается при проведении мероприятий по воспроизводству плодородия почв, связанных с определенными затратами. Эти затраты (экологические издержки) окупаются дополнительной продукцией, полученной за счет повышения биопродуктивности земельных угодий. Такие экологические издержки наиболее производительны, т.к. связаны с улучшением качества и производительности основного средства производства - земельных угодий.

В целом, эколого-экономическую эффективность необходимо рассматривать как совокупную результативность процесса производства сельскохозяйственной продукции с учетом экологического влияния сельского хозяйства на окружающую среду и прежде всего на агроэкологическое состояние земельных ресурсов.

На экологическое состояние природных ресурсов (земли) и в целом окружающей природной среды влияют следующие факторы, определяющие эколого-экономическую эффективность внедряемых адаптивно-ландшафтных систем земледелия:

- оптимальность структуры агроландшафта, сельскохозяйственных угодий, посевных площадей;
- соотношение в севооборотах культур с различным их влиянием на почвы и агроландшафты;
- выполнение комплекса почвозащитных мероприятий (противоэрозионных, лесомелиоративных, гидротехнических и др.);
- уровень компенсации выноса питательных веществ в условиях применяемых агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур;
- технологический уровень производства продукции с учетом плодородия почв, их фитосанитарного, мелиоративного состояния;
- использование орошаемых земель с учетом баланса водных ресурсов и т.д.

Основываясь на обобщении результатов научных исследований по проблеме природопользования в земледелии и целом ряде разработанных ранее методических рекомендаций, можно выделить следующие основные показатели оценки эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия:

- Затраты на проведения комплекса экологически направленных мероприятий в адаптивно-ландшафтной системе земледелия;
- Повышение ценности земельных угодий в результате улучшения их экологического качества, плодородия почв;
- Дополнительные объемы продукции, полученные при проведении экологически направленных мероприятий;
- Дополнительный чистый доход от внедрения экологически направленных мероприятий;
- Экономическая эффективность экологических затрат;
- Предотвращенный экологический ущерб в стоимостной форме.

Дополнительный экономический эффект, полученный в результате внедрения адаптивно-ландшафтных системы земледелия в расчете на 1 га можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_\text{д} = (\mathcal{C}_\text{н} - \mathcal{C}_\text{б}) \mathcal{Y}_\text{н} - (\mathcal{C}_\text{б} - \mathcal{C}_\text{б}) \mathcal{Y}_\text{б} , \quad (5.20.2)$$

где, $\Delta \mathcal{E}_\text{д}$ - дополнительный экономический эффект в расчете на 1 га, руб.;

$\mathcal{C}_\text{н}$ и $\mathcal{C}_\text{б}$ - цена реализации с учетом качества 1 т продукции в сравниваемых (до и после внедрения ландшафтной системы земледелия) вариантах, руб.;

$\mathcal{C}_\text{н}$ и $\mathcal{C}_\text{б}$ - себестоимость 1 т продукции в сравниваемых вариантах, руб.;

$\mathcal{Y}_\text{н}$ и $\mathcal{Y}_\text{б}$ - урожайность культур в сравниваемых вариантах, т/га.

Из формулы следует, что дополнительный экономический эффект определяется отдельно по каждой основной сельскохозяйственной культуре. Для определения влияния отдельных факторов на получение дополнительного экономического эффекта используется формула:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{л}} = \mathcal{U}_6 (\text{Цн} - \text{Цб}) + \mathcal{U}_6 (\text{Сб} - \text{Сн}) + (\text{Цн} - \text{Сн}) (\text{Ун} - \mathcal{U}_6), \quad (5.20.3)$$

где: $\mathcal{U}_6 (\text{Цн} - \text{Цб})$ - за счет повышения качества продукции;

$\mathcal{U}_6 (\text{Сб} - \text{Сн})$ - за счет снижения себестоимости продукции;

$(\text{Цн} - \text{Сн}) (\text{Ун} - \mathcal{U}_6)$ - от повышения урожайности.

Величина относительного годового экономического эффекта за счет внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия представляет собой разность чистого дохода (или прибыли) в сравниваемых вариантах до и после внедрения новой системы. Сравниваются результаты деятельности по внедряемой системе с другими хозяйствами или одного хозяйства за разные промежутки времени до и после внедрения новой системы земледелия или отдельных входящих в ее состав мероприятий, с учетом индекса цен в условиях инфляции. В расчетах учитывается также предотвращенный экологический ущерб от антропогенной сельскохозяйственной нагрузки. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}\mathcal{E}^{\text{отн}} &= (\text{Впн} - \text{Зн} - \mathcal{U}_{\text{эн}} / - / \text{Впб} - \text{Зб} - \mathcal{U}_{\text{эб}}) S_{\text{л}} = \\ &= (\text{Впн} - \text{Зн} / - / \text{Впб} - \text{Зб} / - / \mathcal{U}_{\text{эн}} - \mathcal{U}_{\text{эб}}) S_{\text{л}} \end{aligned} \quad (5.20.4)$$

где $\mathcal{E}\mathcal{E}^{\text{отн}}$ - относительный эколого-экономический эффект от внедрения эколого-ландшафтных систем земледелия, руб;

Впн и Впб - стоимость валовой продукции в новом и базовом вариантах в расчете на 1 га, руб;

Зн и Зб - производственные затраты в новом и базовом вариантах в расчете на 1 га, руб;

$\mathcal{U}_{\text{эн}}$ и $\mathcal{U}_{\text{эб}}$ - экологический ущерб от антропогенной сельскохозяйственной нагрузки в новом и базовом вариантах в расчете на 1 га, руб;

$S_{\text{л}}$ - площадь внедрения проектируемого варианта эколого-ландшафтной системы, га.

Интегральную величину экологического ущерба ($Y_{\text{э}}$) следует определять как сумму частных экологических ущербов:

$$Y_{\text{э}} = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (5.20.5)$$

где $Y_{\text{э}}$ — экологический ущерб i -го вида, тыс. руб.;

$\sum_{i=1}^n$ - количество экологических ущербов, поддающихся экономической оценке.

Экологический ущерб (как показатель эколого-экономической оценки) подразумевает оценку в денежной форме возможных и фактических потерь урожая, почвенного плодородия, разрушения естественных кормовых угодий, загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции технологическими от-

ходами животноводческих комплексов, агрохимикатами и др., возникающих в результате хозяйственной деятельности, а также необходимых ресурсов для ликвидации негативных последствий суммарной антропогенной сельскохозяйственной нагрузки и стабилизации окружающей среды.

Экологический ущерб (Y_i), проявившийся в виде прямых потерь продукции вследствие возделывания сельскохозяйственных культур на смытых и дефлированных почвах, применения тяжелых сельскохозяйственных машин, фитотоксичности остаточных количеств агрохимикатов в почве, других загрязнителей окружающей среды может рассчитываться (прогнозироваться) по формуле:

$$Y_i = Y_{\text{п}} + Y_{\text{к}} + Y_{\text{р}} + Y_{\text{ку}} + Y_{\text{з}}, \quad (5.20.6)$$

где, Y_i , - экологический ущерб от потерь почвенного плодородия под воздействием различных факторов, тыс. руб.;

$Y_{\text{п}}$ – ущерб от потерь почвенного плодородия, тыс. руб.;

$Y_{\text{к}}$ - ущерб от загрязнения земли животноводческими комплексами, складами минеральных удобрений, пестицидов и др., тыс. руб.;

$Y_{\text{р}}$ - ущерб от разрушения сельскохозяйственных угодий оврагами и в результате неправильного их использования, тыс. руб.;

$Y_{\text{ку}}$ – потери от разрушения кормовых угодий нерегулируемым выпасом скота, тыс. руб.

$Y_{\text{з}}$ - ущерб от выброса загрязнений в почву, воду и воздух, тыс. руб.

Могут определяться и другие виды эколого-экономического ущерба. Эколого-экономический ущерб, наносимый земле, используемой в сельском хозяйстве в качестве основного средства производства, проявляется в стоимостной оценке качественного ухудшения ее состояния, выражающегося, прежде всего, в снижении почвенного плодородия и потерях недополученной продукции в результате снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Размер ущерба от снижения почвенного плодородия ($Y_{\text{п}}$) определяется с помощью формулы:

$$Y_{\text{п}} = Y_{1\text{п}} S_i \quad (5.20.7)$$

где, $Y_{\text{п}}$ — размер удельного эколого-экономического ущерба от снижения почвенного плодородия, тыс. руб.;

S_i - площадь одного вида сельскохозяйственных угодий с пониженным плодородием от i -го источника (вида) деградации или загрязнения, га.

Размер удельного ущерба от утраченного плодородия почвы ($Y_{1\text{п}}$) определяется суммой затрат, необходимых для его восстановления, и стоимостью фактически недополученной сельскохозяйственной продукции в результате его снижения с 1 га этих земель по формуле:

$$Y_{1\text{п}} = C_{\text{в}} + П_{\text{н}} \quad (5.20.8)$$

где; $C_{\text{в}}$ — затраты, необходимые для восстановления плодородия почвы, тыс. руб./га;

Пн — стоимость недополученной сельскохозяйственной продукции в результате снижения плодородия, тыс. руб./га.

Сумма затрат, необходимых для восстановления потерянного почвенного плодородия (Св), рассчитывается на основе стоимостной оценки ее расходов, необходимых для ликвидации ущерба в результате потери гумуса и питательных веществ, по формуле:

$$C_{\text{в}} = \sum_{k=1}^i C_{\text{к}} \quad (5.20.9)$$

где, С_к — затраты, необходимые для восстановления к-го вида компонента плодородия почвы (содержание гумуса, азота, фосфора, калия и др.), тыс.руб./га.

В затраты на восстановление почвенного плодородия включается стоимость удобрения и мелиорантов с учетом их доставки, расходы на их приобретение, погрузку, транспортировку и внесение:

$$C_{\text{к}} = \text{Чу} + \text{Чп} + \text{Чт} + \text{Чр} + \text{Чв}, \quad (5.20.10)$$

где, Чу — стоимость удобрений и мелиорантов, необходимых для восстановления утраченного плодородия, тыс. руб.;

Чп — стоимость погрузки удобрений и мелиорантов, тыс. руб.;

Чт — стоимость транспортировки мелиорантов и удобрений, тыс. руб.;

Чр — стоимость разгрузки удобрений и мелиорантов, тыс. руб.;

Чв — стоимость внесения удобрений и мелиорантов, тыс. руб.

Затраты на приобретение удобрений и мелиорантов определяются на основе расчетов исходя из фактической величины снижения плодородия почвы (потери гумуса, азота, калия, и др. питательных веществ) за период последнего и предыдущего обследований. Пересчет питательных веществ на 1 га производится с помощью формулы:

$$B_{\text{к}} = A M N_{\text{п}} \text{Э}_{\text{к}}, \quad (5.20.11)$$

где: В_к — объемы потерь к-го компонента почвы (гумуса, т/га; фосфора, азота, калия, кг/га д. в.);

А — коэффициент размерности;

М — объемная масса определенного типа почв и механического состава, г/см³;

Н_п — глубина пахотного слоя, см.;

Э_к — размер снижения к-го компонента плодородия почвы (гумуса, фосфора, калия), кг.

Перерасчет потерь гумуса и питательных веществ на эквивалентное количество органических и минеральных удобрений, необходимых для восстановления утраченного плодородия, осуществляется по формуле:

$$X_k = B_k N_v, \quad (5.20.12)$$

где X_k — объем удобрений, необходимых для восстановления потерь гумуса или питательных веществ, т /га;

B_k — объем потерь гумуса или питательных веществ, т (кг дв.)/га;

N_v — норма внесения в почву навоза (соломы, торфа) для восстановления 1 т гумуса или процентное содержание питательных веществ в соответствующих стандартный туках минеральных удобрений либо их коэффициенты.

Затраты на хранение, перевозку и внесение удобрений и мелиорантов в почву осуществляется по соответствующим региональным нормативам, скорректированным на индекс роста цен или существующим сложившимся расценкам за выполнение данного вида работ.

Стоимость недополученной сельскохозяйственной продукции вследствие падения урожайности культур в результате снижения почвенного плодородия (P_n), определяется с помощью формулы:

$$P_n = U_i C_i \quad (5.20.13)$$

где, U_i - величина потерь урожайности i -й сельскохозяйственной культуры, т/га;

C_i - закупочная цена в действующих или сопоставимых ценах i -го вида сельскохозяйственной продукции (основной и побочной), тыс. руб/т.

Оценку недобора урожая в результате снижения плодородия земель следует проводить по объему недополученной основной и побочной продукции. Общий недобор продукции определяется как сумма недобора по каждой сельскохозяйственной культуре.

Недобор сельскохозяйственной продукции определяется по разнице среднесноголетней урожайности сельскохозяйственных культур за период до и после контрольного анализа почв с помощью формулы:

$$U_i = U_{i1} - U_{i2} \quad (5.20.14)$$

где, U_i - недобор i -го вида сельскохозяйственной продукции вследствие снижения почвенного плодородия, т/га;

U_{i1} — средняя многолетняя урожайность i -го сельскохозяйственной продукции за период до снижения почвенного плодородия, т/га.

U_{i2} — средняя многолетняя урожайность i -го вида сельскохозяйственной продукции за период, в течение которого происходило снижение плодородия, т/га.

Эколого-экономический ущерб от загрязнения земли в результате размещения стационарных объектов сельского хозяйства (животноводческие комплексы, птицефабрики, навозохранилища, склады удобрений, пестицидов и др.), определяется путем подсчетов затрат, необходимых для строительства, реконструкции или капитального ремонта сооружений (установок,

устройств), обеспечивающих предупреждение (ликвидацию) загрязнения земли.

Размер ущерба (Y_k) определяется расходами на предупреждение загрязнений на основе расчета капитальных и текущих затрат на осуществление мероприятий (капитальное строительство, реконструкцию, эксплуатацию сооружений и объектов) по ликвидации загрязнения земли с помощью формулы:

$$Y_k = C_1 + \frac{Kn}{T}, \quad (5.20.15)$$

где C_1 – текущие затраты по эксплуатации устанавливаемого на стационарном объекте природоохранного сооружения (установки, устройства), тыс. руб.;

Kn — стоимость природоохранного сооружения, тыс. руб.;

T — нормативный срок действия природоохранного сооружения, лет.

Ущерб от недобора продукции с непосредственно разрушенных оврагами и прилегающих к бровкам оврагов площадей сельскохозяйственных угодий (Y_p) определяется с помощью формулы:

$$Y_p = D_i S_p + ДП_i СП_i, \quad (5.20.16)$$

где: D_i - средний доход с единицы площади i -го сельскохозяйственного угодья, тыс. руб.;

S_p — площадь разрушенных земель, га;

$ДП_i$ — снижение чистого дохода с прилегающих к бровкам оврагов сельскохозяйственных угодий за счет менее интенсивного их использования (например, перевода пашни в пастбища; определяются как разница чистого дохода с пашни и с пастбища), тыс. руб.;

$СП_i$ - площади прилегающих к бровкам оврагов земель, га, определяются непосредственно в натуре или по нормативным данным.

Ущерб от недобора продукции (урожая) с прилегающих к оврагам земель определяется с помощью формулы:

$$П_p = Y_u F, \quad (5.20.17)$$

где: Y_u — снижение урожайности сельскохозяйственных культур за счет иссушающего (дренирующего) действия оврага, т/га. По данным С. С. Соболева, составляет 1 ц зерна в расчете на 1 га водосборной площади оврага (2);

F — площадь водосбора, га.

Вследствие расчленяющего действия оврага ущерб возрастает как за счет повышения потерь осадков со стоком, так и за счет выноса питательных веществ из почвы. В этом случае возрастают затраты на холостые повороты и заезды машиннотракторных агрегатов. Суммарные потери от овражной эрозии (стока, смыва), а также влияния рельефа и размещения участков на про-

изводительность машин (S) в этом случае рассчитываются с помощью соответствующего уравнения, предложенного М И. Лопыревым (107):

$$S = i (4,378 + 1,789i - 0,043i^2) + a/L + B - 2,365, \quad (5.20.18)$$

где: i —средний рабочий уклон при обработке пашни, град. ;

L — средневзвешенная длина участка в сотнях метров;

a, B — коэффициенты, зависящие от класса трактора и плотности тракторных работ.

Размер ущерба от деградации естественных кормовых угодий в результате нерегулируемого выпаса животных ($У_{ку}$) определяется на основе расчетов объема затрат, необходимых на его ликвидацию (восстановление естественных кормовых угодий), а также от недобора урожая зеленой массы с 1 га кормовых угодий по формуле:

$$У_{ку} = З + П, \quad (5.20.19)$$

где $У_{ку}$ —ущерб от разрушения кормовых угодий в результате нерегулируемого выпаса сельскохозяйственных животных, тыс. руб.;

$З$ - затраты, необходимые для восстановления кормовых угодий, тыс. руб.;

$П$ - стоимость потерь (недобора зеленой массы в результате снижения урожайности как следствия деградации кормовых угодий, тыс. руб.

Разрушение естественных кормовых угодий устанавливается на основе экспертизы пастбищных угодий по результатам сравнения фактически выпасаемого поголовья животных в расчете на 100 га с предусмотренными нормативами при превышении этих нормативов.

Затраты, необходимые на проведение мероприятий, обеспечивающих частичное или полное восстановление кормовых угодий ($З$), определяются с помощью формулы:

$$З = З_n + \frac{К_n}{T}, \quad (5.20.20)$$

$З_n$ – текущие затраты на внедрение почвозащитных мероприятий (создание природоохранных сооружений), тыс. руб.;

$К_n$ — капитальные вложения на восстановление естественных кормовых угодий, тыс. руб.;

T — допустимый срок окупаемости капиталовложений на улучшение кормовых угодий для данной зоны, лет.

Стоимость потерь (недобора) зеленой массы с кормовых угодий в результате нерегулируемого выпаса животных ($П$) определяется на основе сравнения их продуктивности за период до и после деградации кормовых угодий, умноженной на цену единицы зеленой массы в руб., по формуле 5.20.13.

Определение эколого-экономического ущерба от выброса загрязнений

(Уз) в воду и воздух осуществляется по удельным нормативам с помощью формулы:

$$U_3 = \sum_{i=1}^m U_i M_i, \quad (5.20.21)$$

где, $i = 1 \dots m$ — виды вредных веществ (примесей), выбрасываемых предприятиями;

U_i — удельный экономический ущерб, причиняемый выбросом (сбросом) одной тонны вредных веществ (примесей), тыс. руб.;

M_i — общая масса газового выброса вредных веществ i -го вида, тонн.

Величина экологического ущерба может определяться не только как сумма частных экологических ущербов (по формуле 5.20.5), но и как разница между величиной полного экологического ущерба (Y_i) и предотвращенного экологического ущерба ($K \cdot Z_y$), определяемого по эффективности затрат, направленных на предупреждение и ликвидацию ущерба:

$$U_э = Y - (K \cdot Z_y), \quad (5.20.22)$$

где, Y — полный экологический ущерб;

K — коэффициент эффективности природоохранных мер;

Z_y — затраты, направленные на предупреждение и ликвидацию ущерба.

Произведение $K \cdot Z_y$ представляет собой предотвращенный экологический ущерб.

Коэффициент эффективности природоохранных мер по данным М.И. Лопырева на равнинных землях равен 0,15-0,30, а на склонах 2 (107).

В этом случае, даже не зная абсолютной стоимостной величины экологического ущерба от антропогенной деятельности, можно определить величину снижения данного ущерба по результатам эффективности затрат на экологические цели.

Тогда формула относительного эколого-экономического эффекта от внедрения ландшафтной системы земледелия (5.20.4) приобретает следующий вид:

$$\mathcal{E}_{э\mathcal{E}}^{\text{отн}} = (B_{пн} - Z_n / - / B_{пб} - Z_b / - / K Z_{y_b} - K Z_{y_n}) S_{л}, \quad (5.20.23)$$

Эколого-экономический эффект определяется через комплекс мероприятий, связанных с улучшением качества земельных угодий, природной среды, биоресурсов, с оптимизацией структуры угодий, с обеспечением благоприятных условий для развития растений, с охраной земельных угодий. Критерием эколого-экономической эффективности является степень улучшения экологического состояния агроэкосистемы, повышение плодородия почв, их окульту-

ренности, снижение загрязненности и разрушения земель, прирост биологического потенциала растений.

Общая эколого-экономическая эффективность адаптивно-ландшафтной системы земледелия отражает величину чистого дохода (или прибыли) с учетом предотвращенного экологического ущерба (в стоимостной форме, с использованием коэффициента эффективности экологических затрат) на единицу общих (производственных и экологических) затрат:

$$\mathcal{E}_{\text{эобщ}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{э}}}{\mathcal{Z}_{\text{э}}}, \quad (5.20.24)$$

где $\mathcal{E}_{\text{эобщ}}$ - показатель общей эколого-экономической эффективности, руб. на 1 руб. затрат;

$\mathcal{E}_{\text{э}}$ - полный эколого-экономический эффект, тыс. руб.;

$\mathcal{Z}_{\text{э}}$ - затраты, обеспечившие эколого-экономический эффект, включая и природоохранные мероприятия, тыс. руб.

Полный эколого-экономический эффект определяется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{э}} = \mathcal{B}_{\text{п}} - \mathcal{Z}_{\text{п}} - (\mathcal{Y} - \mathcal{K} \mathcal{Z}_{\text{у}}), \quad (5.20.25)$$

следовательно, общая эколого-экономическая эффективность равна:

$$\mathcal{E}_{\text{эобщ}} = \frac{\mathcal{B}_{\text{п}} - \mathcal{Z}_{\text{п}} - (\mathcal{Y} - \mathcal{K} \mathcal{Z}_{\text{у}})}{\mathcal{Z}_{\text{э}}}, \quad (5.20.26)$$

где: $\mathcal{B}_{\text{п}}$ - стоимость валовой продукции, тыс. руб.;

$\mathcal{Z}_{\text{п}}$ - производственные затраты, тыс. руб.;

\mathcal{Y} - величина эколого-экономического ущерба сельскохозяйственного производства, тыс. руб.;

\mathcal{K} - коэффициент эффективности природоохранных мероприятий;

$\mathcal{Z}_{\text{у}}$ - затраты, направленные на предупреждение и ликвидацию ущерба в сельском хозяйстве, тыс. руб.

Положительная динамика данного показателя в сравниваемых вариантах (до и после применения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, с учетом индекса цен в условиях инфляции) отражает рост эффективности экологических затрат на формирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

9. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

9.1. Роль математических моделей в обосновании систем земледелия сельскохозяйственных предприятий

Оптимизационные математические методы широко используются в моделировании процессов сельскохозяйственного производства с 1960-х годов. Поначалу объектом математического моделирования были важные, но все же частные аспекты аграрного производства – состав машинно-тракторного парка, рационы кормления, распределение удобрений, структура посевных площадей и т. п. Но в проектировании систем земледелия математические методы еще длительное время не имели должного применения.

В 1980-е годы в регионах страны были разработаны зональные системы земледелия, в определенной мере учитывавшие местную природно-климатическую специфику и уровень развития производительных сил. Однако попытки разработки систем земледелия для отдельных хозяйств на основе зональных эталонов без использования экономико-математических оптимизационных методов оказались не столь плодотворными. Не останавливаясь на анализе всего комплекса причин, обусловивших это, укажем, все же, одну. Господствовавший тогда расчетно-конструктивный метод не предполагал многовариантности при выработке стратегических агрономических решений. В результате даже лучшие хорошо обоснованные зональные модели земледелия при переносе в условия колхозов и совхозов зачастую превращались в шаблонные безжизненные схемы.

С учетом этого представляется особо значимым успешный опыт использования оптимизационных моделей при разработке систем земледелия в Зауралье и Западной Сибири. В 1983 году В.И. Овсянников с соавторами (146) впервые в регионе формализовал систему земледелия для природно-сельскохозяйственных зон Курганской области в виде задачи линейного программирования. Несколько позже в Сибирском НИИ земледелия и химизации В.И. Кирюшиным, А.Н. Власенко и А.И. Южаковым (87) была создана математическую модель земледелия Новосибирской области. В упомянутых работах наиболее ценными были идеи дифференциации земледелия по уровням интенсификации и учета взаимодействия системообразующих факторов – севооборота, обработки почвы, удобрений, контроля сорняков и других вредных объектов. Эти идеи входят и в методологию математического моделирования адаптивно-ландшафтного земледелия.

9.2. Системный характер земледелия и особенности его математического моделирования

Важнейшей предпосылкой для математической формализации земледелия является его системный характер. Он давно уже является общепризнанным. В качестве подтверждения этого положения обычно рассматривается декомпозиция (членение) систем земледелия на компоненты – так называемые звенья, или комплексы мероприятий. Возможность четкой декомпо-

зиции на элементы является безусловно важным, но далеко не исчерпывающим признаком системного характера объекта. Еще большее значение имеет выявление прямых и обратных связей между элементами.

Глубина познания взаимодействий между элементами системы земледелия неодинакова. Некоторые из них давно находятся в поле зрения исследователей; другим посвящены лишь отдельные работы. Последнее связано с тем, что достоверную количественную оценку взаимодействий можно получить лишь в специально спланированных для этого достаточно сложных и высокзатратных длительных стационарных многофакторных опытах.

Наиболее полно исследованы влияния предшественников и севооборотов на эффективность удобрений. Например, неодинаковое воздействие разных предшественников на мобилизацию азота почвы в доступных для культурных растений формах известно еще с работ Д.Н. Прянишникова. Установлено, что способность предшественников обеспечивать культуры минеральным азотом возрастает в ряду: повторные посевы зерновых, однолетние кормовые, многолетние травы, горох, чистый пар. В этом же направлении растет эффективность вносимого фосфора, тогда как прибавки урожая от азотных удобрений столь же закономерно падают. Очевидные на качественном уровне, указанные закономерности нуждаются, однако, в детальной эмпирической проверке в местных условиях в полевых опытах, в которых реакция культур на предшественники исследуется на фоне комбинаций азота, фосфора и калия, представленных в последовательной градации их норм.

Большой интерес представляет анализ более сложного взаимодействия – между предшественником, с одной стороны, и удобрениями и пестицидами – с другой. В Зауралье эту проблему в 1970-е – 1990-е годы исследовал В.И. Овсянников. Он показал, что фактором, определяющим эффективность экстенсивного земледелия, специализирующемся на производстве зерна, является чистый пар. Но депрессия урожайности зерновых после непаровых предшественников в сравнении с чистым паром значительно ослабляется совместным применением азотных удобрений и гербицидов. При этом технологически и экономически предпочтительными становятся не только севообороты из зерновых и кормовых культур, но и севообороты со стопроцентным насыщением зерновыми, вплоть до бессменной культуры. Этим было доказано, что в условиях интенсификации земледелия Зауралья роль ведущего системообразующего фактора переходит от предшественника к средствам химизации. Были установлены и количественные параметры, обуславливающие переход на беспаровое земледелие: внесение в среднем на гектар пашни 30-50 кг азота, 20-30 кг фосфора и обработка гербицидами 30-40 % пашни. Высказанные сначала в форме гипотезы, эти положения были подтверждены в серии унифицированных длительных многофакторных стационарных опытов по оценке севооборотов при разных уровнях химизации, заложенных в разных агроклиматических зонах Зауралья. На основе данных этих стационаров в 1983 г. были построены математические модели, вскрывшие формальную (математическую) связь между исследованными факторами.

Широко известна связь между севооборотом и обработкой почвы. В степных районах Сибири и Северного Казахстана главным условием перехода на мульчирующую обработку является высокий (как минимум, 12-15 %) удельный вес чистого пара. Это вывод, сформулированный в работах сотрудников бывшего ВНИИЗХ под руководством академика А.И. Бараева, для степных районов Сибири и Казахстана сейчас представляется аксиоматическим.

В дальнейшем были получены доказательства тесного взаимодействия обработки почвы и химических средств интенсификации (85). Установлено, что при экстенсивном земледелии и невысоком удельном весе чистого пара замена вспашки на минимальную обработку (плоскорезом, дисковыми орудиями), а тем более отказ от основной обработки приводит к существенному снижению урожайности зерновых. Азотные удобрения и гербициды уменьшают разрыв между способами обработки и делают возможной минимализацию обработки почвы. Формализация установленных при этом количественных зависимостей была осуществлена в математических моделях систем земледелия.

В последующих многофакторных экспериментах были идентифицированы связи между минеральными удобрениями и средствами защиты растений удобрениями, сроками посева и нормами высева и др.

Таким образом, система земледелия из набора мероприятий превращается в целостность, которая может быть строго идентифицирована. При этом изменение любого значимого элемента системы делает необходимым изменение других элементов, а заданной характеристике одного элемента соответствуют определенные качественные и количественные параметры других. *Формализация этих зависимостей на основе данных длительных многофакторных стационарных опытов с градацией факторов создает предпосылки для перехода от вербальной модели земледелия к математической.*

9.3. Агротехнологии, как подсистемы системы земледелия

К вопросу о соотношении систем земледелия и агротехнологий существует два подхода. Один из них, традиционный для отечественной аграрной науки, признает системы земледелия самодостаточными; технологиям возделывания культур при этом отводится подчиненная роль. Второй, основанный на зарубежных (главным образом западноевропейских) научных и производственных достижениях, отдает безусловный приоритет агротехнологиям, необходимость систем земледелия при этом фактически отрицается.

Следствием первого подхода является упомянутое выше деление системы земледелия на "звенья мероприятий". Такой подход плохо согласуется с принципами адаптивно-ландшафтного земледелия, согласно которым объектом планирования в агрономии рассматриваются не земли сельскохозяйственного предприятия в целом, а их отдельные агроэкологические типы. Попытка детализировать систему земледелия, сформированную из отдельных "звеньев мероприятий", приводит к потере целостности модели и возврату от системного принципа к устаревшему теоретико-множественному.

Еще одно следствие автономности этих звеньев – информационные лакуны, неизбежно возникающие на междисциплинарных стыках между агрохимией, защитой растений, теорией севооборотов, обработки почвы.

Второй подход представляется допустимым для небольших сельскохозяйственных предприятий, в которых невелико разнообразие природных условий и ограничен набор возделываемых культур. При попытке его реализации в крупных хозяйствах неизбежно возникают проблемы экологической и экономической взаимоувязки элементов системы.

С учетом неконструктивности обеих позиций предложено рассматривать систему земледелия как средство оптимизации агроландшафтов, агротехнологию – как средство управления агроценозом конкретной культуры в агроландшафте (81). Важно подчеркнуть, что сумма агротехнологий – это не просто набор возможных способов возделывания культур в конкретном сельхозпредприятии. Их можно рассматривать как подсистемы системы земледелия. На уровне агротехнологий реализуется часть рассмотренных в п. 5.15.2 прямых и обратных связей, определяющих системный характер земледелия.

9.4. Значение математических методов для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Обоснование отдельных технологий – посильная задача для квалифицированного агронома. Для этого вполне достаточно знания зональных научных рекомендаций и умения скорректировать их на основе собственного опыта специалиста и сведений о ресурсном потенциале агропредприятия. Иное дело – взаимная увязка всех технологических элементов в рамках единой системы земледелия хозяйства. Здесь традиционный расчетно-конструктивный метод, позволяющий обосновать параметры и оценить эффективность небольшого числа возможных вариантов, непригоден – для этого необходимо использовать математическое моделирование.

По сравнению с традиционными системами земледелия, адаптивно-ландшафтные требуют значительно более детального учета агроэкологических характеристик земель и культур, природно-ресурсного и производственно-ресурсного потенциалов, требований к качеству продукции и соблюдению норм охраны окружающей среды. Необходимость учета разнонаправленных взаимодействий между системообразующими факторами еще более усложняют процедуру проектно-изыскательских работ. Использование для этого лишь вербальных (словесных) методов создает угрозы, с одной стороны, неопределенности и субъективизма, с другой – возврата к предельно схематизированным решениям на основе выбора из ограниченного набора готовых шаблонов. Будучи мощным инструментом формализации агроэкологических объектов, математическое моделирование позволяет эффективно устранить эти угрозы.

Вербальные модели обладают ограниченными прогностическими возможностями. С того момента, как модель системы земледелия, изложенная на бумаге в виде свода рекомендаций, передается заказчику, она начинает

устаревать. Резкие колебания экономической ситуации неизбежны на этапе становления рыночных отношений, который переживает сейчас народно-хозяйственный комплекс страны. Это еще более обесценивает вербальные модели, т. к. в них крайне сложно учесть колебания цен на продукцию аграрного сектора и материально-технические ресурсы, их комбинации. В математической модели, дополненной базой данных, можно учитывать широкий спектр внешних условий, настраивать модель на разнообразные экономические ситуации.

Таким образом, использование методов математического моделирования при обосновании адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходимо и даже неизбежно.

9.5. Цель и основное содержание математического моделирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Целью математического моделирования адаптивно-ландшафтного земледелия является нахождение таких количественных параметров системы земледелия сельскохозяйственного предприятия, при которых обеспечивается экономически наиболее эффективное его функционирование при определенных агроэкологических характеристиках земель и культур, природно-ресурсном и производственно-ресурсном потенциалах, соблюдении требований по охране окружающей среды.

Главное требование к модели адаптивно-ландшафтного земледелия – *учет агроэкологической разнородности земель*. Поэтому к разработке математической модели можно приступать, лишь располагая данными агроэкологической оценки земель предприятия. Учет разнородности земель целесообразно осуществляется на уровне агроэкологических типов. В необходимых случаях могут выделяться и категории пригодности земли для отдельных культур и технологий. Указанное требование определяет общую компоновку модели адаптивно-ландшафтного земледелия предприятия: она должна иметь блочную структуру. Число блоков соответствует выделенным агроэкологическим типам и категориям земель. Если в пределах данного агроэкологического типа представлены и естественные кормовые угодья, то они выделяются в отдельный блок. Каждый блок является подсистемой, для которого формируются ограничения по площади земли и способам производства. Связующий блок содержит ограничения по трудовым, материально-техническим и денежным ресурсам, увязке межотраслевых пропорций. Общим для всех блоков является и критерий оптимальности (функционал задачи).

9.6. Обоснование переменных модели

Поиск решения в оптимальном программировании заключается в выборе по определенному алгоритму значений переменных.

В традиционных постановках задачи оптимизации структуры посевных площадей в качестве переменных чаще всего принимается набор культур. Система севооборотов при этом формируется с помощью дополнительных

ограничений площади культур либо по предшественникам, либо по допустимым пределам доли отдельных культур от общей посевной площади. При альтернативном подходе в качестве независимых переменных рассматриваются возможные (допустимые) по агроэкологическим требованиям севообороты. При этом оптимальное решение задачи позволяет установить, какие севообороты и на каких площадях являются наиболее эффективными.

Каждый из этих подходов имеет и положительные, и отрицательные стороны. Первый учитывает отсутствие в большинстве сельскохозяйственных предприятий освоенных севооборотов. Рациональное размещение культур по предшественникам позволяет гибко реагировать на различные производственно-технологические, экологические и экономические ситуации. Вместе с тем, учет взаимовлияния культур и последствий применявшихся технологий (в первую очередь удобрений) с ретроспективой лишь в один год явно недостаточно. Увеличение же учитываемого периода до двух-трех лет и более является фактически обращением к севооборотам. Введение ограничений в виде предельной доли посева культуры, размещаемой по отдельным предшественникам, является, по сути, подменой процедуры оптимизации расчетно-конструктивным методом, хотя и производимым с помощью средств прикладной математики.

Главный недостаток второго подхода заключается в том, что размер матрицы линейного программирования, в которую в качестве переменных включаются многопольные севообороты, чрезвычайно велик, т. к. количество возможных вариантов севооборотов экспоненциально возрастает с увеличением числа полей в них. Даже если исключить схемы севооборотов явно бессмысленные по агрономическим критериям, число оставшихся значительно превысит возможности средств программирования, не говоря уже о том, что разработка такой модели может потребовать много времени и усилий.

Изложенное дает основание считать наиболее перспективным паллиативный вариант, при котором в качестве переменных рассматриваются звенья севооборотов. Звено севооборота может включать одну, две или три культуры. Примерами однопольных звеньев являются повторные посевы зерновых, выводные поля многолетних трав. Трехпольные звенья обязательно включают культуру, последствие которой проявляется более одного года. Таковы чистый пар и многолетние травы. Как показывают исследования в стационарных опытах зональных научно-исследовательских учреждений, заметное последствие однолетних кормовых культур проявляется лишь один год; уже на второй год на фоне других технологических факторов (удобрений, обработки) оно практически не обнаруживается. Поэтому, например, звено кукуруза – пшеница – пшеница можно рассматривать как два самостоятельных – двухпольное в составе кукурузы и пшеницы и однопольное, представленное повторной пшеницей.

Для каждого звена задаются агротехнические, экологические и экономические характеристики, конкретизированные для отдельных агроэкологических типов земель.

Агротехническая характеристика представляет собой набор технологий возделывания культур, входящих в данное звено и объединенных в единый агрокомплекс. Идентифицируя агротехническую характеристику звена севооборота, следует иметь в виду прежде всего последствие таких факторов, как удобрения, химические мелиоранты. Одно и то же звено севооборота, представленное несколькими агрокомплексами с разными категориями интенсивности (экстенсивной, нормальной, интенсивной), рассматривается как несколько переменных.

Экологические и природоохранные характеристики звена севооборота строятся на критериях, имеющих вид императивов ("разрешено" – "запрещено"). Более предпочтителен подход, при котором подобные ограничения основываются на градации критериев, математически формализованных в форме технических коэффициентов при переменных. Реализация такого подхода сдерживается дефицитом знаний о зависимости между факторами среды и результатами их воздействия. В перспективе по мере прогресса в области экологического нормирования это станет возможным.

К экономическим параметрам модели ограничения императивного вида не применяются. Сокращение перечня переменных на основе экономического "здорового смысла" не учитывает все связи в системе, а потому зачастую элиминирует наилучший вариант, который может быть найден лишь в результате решения оптимизационной задачи.

Набор переменных сначала определяется для плакорных земель. Обоснование набора звеньев для других агроэкологических типов в основном сводится к исключению вариантов, недопустимых по агроэкологическим и природоохранным критериям. Так, на солонцовых землях исключаются звенья с соей и кукурузой, на эрозионных и дефляционных – варианты, в которых основная обработка проводится отвальным плугом.

9.7. Учет в модели межотраслевых пропорций

Построение модели адаптивно-ландшафтного земледелия предусматривает оптимизацию пропорций между основными отраслями (растениеводством и животноводством), т. е. соотношение между видами угодий, нагрузка животных на единицу площади угодий и другие показатели, отражающие отраслевую структуру, относятся к основным экологическим характеристикам аграрного природопользования. Связь между отраслями формализуется, с одной стороны, через ограничения по производству и использованию кормов и навоза, с другой стороны – через стоимостные и натуральные показатели, характеризующие технологии. Это позволяет учесть взаимное влияние отраслей, конкуренцию за денежные, трудовые и технические производственные ресурсы предприятия.

9.8. Математическая постановка задачи

Допустим, что пашня сельскохозяйственного предприятия представлена g агроэкологическими типами земли. Каждый из них занимает площадь S_f га ($g \in f$). На g' типах земли имеются естественные кормовые угодья площа-

дью S_f га ($g' \in f$). На землях данного агроэкологического типа культуры могут размещаться в h видах звеньев севооборотов ($h \in i$) с заданным чередованием культур. В звене севооборота может применяться одна из j технологических комплексов ($j \in k$), выполняться m видов сельскохозяйственных работ ($m \in l$) в v календарных периодов ($v \in u$) и производиться один или несколько из p видов сельскохозяйственной продукции ($p \in n$). Кроме того, в хозяйстве содержится крупный рогатый скот, относящийся к r половозрастным группам ($r \in q$).

Предполагаются известными следующие технико-экономические коэффициенты:

a_{fikn} – производство на пахотных землях f -го агроэкологического типа n -го вида продукции в i -м звене севооборота при k -м технологическом комплексе, т/га;

a_{fn} – производство на естественных кормовых угодьях, расположенных на землях f -го агроэкологического типа, n -го вида продукции, т/га;

$a_{qn'}$ – производство n' -го вида продукции животноводства q -й половозрастной группой КРС, т/(гол.год);

b_{fik} – прямые затраты на землях f -го агроэкологического типа в i -м звене севооборота при использовании k -й технологической системы, руб./га;

b_q – прямые затраты на содержание q -й половозрастной группы КРС без учета стоимости кормов, руб./(гол.год);

z_n – цена реализации n -го вида продукции;

t_{fuikl} – затраты времени на выполнение l -го вида работ в u -й календарный период на землях f -го агроэкологического типа в i -м звене севооборота при использовании k -го технологического комплекса, ч/га;

d_{fik} – внесение навоза на землях f -го агроэкологического типа в i -м звене севооборота при использовании k -го технологического комплекса, т/га;

$d_{qn'}$ – расход n' -го вида продукции растениеводства на q -ю половозрастную группу КРС, т/(гол.год). При этом $n' \subset n$, где n' – подмножество видов кормов;

c_{fik} – прибыль на землях f -го агроэкологического типа в i -м звене севооборота при использовании k -го технологического комплекса, руб./га; ее значение вычисляется по формуле:

$c_{fik} = \sum_{n=1}^p z_n a_{fikn} - b_{fik}.$	(1)
--	-----

Аналогично вычисляются:

c_f – прибыль на естественных кормовых угодьях, расположенных на землях f -го агроэкологического типа, руб./га;

c_q – прибыль от q -й половозрастной группы КРС, руб. /(гол.год).

Переменные в задаче имеют следующие обозначения:

x_{fik} – площадь пашни на землях f -го агроэкологического типа под i -м звеном севооборота при использовании k -го технологического комплекса, га;

x_f – площадь естественных кормовых угодий на землях f -го агроэкологического типа, га;

x_q – численность КРС q -й половозрастной группы, голов.

Введем ограничения:

а) по площади пашни в предприятии

$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j x_{fik} - \sum_{f=1}^g S_f \leq 0;$	(2)
---	-----

б) по площади пашни в f -м блоке

$\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j x_{fik} - S_f \leq 0;$	(3)
---	-----

в) по площади естественных кормовых угодий в предприятии

$\sum_{f'=1}^{g'} x_{f'} - \sum_{f'=1}^{g'} S_{f'} \leq 0;$	(4)
---	-----

г) по площади естественных кормовых угодий в f' -м блоке

$x_{f'} - S_{f'} \leq 0;$	(5)
---------------------------	-----

д) по предельной площади звеньев севооборотов и технологических комплексов

$\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j x_{f i_1 k_1} - \lambda_{f i_1 k_1} S_f \leq 0,$	(6)
---	-----

при этом $i_1 \subset i$, $k_1 \subset k$, где i_1, k_1 – подмножества экологически опасных звеньев севооборотов и технологических комплексов; $\lambda_{f i_1 k_1}$ – коэффициент, численно равный предельно допустимой доле данных севооборотов и технологических комплексов на землях f -го агроэкологического типа;

е) по прямым затратам

$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j b_{fik} x_{fik} + \sum_{q=1}^r b_q x_q - B \leq 0,$	(7)
---	-----

где B – общее наличие средств на прямые затраты;

ж) по ресурсам времени на выполнение механизированных работ

$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j \sum_{l=1}^m \sum_{u=1}^v t_{fiklu} x_{fik} - T_{lu} \leq 0.$	(8)
---	-----

При этом общий ресурс рабочего времени T_{lu} рассчитывается по формуле

$T_{lu} = \alpha_u \tau_u \chi_{ul} A_l,$	(9)
---	-----

где α_u – погодный коэффициент u -го периода, численно равный доле дней в периоде с погодой, позволяющей вести полевые работы; τ_u – продолжительность u -го календарного периода, дней; χ_{ul} – продолжительность рабочего дня при выполнении l -го вида полевых работ в u -й период; A_l – наличие машин (агрегатов, комплексов машин), предназначенных для выполнения l -го вида полевых работ;

з) по балансу органических удобрений

$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j d_{fik} x_{fik} - \sum_{q=1}^r a_{q_3} x_q \leq 0,$	(10)
---	------

где a_{q_3} – норма производства навоза q -й половозрастной группы КРС, т/(гол.год); здесь индекс q_3 обозначает порядковый номер ($n'=3$) навоза как вида продукции животноводства;

и) по балансу кормов

$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^p a_{fiken} x_{fik} - \sum_{q=1}^r d_{qn} x_q \geq 0, n \in N^{(1)};$	(11)
--	------

к) условие неотрицательности переменных

$x_{fik} \geq 0;$	(12)
-------------------	------

$x_{f'} \geq 0;$	(13)
------------------	------

$x_q \geq 0.$	(14)
---------------	------

Сформулируем целевую функцию задачи линейного программирования.

Необходимо найти значения x_{fik} , $x_{f'}$, x_q максимизирующие функцию:

$F = \sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j c_{fik} x_{fik} + \sum_{f'=1}^{g'} c_{f'} x_{f'} + \sum_{q=1}^r c_q x_q \rightarrow \max.$	(15)
--	------

Предложенный вариант модели полностью укладывается в рамки задачи линейного программирования блочной структуры.

9.9. Нормативная и информационная база модели

Для разработки математической модели адаптивно-ландшафтного земледелия необходима разнообразная информация об агроэкологических условиях, агротехнологиях и других аспектах сельскохозяйственного природопользования. Поэтому и источники информации столь же разнообразны. К ним относятся: а) результаты агроэкологической оценки земель; б) данные научно-исследовательских учреждений и учебных заведений; в) материалы административных органов, управленческих структур сельхозпредприятия; г) информация сортоучастков Госкомиссии по сортоиспытанию; метеостанций Госкомгидромета; служб, осуществляющих мониторинг окружающей

среды; организаций, занимающихся землеустройством, мелиоративным и водохозяйственным проектированием, геологическими изысканиями.

В формализованном виде нормативная база модели представлена техническими коэффициентами при переменных и ограничениями.

Важнейшей частью нормативной базы модели является агроэкологическая оценка земель предприятия. Идентификация земель по агроэкологическим типам служит исходной позицией для разработки системы переменных. На основании экспликации земель формируются ограничения по земельным ресурсам для каждого блока.

На основании данных об изменчивости урожайности по полям, а также в связи с применявшимися технологиями проводится идентификация нормативов по агроэкологическим типам земель, предшественникам, системам обработки почвы и категориям интенсификации.

Как правило, показатели охватывают не все *возможные* культуры, предшественники и технологии, а лишь *имеющиеся* в хозяйстве. Поэтому следующий этап разработки нормативов – дифференциация их для всех переменных, включенных в модель. Основными источниками информации для этого являются результаты опытов научно-исследовательских учреждений региона, сортоучастков Госкомиссии по сортоиспытанию.

Особенно ценны материалы длительных многофакторных стационарных опытов, посвященных одновременному изучению всех основных элементов технологии – предшественников, обработки почвы, удобрений, защите от сорняков, вредителей и болезней, – охватывающих основные природно-сельскохозяйственные зоны и агроэкологические типы земель. Такие материалы легко формализуются, они значительно снижают субъективизм, неизбежный при обобщении данных разрозненных исследований. В качестве образца подобных опытов могут служить стационары Курганского НИИ сельского хозяйства. Они охватывают все природно-сельскохозяйственные зоны области. Заложенные в 1968-1970 годах, они прошли по семь полных ротаций севооборотов. В свете задач создания информационной базы для разработки адаптивно-ландшафтных моделей земледелия целесообразно пересмотреть походы зональных научно-исследовательских учреждений к методологии исследований по земледелию и агрохимии. Разрозненные краткосрочные полевые опыты, посвященные отдельным (пусть даже и актуальным) проблемам должны быть дополнены унифицированными многофакторными стационарами, направленными на решение конкретной задачи – *разработку нормативов для проектирования систем земледелия*. Необходимо также решить проблему координации исследований на уровне всей страны по образцу географической сети опытов с удобрениями.

Если путем привлечения научно-исследовательской информации не удастся охватить весь спектр культур и технологий, то необходимо использовать метод экспертных оценок. Как правило, численность экспертов, участвующих в процедуре, небольшая – 3-5 человек. В качестве экспертов привлекаются научные сотрудники, опытные специалисты – практики, работники хозяйства, для которого разрабатывается модель. На этапе подго-

товки к экспертизе составляется матрица определения генеральной цели и средств ее достижения. В начале процедуры экспертам предоставляется перечень вопросов. Для обеспечения независимости суждений вначале ход обсуждения регламентируется: первыми опрашиваются эксперты, более молодые по возрасту и занимающие более низкие должности. При привлечении в качестве экспертов научных работников процедура опроса может быть менее формальной. Результаты коллективной экспертизы подвергаются статистической обработке. Для оценки количественных показателей находится среднее значение прогнозируемой величины, дисперсия, доверительный интервал. Путем расчета коэффициентов парной ранговой корреляции и конкордации определяется степень согласованности мнения экспертов.

Имеющиеся в хозяйствах технологические карты для обоснования технико-экономических коэффициентов при переменных непригодны, т. к. не охватывают всего набора культур и технологий, включаемых в модель. Поэтому разрабатывается специальный пакет перспективных технологических карт для каждой культуры с учетом предшественника и категории интенсификации. Определенной трудностью при этом является недостаточная надежность нормативных данных хозяйства по ценам на продукцию и ресурсы, затратам рабочего времени, топлива и тому подобное. Расчет нормативов на основе материалов оперативного и синтетического учета сельскохозяйственного предприятия затруднен неполнотой стоимостной оценки затрат и результатов производства, обусловленной распространенной заменой нормальных товарно-денежных отношений их суррогатами (бартером, "договорными" ценами). Все это следует учитывать при подготовке исходной информации. Поэтому, используя данные хозяйства, необходимо их постоянно сопоставлять со сведениями по соседним предприятиям, нормативами, разрабатываемыми машиноиспытательными станциями, областными (краевыми) административными органами.

Подготовка нормативной базы – наиболее трудоемкий этап работы над математической моделью. Адекватность математической модели в значительной мере предопределяется качеством нормативов. В силу указанных причин основные усилия разработчиков модели должны быть направлены именно на информационное обеспечение работ.

Важной частью информационного обеспечения является создание баз данных по нормативам, используемым при разработке математических моделей. Некоторая часть нормативной базы может быть легко унифицирована в пределах региона. Предпосылкой для этого является то, что между агротехнологиями, применяемыми в разных хозяйствах, но на землях одного агроэкологического типа, гораздо больше сходств, чем между качественно разнородными землями одного сельхозпредприятия.

9.10. Анализ и использование результатов моделирования адаптивно-ландшафтного земледелия предприятия

Математическая модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия – эффективный инструмент при принятии управленческих решений.

Анализ моделирования сводится к сравнению результатов решения вариантов модели, отличающихся значениями природно-ресурсного и производственно-ресурсного потенциалов.

Ресурсные показатели можно разбить на несколько групп – неизменяемые, изменяющиеся неконтролируемые и изменяемые контролируемые. К первым относятся земельные ресурсы, ко вторым – погодные условия, к третьим – наличие средств для осуществления производственной деятельности, тракторов, сельскохозяйственных машин и т. п. Это деление достаточно условно. Присоединением соседнего хозяйства можно изменить обеспеченность пашней, а мелиоративные приемы позволяют отчасти контролировать действие метеорологических факторов. Тем не менее, наиболее актуальной задачей является оценка влияния на систему земледелия обеспеченности хозяйства финансовыми средствами для осуществления производственной деятельности, средствами механизации и т. п.

Варьируя параметрами производственно-ресурсного потенциала, можно оценить современное состояние предприятия, перспективность тех или иных направлений его развития. Таким образом, качественная модель является основой для бизнес-планов.

Хороший интерфейс, по сути, превращает математическую модель адаптивно-ландшафтного земледелия в информационно-советующую систему специалиста и руководителя хозяйства.

Сопоставляя решения, полученные при наложении модели с унифицированными нормативами на хозяйства с неодинаковыми агроэкологическими условиями и ресурсами, можно извлечь весьма полезную информацию для властных структур, ответственных за государственную аграрную политику на региональном уровне, в том числе по такой важной в условиях рынка проблеме, как определение направлений инвестиций.

Математическая модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия также является мощным средством научных исследований. С одной стороны, численные эксперименты с моделью – важное дополнение полевых экспериментов, метод их обобщения. С другой стороны, потребность совершенствования нормативной базы моделей, в особенности по параметрам агротехнологий, позволяет придать большую практическую направленность и научную содержательность полевым опытам.

10. ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОКОМПЛЕКСОВ, РЕГИСТРОВ АГРОТЕХНОЛОГИЙ И АГРОГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

10.1. Принципы разработки региональных агрокомплексов и агрогеоинформационных систем

До последнего времени в качестве региональных руководств по земледелию служили изданные в большинстве административных областей, краев и республик «Зональные системы земледелия области» - книги (иногда в нескольких томах), в которых обобщены результаты исследований зональных НИИ и практический опыт земледелия. В тех областях, где такие книги не изданы, информация по земледелию содержится в соответствующих разделах более общих руководств по системе ведения сельского хозяйства, изданных в каждом субъекте Российской Федерации.

Эти документы сыграли важную роль в освоении зональных систем земледелия в 80-90-х годах.

Теперь же требуется создание новых региональных методических руководств по формированию зонально-провинциальных агрокомплексов, представляющих совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия в пределах природно-сельскохозяйственных провинций. Такие руководства должны разрабатываться для субъектов Федерации региональными научными центрами в соответствии с рассмотренной выше методологией с учетом местного научного и практического опыта.

Исходным условием решения этой задачи является разработка агроэкологической классификации земель для каждой природно-сельскохозяйственной провинции, а в сложных случаях – для природно-сельскохозяйственных районов, если они обоособляются в пределах провинции. Большие по площади административные области, края и автономные республики могут включать несколько природно-сельскохозяйственных провинций. В таких случаях может потребоваться корректировка природно-сельскохозяйственного районирования и его детализация.

На основе крупномасштабных и среднемасштабных почвенных и топографических карт составляют реестр агроэкологических групп и видов земель. Для каждой группы земель разрабатывают модель земледелия, включающую: состав и соотношение угодий; структуру посевных площадей, организацию территории; систему севооборотов – сенокосооборотов – пастбищеоборотов; системы обработки почвы, удобрения и защиты растений. Завершается модель пакетами технологий возделывания сельскохозяйственных культур, дифференцированных применительно к видам земель, уровням интенсификации производства и хозяйственным укладам.

Содержание этой работы, глубина проработки и форма представления зависят от уровня научного обеспечения региона и производственного потенциала. От качества этого методического руководства по формированию си-

стем земледелия и агротехнологий будет зависеть результативность проектирования АЛСЗ в сельскохозяйственных предприятиях.

Наиболее перспективным представляется решение этой задачи в составе региональных агрогеоинформационных систем (АГИС).

Такие системы создаются на базовом картографическом материале масштаба от 1:100000 - 1:20000. Чем крупнее масштаб, чем шире спектр использования материалов. При масштабе 1:100000 достаточно определенно отражается картина распределения агроэкологических групп земель и соответственно АЛСЗ и агротехнологий. Имеется возможность адресно решать задачи размещения инвестиций, их очередности, определять возможности производства различных видов продукции, потребности в ресурсах и т.д. Карты более мелких масштабов ограничивают эти возможности, а при масштабе мельче 1: 300000 они имеют обзорный характер.

Методология формирования АГИС заключается в создании серии электронных карт отражающих:

- административное деление области, инфраструктуру сельскохозяйственного производства (сельскохозяйственные и агропромышленные предприятия, элеваторы и пр), дороги;
- рельеф и почвообразующие породы;
- агроклиматические условия;
- гидрологические и гидрогеологические условия, поверхностный сток;
- растительность;
- структура почвенного покрова;
- проявления физической деградации почв и ландшафтов (эрозии, дефляции, переуплотнения почв и др.);
- загрязнение тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтяными продуктами и т.д.;
- проявления вторичного гидроморфизма;
- обеспеченность почв элементами питания растений;
- кислотность, солонцеватость, засоленность почв.

На основе этих материалов уточняется схема природно-сельскохозяйственного районирования области и путем наложения определенных карт-слоев разрабатывается карта агроэкологических групп земель, которая становится базовым материалом для агроэкологического районирования и разработки АЛСЗ.

В качестве примера разработки регионального агрокомплекса приводится агрокомплекс Западной Сибири. Здесь излагается основное его содержание. Более детальное его рассмотрение представлено в книге «Адаптивно-ландшафтные системы Новосибирской области» (3). Этим изданием Сибирского НИИ земледелия и животноводства положено начало разработке региональных АЛСЗ в рамках рассмотренной выше методологии.

10.2. Опыт разработки региональных агрокомплексов на примере Западной Сибири

Земледельческая территория Западной Сибири занимает узкую полосу между сухими степями Евразийского континента с юга и тайгой с севера. Удаленность от океанов и пониженная теплоемкость материков обуславливают максимальную континентальность климата с годовой амплитудой температур до $85-92^{\circ}\text{C}$. В широтном направлении сменяются с севера на юг шесть почвенно-климатических подзон: южно-таежно-лесная, северолесостепная, центрально-лесостепная, южно-лесостепная, северостепная и степная.

В соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием Западной Сибири выделяется девять провинций: западносибирская южно-таежно-лесная, западносибирская северолесостепная, западносибирская центрально-лесостепная, западносибирская южнолесостепная, северопреселтайская северолесостепная, северопреселтайская центрально-лесостепная, северопреселтайская южнолесостепная, западносибирская степная, западнопреселтайская степная.

Различия в геоморфологических, литологических, агроклиматических и почвенных условиях составляют особенности агрокомплексов провинций, представляющих собой совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия, проектируемых применительно к агроэкологическим группам земель.

Западносибирская провинция южно-таежно-лесной подзоны

В провинции выделяется 2 агроэкологические группы земель.

1. Южно-таежно-лесные плакорные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с господствующими дерново-подзолистыми почвами на тяжелосуглинистых и глинистых лессовидных карбонатных суглинках и глинах. В структуре почвенного покрова преобладают пятнистости дерново-подзолистых почв различной степени оподзоленности. По периферии нижних частей склонов встречаются сочетания дерново-подзолистых почв с дерново-подзолистыми глеевыми. Среди массивов дерново-подзолистых почв в западной части провинции в виде островов встречаются темно-серые лесные почвы.

2. Южно-таежно-лесные переувлажненные земли. Плоские слабодренированные равнины с тяжелосуглинистыми и глинистыми дерново-подзолистыми глеевыми, дерново-глеевыми, серыми лесными глеевыми и луговыми почвами. В составе структуры почвенного покрова распространены контрастные комбинации, представленные сочетаниями дерново-подзолистых глеевых с дерново-глеевыми и серых лесных глеевых с луговыми почвами. Размеры контуров невелики и составляют 2-5 га.

Климат характеризуется среднемноголетними суммами температур выше $5-10^{\circ}\text{C}$ $1780-1880^{\circ}\text{C}$, выше $10-12^{\circ}\text{C}$, - $1520-1620^{\circ}\text{C}$, обеспеченными в 8 годах из 10 – соответственно $1680-1780$ и $1420-1520^{\circ}\text{C}$. Среднемноголетние суммы осадков – $450-500$ мм, июня – $60-65$ мм, коэффициент увлажнения $1,8-$

1,36. Даты воздушных заморозков с вероятностью 1 раз в 5 лет последних – 5 июня, первых – 1 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводческой отрасли – производство зеленых, сочных и грубых кормов, пивоваренного и фуражного ячменя, продовольственного зерна ржи, овса, маслосемян рыжика и льна.

Севообороты на плакорных землях в экстенсивном и нормальном земледелии формируются с учетом пополнения почвы органическим веществом и минеральным азотом, предотвращения размножения и массового распространения вредных организмов. Особое значение имеет чистый пар и многолетние, особенно бобовые, травы. В интенсивном земледелии необходимость введения в севооборот чистого пара снижается, расширяется возможность насыщения севооборота зерновыми культурами за счет повторных посевов. На переувлажненных землях целесообразны севообороты кормового назначения, предусматривающие возделывание многолетних трав длительного пользования, прерываемого для обновления травостоя однолетними травами, зерновыми на монокорм, силосными и др. При мелкоконтурности землепользования (2-10 га) сведение рабочих участков в короткоротационные севообороты не имеет агрономического и организационного смысла. В зависимости от набора культур севообороты могут быть и коротко ротационные (зернопаровые) и длинноротационные (зернопаротравопольные)

Система обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии на плакорных землях базируется на отвальной обработке с применением глубокого безотвального рыхления в парах и под пропашные культуры, на переувлажненных землях – по типу полупара с применением дисковой поверхностной обработки и глубокого безотвального рыхления. В интенсивном земледелии на плакорных землях возможность применения безотвальной (мульчирующей) обработки расширяется.

Система удобрений в экстенсивном земледелии предусматривает пополнение органического вещества почвы за счет пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, внесения измельченной соломы и биологического связывания атмосферного азота бобовыми растениями. В нормальном земледелии в дополнение к перечисленному применяется внесение удобрений при посеве зерновых культур в дозе N20-30P20-30, зернобобовых – N20P50, подкормка озимой ржи ранней весной – N30-45, многолетних трав – N30-45. Для повышения эффективности минеральных удобрений кислые почвы требуют известкования, которое проводится под посевы многолетних трав и зернобобовые культуры, а также в паровом поле под озимую рожь. Органические удобрения вносят под кормовые культуры в прифермских севооборотах и в паровом поле присельных полевых севооборотов по 40-60 т/га. В интенсивном земледелии фосфорные и калийные удобрения из расчета P30-60K40-60 на 1 га севооборотной площади с учетом почвенной диагностики и особенностей возделываемых культур вносятся на несколько лет или ежегодно под культуры. Азотные удобрения вносятся перед посевом локально и в виде подкормок на основе почвенной и растительной диагностики. При расчетной до-

зе свыше 60 кг д.в. под зерновые культуры перед посевом вносится 60 кг, остальное в подкормку.

Система защиты растений предусматривает прежде всего борьбу с сорняками (многолетние корнеотпрысковые и корневищные, просовидные и двудольные малолетние), предупреждение передачи возбудителей болезней через семена (фузариозная гниль) и снижение вредоносности внутрстеблевых вредителей (шведская муха).

В экстенсивном земледелии основная роль в регулировании фитосанитарного состояния посевов принадлежит агротехническим методам: севообороты с чистым паром и многолетними травами, система отвальной обработки почвы, сроки сева, временная и пространственная изоляция посевов. В нормальном земледелии дополнительно к экстенсивному включается протравливание семян, химическая прополка повторных посевов зерновых культур и химическая защита в случае массового размножения вредных видов и болезней. В интенсивном земледелии применяется комплекс агротехнических, биологических и химических мероприятий.

Западносибирская провинция северолесостепной подзоны

В провинции выделяются 2 агроэкологические группы земель.

1. Северолесостепные слабопереувлажненные земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых и лугово-черноземных солонцеватых почв при подчиненном значении черноземов обыкновенных и луговых солонцов менее 10 %.

2. Северолесостепные малосолонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых и лугово-черноземных солонцеватых почв при подчиненном значении черноземов обыкновенных и луговых солонцов 10-30 %. Группа, земли которой близки по свойствам предыдущей группе, но в почвенном покрове присутствуют солонцы.

Климат провинции характеризуется среднемноголетними суммами температур выше $5-10^{\circ}\text{C}$ – $1880-1940^{\circ}\text{C}$, выше $10-12^{\circ}\text{C}$ – $1620-1680^{\circ}$, обеспеченными в 8 годах из 10 – соответственно $1780-1840$ и $1520-1580^{\circ}\text{C}$. Среднемноголетняя сумма осадков за год – $390-450$ мм, за июнь – $55-60$ мм, коэффициент увлажнения – $1-1,08$, даты воздушных заморозков 1 раз в 5 лет. Последних – 2 июня, первых – 3 сентября.

Природные условия провинции обуславливают зернокармликовую специализацию растениеводческой отрасли, как и в южно-таежно-лесной, но в отличие от нее здесь расширяются возможности возделывания продовольственной пшеницы среднеспелых сортов, пелюшки, гречихи и капустовых культур (сурепица, рапс). В структуре кормовых культур появляется возможность выращивания раннеспелых сортов кукурузы на силос.

Севообороты, как и в южно-таежно-лесной подзоне должны способствовать пополнению почвы органическим веществом и минеральным азотом, предотвращать размножение вредных организмов. В зависимости от типов земель в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривается вве-

дение зернопаровых, зернотравяных, почвозащитных, травопропашных и др. севооборотов. Особая роль в борьбе с сорняками отводится чистому пару, хотя необходимость накопления влаги через парование возникает лишь в 20-25 % лет. При этом на солонцовых почвах в засушливые годы пар способствует усилению засоления пахотного слоя.

Система обработки почвы формируется в зависимости от особенностей агроэкологических типов земель и уровней интенсификации земледелия. Исследования СибНИИЗХим в северо-лесостепной провинции Западной Сибири показали, что в экстенсивном и нормальном земледелии на равнинах водоразделов и склонах до 1° на незасоленных почвах в условиях достаточного увлажнения наиболее эффективна отвальная основная обработка. На фоне удобрений и применения средств защиты растений эффективность вспашки и глубокой мульчирующей обработки (безотвальной) выравнивается. В годы с засушливыми условиями вегетации мелкая мульчирующая основная обработка (минимальная) превосходит глубокую отвальную на экстенсивном фоне на 4-5 ц/га, интенсивном – 5-8 ц/га зерна пшеницы. Система обработки почвы в севообороте на этих землях формируется в соответствии со сменой типов увлажнения по годам как адаптивно-комбинированная, включающая отвальные разноглубинные, мульчирующие разноглубинные приемы и нулевую зябь.

На солонцовых почвах наиболее эффективна мульчирующая разноглубинная система основной обработки почвы, включающая одну глубокую на 30-35 см безотвальную обработку в севообороте и остальные на глубину 18-22 см. После химической мелиорации в систему включается вспашка на глубину 14-16 см для заделки органических или сидеральных удобрений.

Система удобрений в экстенсивном земледелии предусматривает пополнение органического вещества за счет корневых и пожнивных остатков возделываемых в севообороте сельскохозяйственных культур, оставления соломы в предшествующем пару поле, накопление азота за счет азотфиксирующей способности бобовых культур, в нормальном земледелии – в дополнение к экстенсивному применяется рядковое удобрение зерновых культур при посеве, подкормка озимой ржи и многолетних трав азотом в дозе N30-45.

Интенсивное земледелие требует на солонцовых землях химической мелиорации пятен солонцов, внесения на гектар севооборотной площади в среднем 90-95 кг д.в. минеральных удобрений. Фосфорные и калийные удобрения в дозе P40K10 могут быть внесены в запас на ротацию севооборота или под отдельные культуры. Уточнение доз азотных удобрений на планируемый урожай проводится по данным почвенной и растительной диагностики с учетом влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. При дозе азота более 60 кг д.в. на га удобрения вносятся дробно до посева и в подкормки.

Система защиты растений от вредных организмов строится по тем же принципам, что в южно-таежно-лесной зоне и включает мероприятия по борьбе с сорняками, головневыми заболеваниями злаковых культур и внутристеблевыми вредителями.

Западносибирская провинция центрально-лесостепной подзоны

В провинции выделяются 2 агроэкологические группы земель.

1. Центрально-лесостепные малосолонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых солонцеватых почв и черноземов обыкновенных солонцеватых в комплексе с солонцами 10-30 %.

2. Центрально-лесостепные солонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых солонцеватых почв в комплексе с солонцами более 30 %.

Климат провинции характеризуется среднемноголетними суммами температур выше $5-10^{\circ}\text{C}$ – 1950-2010, выше $10-12^{\circ}$ – 1670-1770⁰, обеспеченными в 8 годах из 10 – соответственно 1840-1910 и 1570-1670⁰. Среднемноголетние осадки – 340-400 мм, за июнь – 50 мм, коэффициент увлажнения 0,83-1,0. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних 29 мая, первых – 5 сентября.

На первой группе земель природная обусловленность специализации растениеводства – производство фуражного и продовольственного зерна; зеленых, сочных, грубых кормов, полевых капустовых и крупяных культур. На второй группе – производство зеленых и грубых кормов.

Размещение севооборотов и культур в севооборотах осуществляется с учетом соле- и солонцеустойчивости растений, симбиотического накопления в почве азота, способности подавлять сорные растения и предотвращать поражение посевов болезнями и вредителями. В зависимости от конкретных агроэкологических особенностей земель и производственных условий структура посевных площадей и севообороты могут быть разнообразными: зернопаровые, зернопропашные, зернотравяные, зернопропашные, зерновые и др.

На малосолонцовых землях основная (зяблевая) обработка почвы в севообороте базируется на глубоком безотвальном рыхлении стойками СибИМЭ, чизелем, параплау с периодической вспашкой. В интенсивном земледелии появляется возможность минимизировать основную обработку, включая минимальную или нулевую зябь.

Системы удобрений строятся на том же принципе, что и в северолесостепной провинции, но в связи с более выраженной временной изменчивостью климата и обеспеченностью растений минеральным азотом в интенсивном земледелии дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность в большей степени дифференцируются по годам.

Система защиты растений учитывает, что с колебаниями увлажнения по годам проявляется повышенная вредоносность организмов. В центрально-лесостепной провинции при проведении защитных мероприятий приобретает особую остроту прогноз появления вредных организмов и мониторинг фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур по агроэкологическим типам земель.

Западносибирская провинция южнолесостепной подзоны

В провинции выделяются 2 агроэкологические группы земель.

1. Южнолесостепные малосолонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых солонцеватых почв и черноземов обыкновенных солонцеватых в комплексе с солонцами 10-30 %.

2. Южнолесостепные солонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых, лугово-черноземных и луговых солонцеватых почв в комплексе с солонцами более 30 %.

Климат: среднегодовое количество осадков выше 5-10°C составляют 2010-2100°, выше 10-12°C - 1760-1850°, обеспеченные в 8-ми годах из 10, соответственно, 1910-2000 и 1660-1750°. Среднегодовое количество осадков года – 290-340 мм, июня – 50 мм, коэффициенты увлажнения 0,69-0,83. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних – 27 мая, первых – 7 сентября.

Растениеводство специализируется на производстве продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, полевых капустных культур.

При формировании севооборотов учитывается степень засоления почв и наличие солонцов в почвенном комплексе. В условиях экстенсивного и нормального земледелия рационально освоение короткоротационных четырехпольных севооборотов с насыщением их зернофуражными культурами. В севооборотах должны преобладать солонцеустойчивые однолетние травы, донник, ячмень, овес на зерно. В интенсивном земледелии после проведения выборочной химической мелиорации расширяется набор культур, уменьшается роль чистого пара. Земли используются по интенсивному типу с заменой пара однолетними травами, зернобобовыми и другими культурами.

Система обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривает безотвальную основную обработку стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см, а в пару для удаления легкорастворимых солей – до 32-35 см. После проведения выборочной химической мелиорации в систему основной обработки допустимо включение вспашки на глубину 18-20 см. На многолетних травах для повышения водопроницаемости необходимо проводить щелевание на глубину 35-40 см. Пласт многолетних трав распаивается на глубину 25-27 см.

При нормальном земледелии удобрения вносят в основном в рядки при посеве: фосфорные до 20 кг д.в., азотные от 15 до 20 кг д.в. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60-85 кг д.в. минеральных удобрений на гектар севооборотной площади, в т.ч. азота – 30 кг, фосфора 30-45, калия – 10 кг. Необходима выборочная химическая мелиорация пятен солонцов. Навоз с животноводческих ферм утилизируется в при-

фермских севооборотах, в первую очередь на солонцовых пятнах.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от вредных организмов в экстенсивном земледелии должны прежде всего обеспечить снижение вредоносности сорняков, гельминтоспориозной корневой гнили злаков и вредителей всходов за счет строгого соблюдения параметров технологий возделывания сельскохозяйственных культур, подбора соле- и солонцезоустойчивых сортов. В нормальных технологиях проводится протравливание семян, более широко используются химические меры борьбы с сорняками, вредителями всходов. При интенсификации земледелия во влажные годы в дополнение к перечисленным мерам применяются фунгициды против листовых инфекций и инсектициды против трипса.

Вторая группа земель отличается большей солонцеватостью, более тяжелым гранулометрическим составом, меньшей водопроницаемостью и запасами доступной влаги при НВ. В отличие от первой группы земель растениеводство специализируется на производстве зеленых, сочных и грубых кормов, а также частично фуражного зерна.

Севообороты короткоротационные с занятым донниковым паром и преимущественно кормовыми культурами. Земли с повышенной солонцеватостью и содовым засолением отводятся под сенокосы из соле- и солонцезоустойчивых травосмесей: донник + кострец + пырей бескорневищный + волоснец сибирский + бескильница тончайшая.

В качестве основной обработки почвы практикуется безотвальное рыхление стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см.

При нормальном земледелии удобрения вносят в рядки при посеве в дозе N20-30P20-30. В системе ухода за многолетними травами нужно вносить азотные удобрения в дозе N30.

Защита сельскохозяйственных растений, в основном зерновых культур, от вредных организмов осуществляется так же, как на предыдущей агроэкологической группе земель.

Северопредалтайская провинция северолесостепной подзоны

В провинции выделяются 4 агроэкологические группы земель.

1. Северо-лесостепные плакорные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием темно-серых лесных, оподзоленных и выщелоченных черноземов и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах до 1°. Почвенный покров сравнительно однороден, размеры контуров значительны. Почвенные комбинации представлены пятнистостями темно-серых лесных почв и черноземов, а также их сочетаниями с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами на пологих склонах до 1°.

2. Северо-лесостепные слабоэрозионные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием темно-серых лесных почв, черноземов выщелоченных и оподзоленных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 1-3°. Почвенный покров сходен с

предыдущей группой, но отличается распространением в его структуре слабосмытых и полугидроморфных почв ложбин.

3. Северо-лесостепные эрозионные земли. Среднерасчлененные волнисто-увалистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 3-5°. Почвенный покров характеризуется значительным развитием эрозионных линейно-древовидных форм. В его составе распространены слабоконтрастные округлые или линейные пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности на склонах 3-5° и в незначительной степени (менее 10 %) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами днищ логов и балок.

4. Северо-лесостепные сильноэрозионные земли. Среднерасчлененные волнисто-увалистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах более 5°. Почвенный покров характеризуется преобладанием эрозионных линейно-древовидных форм, в составе которых распространены пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности, и в небольшой степени (менее 10 %) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами нижних частей склонов, днищ логов и балок.

Климат: среднегодовое количество осадков выше 5-10°C составляют 1880-1940°, выше 10-12°C – 1620-1680°, обеспеченные в 8-ми годах из 10 – соответственно 1780-1840 и 1520-1580°. Среднегодовое количество осадков – 400-540 мм, июня – 55-65 мм, коэффициенты увлажнения 1,0-1,36. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних – 5 июня, первых – 1 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна пшеницы, ржи, гороха, овса; зеленых, сочных и грубых кормов, полевых капустовых культур и льна.

На первой группе земель севооборота в экстенсивном и нормальном земледелии решают задачи подавления сорняков, накопления в почве доступных растениям питательных веществ, предотвращения размножения болезней и вредителей. Особое значение в этом имеет чистый пар, хотя необходимость накопления влаги через парование возникает лишь в 25-30 % лет. В интенсивном земледелии уменьшается необходимость использования чистого пара, расширяется возможность насыщения севооборотов зерновыми. Осимая рожь может размещаться по рано освобождающим поле предшественникам (однолетние травы, раннеспелые зернобобовые и зерновые).

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают вспашку, в интенсивном – комбинированную обработку с применением вспашки и безотвальных рыхлений на разную глубину в зависимости от условий увлажнения, засоренности, гранулометрического состава и плотности почвы. С увеличением уровня интенсификации возможности минимизации почвообработки увеличиваются вплоть до отказа от осенней

обработки на чистых от сорняков полях.

На землях данной группы наиболее высока эффективность азотных удобрений. Фосфорные удобрения требуются лишь в стартовых дозах в связи с достаточной обеспеченностью почв фосфатами, но ограниченной доступностью их в холодный ранневесенний период. Калийные удобрения необходимы только при достижении максимальной продуктивности культур и получения высококачественного пивоваренного ячменя. При экстенсивном ведении земледелия в поддержании плодородия земель основная роль принадлежит многолетним травам, особенно бобовым, и рациональному чередованию культур, систематическому внесению соломы в качестве органических удобрений. Навоз используется под кормовые культуры, размещаемые в севооборотах на близлежащих землях к местам концентрации скота. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и применения рядкового удобрения. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на гектар севооборотной площади в среднем 100-105 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азота 45-50, фосфора 30, калия - 25; соломы - 2,5-3,5 т/га.

В борьбе с сорняками важную роль играют севообороты с паром, оптимальные системы обработки почвы, сроки посева, нормы высева, глубина заделки семян, оптимальное сложение пахотного слоя, выравненность поверхности поля. В интенсивном земледелии усиливается роль гербицидов в повышении эффективности средств интенсификации (удобрения, высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур). В нормальном земледелии для обеззараживания семян зерновых культур проводят протравливание соответствующим протравителем. В интенсивном земледелии, кроме этого, проводятся фунгицидные обработки по вегетирующим растениям против бурой ржавчины озимой ржи и яровой пшеницы соответствующими препаратами.

На второй группе земель природная обусловленность специализации растениеводства та же, что для первой агроэкологической группы, но в структуре посевных площадей для защиты почв от водной эрозии на склонах 2-3° доля зерновых культур сокращается, площади под многолетними травами расширяются, вместо чистого пара вводится почвозащитный. Севообороты предусматривают чередование яровых культур сплошного (рядового) сева, многолетних трав и почвозащитного пара.

Системы обработки почвы – безотвальное рыхление с осени на глубину 20-30 см стойками СибИМЭ (параплау, чизель) поперек склона или по горизонталям. Солома зерновых культур, не используемая на корм скоту, разбрасывается в измельченном виде в качестве мульчи при комбайновой уборке. Вспашка пласта трав проводится полосами 50-100 м в зависимости от крутизны склона в течение 2 лет. В процессе ухода за многолетними травами проводится щелевание на глубину 30-35 см.

В экстенсивном земледелии плодородие почв поддерживается за счет оставления соломы, посева многолетних трав. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, приме-

нения рядкового удобрения и весенней подкормки многолетних трав. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на гектар севооборотной площади в среднем 100-105 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азота 45-50, фосфора 30, калия - 25; соломы - 2,5-3,5 т/га. Фосфорные и калийные удобрения под многолетние травы целесообразно внести в первом поле севооборота на всю ротацию, азотные - перед посевом, в рядки при посеве в составе сложных удобрений. В системе ухода за многолетними травами необходима подкормка азотными удобрениями в весенний период.

Система защиты однолетних культур от сорняков, вредителей и болезней проводится по схеме, описанной для 1 группы земель.

Эрозионные процессы на землях третьей группы еще более усиливаются, поэтому природная обусловленность специализации растениеводства – производство кормов из многолетних трав длительного пользования, прерываемого для обновления травостоя посевами покровных зерновых культур или однолетних трав.

Севообороты – почвозащитные 3-6-польные с 2-4 летним использованием многолетних бобово-злаковых трав.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают разделку пласта трав дискованием с последующей зяблевой вспашкой полосами шириной 30-50 м за два года, после стерневых предшественников проводится безотвальное рыхление на глубину 25-27 см стойками СибИМЭ (чизель, параплау) поперек склона или по горизонталям. В интенсивном земледелии после первого укоса трав последнего года пользования применяются гербициды сплошного действия и через две-три недели – безотвальное рыхление.

В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, применения рядкового удобрения и весенней подкормки многолетних трав. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на гектар севооборотной площади в среднем 85-95 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азота 35-45, фосфора 30, калия – 20. Фосфорные и калийные удобрения под многолетние травы вносят в первом поле севооборота на всю ротацию, азотные - перед посевом, в рядки при посеве в составе сложных удобрений. В системе ухода за многолетними травами необходимо подкормка азотными удобрениями в весенний период.

Система защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такая же, как на землях первой группы.

На землях четвертой группы наиболее целесообразны залужение и организация культурных сенокосо-пастбищеоборотов.

Северо-предалтайская провинция центрально-лесостепной подзоны

В провинции выделяются 5 агроэкологических групп земель.

1. Центрально-лесостепные плакорные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов выщелоченных, оподзоленных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на плакорах и склонах до 1°. Почвенный покров довольно однороден, размеры контуров значительные и в структуре почвенного покрова преобладают пятнистости черноземов и их сочетания с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами.

2. Центрально-лесостепные слабоэрозионные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов выщелоченных, оподзоленных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 1-3°. В структуре почвенного покрова преобладают пятнистости черноземов с участием слабосмытых почв и их сочетания и вариации с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами.

3. Центрально-лесостепные эрозионные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 3-5°. Почвенный покров характеризуется значительным развитием эрозионных линейно-древовидных форм, в составе которых распространены слабоконтрастные округлые или линейные пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности и в небольшой степени (менее 10 %) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами в нижних частях склонов.

4. Центрально-лесостепные сильноэрозионные земли. Волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах более 5°. Почвенный покров характеризуется преобладанием эрозионных линейно-древовидных форм, в составе которых распространены слабо контрастные округлые или линейные пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности и в незначительной степени (менее 10 %) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами в нижних частях склонов.

5. Центрально-лесостепные малосолонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием черноземов обыкновенных, выщелоченных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках в комплексе с солонцами 10-30 %. Почвенный покров представлен вариациями черноземов обыкновенных реже черноземов выщелоченных мезоповышений с лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами в комплексе с солонцами подчиненных элементов рельефа.

Климат: среднегодовое количество осадков выше 5-10°C составляют 1940-2100 мм, выше 10-12°C – 1670-1850 мм, обеспеченные в 8-ми годах из 10 – соответственно 1840-2000 и 1570-1750 мм. Среднегодовое количество осадков – 330-450 мм, июня – 50-55 мм, коэффициенты увлажнения 0,83-1,08. Да-

ты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних – 29 мая, первых – 5 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна; зеленых, сочных и грубых кормов; полевых капустовых культур.

Севообороты в экстенсивном и нормальном земледелии несут основную функциональную роль в защите растений от сорняков, болезней и вредителей, рациональном использовании почвенного плодородия и пополнении органическим веществом почвы за счет пожнивных и корневых остатков возделываемых культур. Необходимость включения в севооборот парового поля обуславливается высокой засоренностью и недостатком азотного питания. Кормовые севообороты с многолетними и однолетними травами, силосными пропашными и зерновыми культурами могут быть беспаровыми. Картофель и овощи возделываются в специализированных севооборотах. В интенсивном земледелии роль пара снижается и севообороты могут быть беспаровыми. В то же время возможно расширение посевов пшеницы, ячменя, капустовых на маслосемена.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии базируются на зяблевой вспашке с чередованием глубины в севообороте от 20-22 до 25-27 см. В паровых полях и под пропашные культуры целесообразна безотвальная обработка на глубину 27-30 см. В интенсивном земледелии при использовании азотных удобрений и гербицидов эффективно чередование вспашки с глубоким безотвальным рыхлением, мелкой плоскорезной (10-14 см) и нулевой обработкой (оставление стерни без обработки) в зависимости от сложения пахотного слоя и условий увлажнения. Особенно эффективно уменьшение интенсивности зяблевой обработки в годы с дефицитным или остродефицитным увлажнением.

В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и применения в рядки сложных удобрений. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на гектар севооборотной площади в среднем 60-75 кг д.в. азотно-фосфорных удобрений, в том числе азота 30-45, фосфора 30. Калийные удобрения (К30-60) требуются только при достижении максимальной продуктивности культур и получения высококачественного пивоваренного ячменя.

В экстенсивном земледелии основная роль в снижении численности и вредоносности вредных организмов отводится агротехническим приемам – севооборотам с чистым паром, адаптированной к погодным условиям системе зяблевой и весенней подготовки почвы, соблюдению сроков сева, норм высева и глубины заделки семян, созданию благоприятного сложения пахотного слоя, боронованию до и после всходов сельскохозяйственных культур. В нормальном земледелии для искоренения корнеотпрысковых сорняков, особенно вьюнка полевого, в пару одна-две механических обработки заменяется применением гербицидов группы 2,4-Д (или сплошного действия, или их смесью), на повторных посевах зерновых культур применяются гербициды против двудольных сорняков. В интенсивном земледелии потенциальная

вредоносность сорняков возрастает. Регулирование их численности ниже ЭПВ требует применения гербицидов на основе учета их ботанического состава и предусматривает, наряду с агротехническими приемами, применение противодудольных и противозлаковых препаратов, а также их баковых смесей.

В случае обнаружения семян, инфицированных пыльной или твердой головней, независимо от уровня интенсификации, обязательным приемом должно быть протравливание посевного материала. При интенсивном земледелии под возделывание ценных и сильных сортов яровой пшеницы, особенно на семенные цели, следует отводить почвы, заселенные возбудителем гельминтоспориозной корневой гнили ниже порога вредоносности. В дополнение ко второму уровню интенсификации на посевах зерновых применяются фунгицидные обработки в фазе колошения против бурой листовой ржавчины, септориоза, мучнистой росы.

На второй группе земель природная обусловленность специализации растениеводства такая же, как и на землях 1 агроэкологической группы. На южных и юго-западных склонах возможно возделывание масличного подсолнечника.

Севообороты предусматривают почвозащитный пар и более значительную долю многолетних трав. Размещение пропашных культур осуществляется полосами шириной 50-100 м в зависимости от крутизны склона.

Системы обработки почвы в экстенсивном, нормальном и интенсивном земледелии включают в паровых полях и под яровые культуры после стерневых предшественников безотвальное рыхление на глубину 25-27 см, вспашку пласта трав полосами через 2 года. Основная обработка почвы проводится поперек склонов или по горизонталям. Солома зерновых культур, не используемая в животноводстве, измельчается и разбрасывается по полю.

По сравнению с предыдущей группой земель содержание элементов питания в почвах уменьшается в связи с эрозионными процессами. При экстенсивном ведении земледелия в поддержании плодородия земель основная роль принадлежит многолетним травам, особенно бобовым, и рациональному чередованию культур, систематическому внесению соломы в качестве органического удобрения. Навоз вносится под кормовые культуры. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и применения в рядки сложных удобрений. При интенсивном земледелии внесение повышенных доз удобрений (N45-60P30-45K20) в запас на ротацию севооборота нецелесообразно, их лучше вносить ежегодно под отдельные культуры.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях 1 агроэкологической группы.

На землях третьей агроэкологической группы природная обусловленность специализации растениеводства – производство кормов из многолетних трав длительного пользования, прерываемых для обновления травостоя посевами покровных зерновых культур или однолетних трав.

Севообороты – почвозащитные 3-6-польные с 2-4 летним использованием

многолетними бобово-злаковыми травами.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают разделку пласта трав дискованием с последующей вспашкой под зябь полосами 30-50 м за два года, после стерневых предшественников - безотвальное рыхление на глубину 25-27 см стойками СибИМЭ (чизель, параплау) поперек склона или по горизонталям. В интенсивном земледелии после первого укоса трав последнего года пользования применяются гербициды сплошного действия, через 2-3 недели проводится безотвальное рыхление.

Земли третьей агроэкологической группы характеризуются высокой эффективностью азотных удобрений. Фосфорные удобрения необходимы в стартовых дозах. По сравнению с предыдущей группой земель содержание азота и его мобилизация понижены в связи со смывистостью почв. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, применения в рядки сложных удобрений и подкормки многолетних трав. В интенсивном земледелии дозы удобрений увеличиваются до 45-60 кг д.в./га. Целесообразно внесение фосфорно-калийных удобрений в запас на ротацию севооборота для обеспечения удовлетворительного питания этими элементами многолетних трав.

Природная обусловленность использования земель четвертой агроэкологической группы – залужение и организация сенокосо-пастбищеоборотов. При определенных экономических предпосылках склоновые земли, особенно южной и юго-западной экспозиции, можно использовать в интенсивных севооборотах для возделывания наиболее ценных теплолюбивых культур в контурно-мелиоративной системе земледелия по специальным проектам.

На малосолонцовых землях природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, масличных культур.

Севообороты в экстенсивном и нормальном земледелии несут основную роль в защите растений от сорняков, болезней и вредителей, рациональном использовании почвенного плодородия и пополнении органическим веществом почвы за счет пожнивных и корневых остатков возделываемых культур. Включение в севооборот парового поля обуславливается высокой засоренностью и недостатком азотного питания для растений. Доля пара в полевых севооборотах может колебаться от 25 % (зернопаровые четырехпольные) до 17 % (зернопаропропашной севооборот). Кормовые севообороты с многолетними и однолетними травами, силосными пропашными и зерновыми культурами могут быть беспаровыми. В интенсивном земледелии доля пара может быть снижена и расширены посевы пшеницы, ячменя, масличных и сои на продовольственные цели.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии основываются на глубокой безотвальной обработке с чередованием глубины в севообороте от 18 до 27 см, в парах и под пропашные культуры целесообразна обработка на глубину 27-30 см. На сильно засоренных полях возможно чередование вспашки с глубоким безотвальным рыхлением. В интенсивном

земледелии при использовании азотных удобрений и гербицидов возможно чередование вспашки с глубоким безотвальным рыхлением, мелкой плоскорезной (10-14 см) и нулевой (оставление стерни без обработки) обработкой в зависимости от мощности элювиального горизонта, сложения пахотного слоя и условий увлажнения.

При нормальном ведении земледелия удобрения вносятся в рядки при посеве зерновых и зернобобовых N10P20. При интенсивном земледелии после проведения выборочной мелиорации солонцов система удобрений должна предусматривать внесение минеральных удобрений не менее 40-60 кг д.в. на 1 га севооборотной площади, в том числе азотных – 20-30 кг и фосфорных 20-30 кг. Калийные удобрения под зерновые и зернофуражные культуры применять нецелесообразно, поскольку почвы хорошо обеспечены обменным калием.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях 1 агроэкологической группы.

Северопредалтайская провинция южнолесостепной подзоны

В провинции выделяются 4 агроэкологические группы земель.

1. Южнолесостепные плакорные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием обыкновенных и южных черноземов на лессовидных суглинках. Почвенный покров сравнительно однороден, размеры контуров значительны. Почвенные комбинации представлены пятнистостями черноземов, а также их вариациями и сочетаниями с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами.

2. Южнолесостепные слабоэрозионные земли. Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием обыкновенных и южных малогумусных черноземов на лессовидных суглинках на склонах до 1-3°. Почвенный покров сходен с предыдущей группой, но отличается распространением в его структуре слабосмытых и полугидроморфных почв ложбин.

3. Южнолесостепные эрозионные земли. Среднерасчлененные волнисто-увалистые дренированные равнины с преобладанием обыкновенных и южных малогумусных черноземов на лессовидных суглинках на склонах 3-5°. Почвенный покров характеризуется значительным развитием эрозионных линейно-древовидных форм. В его составе распространены слабоконтрастные округлые или линейные пятнистости обыкновенных черноземов и лугово-черноземных почв различной степени эродированности на склонах 3-5°.

4. Южнолесостепные малосолонцовые земли. Волнисто-увалистые равнины с преобладанием черноземов обыкновенных, лугово-черноземных и черноземно-луговых солонцеватых почв на лессовидных суглинках в комплексе с солонцами 10-30 %. Почвенный покров представлен вариациями черноземов обыкновенных, реже южных с лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами в комплексах с солонцами подчиненных элементов рельефа.

Климат: среднемноголетние суммы температур выше 10°C составляют 2000-2200°C. Среднемноголетние осадки года – 350-425 мм, июня – 50-55 мм, коэффициенты увлажнения 0,83-1,08. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних – 29 мая, первых – 5 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна; зеленых, сочных и грубых кормов; полевых капустовых культур, сои и сахарной свеклы.

Севообороты на землях, не подверженных эрозии и удаленных от животноводческих комплексов, могут быть 4-5-польными с чистым кулисным паром и размещением после пара озимой ржи или пшеницы, с одним полем зернобобовых культур (горох). На землях вблизи животноводческих ферм целесообразно возделывание кукурузы на силос и однолетних трав на сенаж с использованием смешанных, уплотненных и поукосных посевов. Севообороты могут быть 2-3-польными. Специализированные 5-польные плодосменные севообороты с сахарной свеклой размещают вблизи населенных пунктов.

Система обработки почвы на экстенсивном фоне состоит из чередования безотвального рыхления на различную глубину (25-27, 20-22, 14-16 см) и мелкой плоскорезной обработки (10-12 см) с периодическим включением вспашки и нулевой обработки. На интенсивном фоне целесообразно применение мелкой плоскорезной обработки на глубину 10-12 см с оставлением стерни во всех полях севооборота. Лучшие результаты этот прием дает при отсутствии переуплотнения нижней части пахотного слоя и в засушливые годы. Нулевая зябь целесообразна при оптимальном сложении пахотного слоя. Безотвальное рыхление на различную глубину требуется при переуплотнении нижней части пахотного слоя под завершающими севооборот культурами.

При нормальном земледелии удобрения вносят в основном в рядки при посеве: фосфорные до 20 кг, азотные от 15 - 20 кг д.в. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60-85 кг д.в. минеральных удобрений на гектар севооборотной площади, в т.ч. азота – 30 кг, фосфора 30-45, калия – 10 кг.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от вредных организмов в экстенсивном земледелии должны прежде всего обеспечить снижение вредоносности сорняков, гельминтоспориозной корневой гнили злаков и вредителей всходов за счет строгого соблюдения параметров технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В нормальных технологиях проводится протравливание семян, более широко используются химические меры борьбы с сорняками, вредителями всходов. При интенсификации земледелия во влажные годы в дополнение к перечисленным мерам применяются фунгициды против листостеблевых инфекций и инсектициды против трипса.

На второй группе земель природная обусловленность специализации растениеводства такая же, как и на землях 1 агроэкологической группы. На склонах эффективны 5-польные почвозащитные зернотравяные севообороты

с полосным размещением культур через 100-200 м. Пар следует размещать полосами среди однолетних культур через 100 м. В интенсивном земледелии значение пара уменьшается и возможна его замена на однолетние травы раннего срока уборки.

Обработка почвы в экстенсивном, нормальном и интенсивном земледелии в паровых полях и под яровые культуры после стерневых предшественников основывается на безотвальном рыхлении на глубину 20-27 см и вспашке многолетних трав полосами через 2 года. Обработка почвы проводится поперек склонов или по горизонталям. Солома зерновых культур, не используемая в животноводстве, измельчается и разбрасывается по полю.

При экстенсивном ведении земледелия в поддержании плодородия земель основная роль принадлежит многолетним травам, особенно бобовым, и рациональному чередованию культур, систематическому внесению соломы в качестве органических удобрений. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и применения в рядки сложных удобрений. При интенсивном земледелии необходимо внесение N45-60P30-45K20 на 1 га севооборотной площади ежегодно под отдельные культуры.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях 1 агроэкологической группы. В системе защиты сахарной свеклы от корнееда, свекловичной блошки, проволочника, пятнистости листьев и сухой фузариозной гнили предусматривается протравливание семян, ранняя подкормка растений, применение инсектицидов, сбалансированное применение удобрений.

На землях третьей агроэкологической группы севообороты должны быть почвозащитными 3-6-польными с 2-4 летним использованием многолетних бобово-злаковых трав.

Обработка почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривает разделку пласта трав дискованием с последующей вспашкой под зябь полосами 30-50 м за два года. После стерневых предшественников необходимо безотвальное рыхление на глубину 20-27 см стойками СИБИМЭ (чизель, параплау) поперек склона или по горизонталям. В интенсивном земледелии после первого укоса трав последнего года пользования применяются гербициды сплошного действия, через 2-3 недели проводится безотвальное рыхление.

В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, применением в рядки сложных удобрений и подкормки многолетних трав. В интенсивном земледелии дозы удобрений увеличиваются до 45-60 кг д.в./га. Целесообразно внесение фосфорно-калийных удобрений в запас на ротацию севооборота для обеспечения удовлетворительного питания этими элементами многолетних трав.

При формировании севооборотов на землях четвертой агроэкологической группы учитывается наличие солонцов в почвенном комплексе и степень засоления почв. В севооборотах должны преобладать солонцеустойчивые однолетние травы, донник, ячмень, овес на зерно. В интенсивном земле-

делии после проведения выборочной химической мелиорации расширяется набор культур, уменьшается роль чистого пара (кулисного). Земли используются по интенсивному типу с заменой пара однолетними травами, зернобобовыми и другими культурами.

Система обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают безотвальную основную обработку стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см, а в пару для удаления легкорастворимых солей – до 32-35 см. После проведения выборочной химической мелиорации в систему основной обработки допустимо включение вспашки на глубину 18-20 см. На многолетних травах для повышения водопроницаемости необходимо проводить щелевание на глубину 35-40 см. Пласт многолетних трав распахивается на глубину 25-27 см.

При нормальном земледелии удобрения вносят в основном в рядки при посеве: фосфорные до 20 кг д.в., азотные от 15 до 20 кг д.в. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60-85 кг д.в. минеральных удобрений на гектар севооборотной площади, в т.ч. азота – 30 кг, фосфора 30-45, калия – 10 кг. Необходима выборочная химическая мелиорация пятен солонцов.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях 1 агроэкологической группы.

Западносибирская (Казахстанская) провинция степной зоны

В провинции выделяются 4 агроэкологические группы земель.

1. Степные плакорные дефляционноопасные земли. Плоские и гривно-увалистые дренированные равнины с преобладанием средне- и тяжелосуглинистых южных черноземов. Почвенный покров увалов и плоских глив представлен преимущественно пятнистостями черноземов южных и черноземов южных солонцеватых.

2. Степные плакорные сильно дефляционноопасные земли. Плоские и увалистые (гивные) равнины с преобладанием легкосуглинистых и супесчаных южных черноземов.

3. Степные малосолонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием суглинистых южных черноземов и лугово-черноземных солонцеватых почв на делювиальных отложениях в комплексе с солонцами 10-30%. Почвенные комбинации представлены автоморфными и полугидроморфными легко-, средне- и тяжелосуглинистыми черноземами южными и лугово-черноземными солонцеватыми почвами в комплексе с различными солонцами с преобладанием лугово-степных.

4. Степные солонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием суглинистых и глинистых лугово-черноземных и черноземно-луговых солонцеватых почв на делювиальных отложениях в комплексе с солонцами более 30%.

Климат: средне многолетние суммы температур выше 5-10°C составляют 2180-2260°, выше 10-12°C – 1940-2040°, обеспеченные в 8-ми годах из 10 – соответственно 2080-2160 и 1840-1940°. Средне многолетние осадки го-

да – 270-290 мм, июня – 45-50 мм, коэффициенты увлажнения 0,6-0,64. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних – 22 мая, первых – 10 сентября.

Растениеводство специализируется на производстве продовольственного и фуражного зерна, семеноводстве однолетних и многолетних трав, производстве крупяных, масличных и кормовых культур.

Наиболее важные функции севооборотов на землях первой группы – регулирование водного режима, борьба с сорняками, вредителями и болезнями. Основное звено 3-4-польных севооборотов – чистый кулисный пар. Посевы яровых культур и пара чередуются с полосами многолетних трав шириной 50-100 м. Системы обработки почвы направлены на накопление и сбережение влаги, борьбу с сорняками, повышение ветроустойчивости поверхности почвы и основаны на безотвально-комбинированной системе зяблевой обработки в севообороте – чередование глубокого безотвального рыхления на глубину 20-27 см, мелкого плоскорезного на глубину 14-16 см и оставление стерни без обработки.

Под яровую пшеницу целесообразно внесение фосфорных удобрений (P₂₀) в рядки при посеве. С повышением уровня интенсификации по непаровым предшественникам желательно вносить N₂₀₋₃₀. Под кормовые культуры доза удобрений составляет N₄₀P₄₀₋₆₀.

Защита растений от сорняков в экстенсивном земледелии ведется агротехническими способами – чистый пар, зяблевая, предпосевная и послепосевная обработка почвы. При нормальном земледелии дополнительно используются гербициды и фунгициды для протравливания семян. В интенсивном земледелии во влажные годы (до 10 % лет) используются фунгициды против листостеблевых инфекций и инсектициды против трипса.

Природная обусловленность специализации растениеводства второй группы земель – производство продовольственного и фуражного зерна; крупяных и масличных культур; зеленых, сочных и грубых кормов из многолетних трав. Земли этой группы отличаются более легким гранулометрическим составом, меньшей водоудерживающей способностью (100-130 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы при НВ), степень реализации почвозащитных мероприятий максимальная. Посевы однолетних сельскохозяйственных культур размещаются между полосами многолетних трав шириной 30-60 м. Зяблевая обработка почвы безотвальная на глубину 10-16 см. Пласт многолетних трав также обрабатывается безотвально на глубину 14-16 см. В остальном система земледелия мало отличается от предыдущей группы земель.

Природная обусловленность специализации растениеводства третьей группы земель – производство продовольственного и фуражного зерна; зеленых, сочных и грубых кормов; масличных культур. На землях этой группы в экстенсивном земледелии, как и при нормальной интенсификации основным звеном в 3-4 и в 2-3-польных севооборотах является чистый кулисный пар. Система обработки почвы включает безотвальное рыхление в пару на глубину 27-30 см, в последующих полях – на 10-22 см. При использовании герби-

цидов часть пашни оставляется без осенней обработки почвы. Системы удобрений и защиты растений аналогичны первой группе земель.

На землях четвертой группы предусматривается специализация на производстве кормов с использованием соле- и солонцеустойчивых многолетних трав и травосмесей. Севообороты на пашне (распаханность 10-15 %) имеют кормовую направленность с многолетними и однолетними травами, силосными и зерновыми культурами. Основные площади этих земель используются в качестве сенокосно-пастбищных угодий. Система основной обработки почвы базируется на глубоком безотвальном рыхлении (27-30 см). Перед посевом травосмесей локально или в рядки при посеве вносят минеральные удобрения в дозе N30P20. В процессе ухода за травостоем проводится ранневесенняя подкормка N30. При превышении ЭПВ вредителями в отдельные годы (луговой мотылек, саранчовые) необходимы обработки инсектицидами.

Западно-предалтайская провинция степной зоны

В провинции выделяются 3 агроэкологические группы земель.

1. Степные плакорные сильно дефляционноопасные земли. Плоские и увалистые (гривные) равнины с преобладанием каштановых почв. Почвенный покров плоских грив представлен преимущественно пятнистостями темно-каштановых и каштановых почв супесчаного, легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава.

2. Степные малосолонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием каштановых и лугово-каштановых солонцеватых почв на делювиальных отложениях в комплексе с солонцами 10-30 %. Почвенные комбинации представлены автоморфными и полугидроморфными супесчаными легко- и среднесуглинистыми каштановыми и лугово-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с различными солонцами с преобладанием лугово-степных.

3. Степные солонцовые земли. Плоские слабодренированные равнины с преобладанием суглинистых лугово-каштановых почв в комплексе с солонцами более 30 %.

Климат: среднемноголетние суммы температур выше 5-10°C составляют 2200-2400°. Среднемноголетние осадки года – 180-300 мм, июня – 45-50 мм, коэффициенты увлажнения 0,49-0,56. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления 1 раз в 5 лет последних – 22 мая, первых – 10 сентября.

Растениеводство специализируется на производстве продовольственного и фуражного зерна, семеноводстве однолетних и многолетних трав, а также производстве крупяных и масличных культур.

В отличие от предыдущей провинции засушливые условия проявляются в более резкой форме и усугубляются слабой водоудерживающей способностью почв. Основная задача севооборотов на землях первой группы – регулирование водного режима, борьба с сорняками, вредителями и болезнями. В

основе 3-4-польных севооборотов – чистый кулисный пар. Посевы яровых культур и пара чередуются с полосами многолетних трав шириной 30-60 м.

Система основной обработки каштановых почв для защиты от дефляции и улучшения водного режима должна способствовать максимальному сохранению стерни. С другой стороны, они обладают плохими водно-физическими свойствами, оптимизация которых выдвигает необходимость глубокого их рыхления с целью повышения влагоемкости и проницаемости для накопления влаги во втором полуметре почвы. Чередование глубоких (20-27 см) и мелких рыхлений (14-16 см) в севообороте проводится на основе мониторинга за физическим состоянием пахотного и подпахотного слоев почвы. Кардинальное улучшение физических и химических свойств солонцеватых каштановых почв с близким залеганием карбонатов удастся на многие годы плантажной обработкой на глубину 45-50 см с последующим обязательным освоением разноглубинной почвозащитной обработки с оставлением стерни.

Под яровую пшеницу целесообразно внесение фосфорных удобрений (P₂₀) в рядки при посеве. С повышением уровня интенсификации по непаровым предшественникам желательно дополнительно вносить N₂₀₋₃₀. Под кормовые культуры доза удобрений составляет N₄₀P₄₀₋₆₀.

Защита растений от сорняков в экстенсивном земледелии ведется агротехническими способами – обработка почвы (в том числе довсходовое и повсходовое боронование посевов), уход за паровым полем. При нормальном земледелии дополнительно используются гербициды и фунгициды для протравливания семян. В интенсивном земледелии во влажные годы используются фунгициды против листостеблевых инфекций и инсектициды против трипса.

На землях второй группы возделываются многолетние и однолетние травы, силосные и зернофуражные культуры. В экстенсивном и нормальном земледелии основным звеном севооборотов является чистый кулисный пар. Система обработки почвы включает безотвальное рыхление в пару на глубину 27-30 см, в последующих полях – на 10-22 см. При использовании гербицидов часть пашни оставляется без осенней обработки почвы. Системы удобрений и защиты растений аналогичны первой группе земель.

Основные площади третьей группы земель используются в качестве сенокосно-пастбищных угодий. Улучшение старовозрастных травостоев и естественных ценозов проводится как коренным, так и поверхностным способами.

Интенсификация использования солонцовых земель возможна после их мелиоративной обработки трехъярусными или плантажными плугами на глубину 40-45 см.

10.3. Формирование региональных регистров агротехнологий

Для осуществления технологической и технической политики в АПК и регулирования рынка машин МСХ РФ предусмотрено ведение федеральных и

региональных регистров технологий производства сельскохозяйственной продукции и машин. Творческими коллективами научных учреждений Россельхозакадемии и МСХ РФ разработан Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства (217), а также регистр технологий производства и переработки продукции животноводства. На их основе создан Федеральный регистр сельскохозяйственных машин. Положено начало разработке региональных регистров агротехнологий на примере Новосибирской области (3). Эта работа выполняется в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия по природно-сельскохозяйственным провинциям, а затем обобщается в регистры агротехнологий для административных областей, краев, автономных республик.

Региональные регистры представляют собой свод типизированных базовых технологий и технологических адаптеров, зарегистрированных в определенном порядке с учетом их производственной проверки и сертификации.

Методика формирования регистров основывается на определенной систематике технологических операций и технологий, поскольку набор их вариантов часто оказывается очень большим вследствие многообразия агроэкологических условий.

В качестве ключевого понятия рассматривается базовая технология.

Базовая технология - совокупность взаимосвязанных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственной культуры (с заданными количественными, качественными характеристиками и технико-экономическими показателями), выполняемых в наиболее благоприятных экологических условиях для данной культуры в пределах природно-сельскохозяйственной провинции. Базовая технология состоит из звеньев (севооборота, системы обработки почвы и посева, систем удобрения, защиты растений, уборки урожая, послеуборочной обработки зерна, хранения и т.п.), в которые входят блоки. В частности система обработки почвы и посева имеет блоки: основная обработка, предпосевная обработка, уход за посевами, посев. Блоки могут состоять из одной или нескольких технологических операций. В зависимости от агроэкологических факторов одни и те же блоки могут иметь различные варианты исполнения, которые называются технологическими модулями. Например, в базовой технологии возделывания яровой пшеницы в сложных эрозионных ландшафтах лесостепной зоны Западной Сибири основная обработка почвы рыхлителем СибИМЭ на относительно чистых от сорняка посевах может быть заменена чизелеванием (чизельный модуль), при сравнительно малых уклонах – обработкой плоскорезом-глубокорыхлителем (плоскорезный модуль), на слишком пересохших почвах – параплау, при высокой засоренности определенными сорняками или при применении навоза – вспашкой плугом. При возделывании этой же культуры в условиях проявления дефляции плоскорезную обработку почвы можно заменить нулевой.

Несколько технологических модулей может представлять блок посева – узкорядный, широкорядный, точный высев; в звене защиты растений – хими-

ческий, биологический, комбинированный модули; в звене уборки зерновых – прямое комбайнирование, раздельная уборка с измельчением и разбрасыванием соломы или ее уборкой и т.д.

Наборы технологических модулей того или иного блока, отличающиеся от базовых, и предназначенные для различных групп земель и условий производства, называются технологическими адаптерами.

Для систематизации, удобства изложения и пользования регистры агротехнологий оформляются в виде списков базовых технологий и технологических адаптеров для природно-сельскохозяйственных провинций. В качестве примера выполнения такой работы могут служить региональные регистры агротехнологий, разработанные в составе адаптивно-ландшафтных систем земледелия Новосибирской области (3). Процедура формирования регистров агротехнологий включает составление списка всех известных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур в районе и последующее их структурирование в технологические адаптеры применительно к агроэкологическим группам земель и уровням интенсификации производства.

Список технологических операций по возделыванию зерновых культур составлен по 9 категориям, обозначенным римскими цифрами: I – обработка почвы, II – зимние мелиорации, III – удобрения и химические мелиоранты, IV – культуры и сорта, V – подготовка семян к посеву, VI – сроки посева, VII – нормы высева, VIII – защита растений от вредных организмов и полегания и ускорение созревания, IX – уборка. В пределах каждой категории технологические операции обозначены арабскими цифрами, а параметры технологических операций (глубина обработки, сроки посева и т.д.) – буквами русского алфавита. Таким образом, каждая операция имеет трехчленное обозначение.

Далее пакеты технологических адаптеров состояются из технологических операций для культур (сортов) применительно к агроэкологическим группам земель, предшественникам в севообороте, различным уровням интенсификации производства с учетом различных вариантов изменения погодных условий и соответственно физического состояния почв.

11. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЛСЗ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

11.1. Современное состояние государственного землеустройства.

Для проектирования АЛСЗ и агротехнологий в соответствии с изложенной выше новой методологией требуется сеть проектно-изыскательских предприятий и соответствующая их организация в системе управления землепользованием и землеустройством. До недавнего времени в стране функционировала государственная землеустроительная служба, проводящая земельную политику государства на уровне генеральных схем использования и охраны земельных ресурсов для республик и областей и межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства. Земельное проектирование и его научно-методическое обеспечение осуществлялось институтами системы Гипрозем, а мелиоративное – Гипроводхозом. В разработке техно-рабочих проектов участвовали республиканские и областные станции химизации, различные мелиоративные, лесоустроительные, лесомелиоративные и другие организации. В результате либеральных реформ сложившаяся государственная система землеустройства была разрушена. Остатки органов землеустройства занимаются механическим отводом земель для различных хозяйственных нужд. Организация и устройство территории регионов страны находится в настоящее время в полном запущении. Нет четкого разграничения земель, не установлена оптимальная структура землепользования по регионам, не всегда определены границы землепользователей и землевладельцев и др. К землеустройству не проявляют соответствующего интереса ни федеральные, ни региональные, ни местные органы власти. И это при том, что в стране появилась масса новых землепользователей и землевладельцев и новые формы собственности. Вместе с тем, если подойти к вопросам землепользования и землеустройства как серьезной научно-практической проблеме, то в случае ее успешного решения это способствовало бы позитивным сдвигам не только в земледелии, но и в социально-экономическом развитии страны в целом.

Новые земельные отношения не рассматриваются государством как триада хозяйственных, правовых и территориальных отношений и провозглашены в законодательных актах без каких-либо приводных механизмов. Декларируя рыночный характер землепользования, государство практически устранилось от регулирования земельных отношений. Однако, функции государственного управления землепользованием страны (формирование земельной политики, регулирование использования и охраны земель, организация и устройство территории, агроэкологический мониторинг земель и др.) остались и потребность в них с каждым годом возрастает.

Очевидно, что нужна новая система управления землепользованием, важнейшим рычагом которого является землеустройство. Со времён П.А.Столыпина оно рассматривалось в качестве важнейшего управленческого механизма.



Рисунок 11.1. Схема развития землеустройства на основе регулирования использования земель.

При всех шаблонах и недостатках, которыми страдало советское землеустройство, в стране накоплен опыт внутрихозяйственного землеустройства, проектирование зональных систем земледелия и всевозможных рабочих проектов. Имеющиеся в хозяйствах почвенные карты и другие земельно-оценочные материалы, различные проекты должны быть сохранены в качестве исходного материала для предстоящих проектно-исследовательских работ. Качество имеющихся земельно-оценочных материалов удовлетворяет требованиям нормальных, а иногда и интенсивных агротехнологий.

Гипроземы должны перестроиться на новую методологию проектирования, без окончательного разрушения сложившейся государственной землеустроительной службы, путем нормального реформирования и создания новых форм землеустройства. Разумеется, государство не должно брать на себя все функции землеустройства. Чего стоили многочисленные обследовательские, кадастровые, мониторинговые и другие работы «про запас» безотносительно к реальным потребностям социума и конкретным целям.

Землеустройство должно рассматриваться по отношению к человеку, населению, социуму, что обуславливает формирование целостной системы «социум-территория». В такой системе земля служит базисом размещения всех элементов среды обитания населения, своеобразной системой жизнеобеспечения населения. Распределение и перераспределение антропогенных нагрузок по территории с целью избежания возникновения экологических проблем и улучшения качества среды – важнейшая задача ландшафтно-экологического устройства территории. Добиться этого можно путем достижения эколого-хозяйственного баланса территории, т.е. сбалансированного соотношения между природной средой и различными видами деятельности, в т.ч. земледелия, и интересами различных групп населения.

Предложенный подход позволяет синтезировать природно-ландшафтную дифференциацию территории и социально-экономические различия и выделить агроландшафтные формирования разного пространственного и иерархического уровня. По сути дела это согласуется с положениями А.В.Чаянова об экономическом ландшафте, позволяющем формировать интегральные сбалансированные конструкции: агроландшафт, лесоаграрный ландшафт и т.д., связанные либо технологическим циклом, либо природоохранным процессом, либо сохранением биоразнообразия, либо тем и другим.

11.2. Регулирование использования земель

Развитие землеустройства с целью эффективного использования земель предполагает осуществление территориального, экономического и административно-правового регулирования использования земель.

Территориальное регулирование земельных отношений включает в себя планирование использования земельных ресурсов и разработку специальных программ развития территории. При планировании использования земель проводится зонирование территории для решения различных задач

управления и организация работ по ведению государственного земельного кадастра. В целом территориальные отношения включают разработку мероприятий, регламентирующих землепользование и обеспечивающих сбалансированное и экологически безопасное развитие территорий.

В систему экономического регулирования входят экономическая оценка земель, определение и дифференциация системы платежей и налогов на землю, финансирование и материально-техническое обеспечение программ и мероприятий.

В круг задач административно-правового регулирования входят разработка нормативно-правовой базы, земельный менеджмент и маркетинг как совокупность принципов, методов, форм и средств организации и эффективного управления землепользованием, земельный аудит и контроль за использованием земель, мониторинг процесса землепользования и управление им.

В системе планирования и проектирования территории выделяются четыре уровня: федеральный, областной, районный, муниципальный (табл. 11.1).

11.1. Управляемая территориальная иерархическая схема планирования и проектирования землепользования

Территория, уровень управления	Основные цели и задачи	Подчиненные выделения
1. Регион, экономический район, федеральный округ	Стратегическое планирование по обеспечению экологической безопасности и сохранности земельно-ресурсного потенциала на федеральном уровне; создание регионального экологического каркаса. Схема эколого-хозяйственного состояния территории региона.	Административная область (край, республика), группа областей.
2. Область	Схемы землеустройства областей для реализации земельной реформы. Схемы структурного совершенствования территории области.	Административный район, группа сельских
3. Район	Эколого-хозяйственная организация территории района. Схема землеустройства административного района.	Сельский округ, муниципальное образование (первичная единица само-
4. Сельский округ, муниципальное образование	Проект внутрихозяйственного устройства территории, проект агроландшафтной системы земледеления отдельного хозяйства.	Селение — территория, хозяйство.

Важнейшей задачей землепользования на федеральном (региональном) уровне является разработка стратегии по обеспечению экологической безопасности и сохранности земельно-ресурсного потенциала, а также создание регионального экологического каркаса, т.е. организации земель особо охраняемых территорий.

На более низких уровнях планирования и проектирования этот экологический каркас усложняется и развивается по принципу ветвящегося дерева.

В государственном учете земель весьма ограничены сведения о площади и состоянии охраняемых территорий: заказниках, охранных зонах рек, лесах соответствующих групп и назначения. Необходимо отобрать земли экологического каркаса с помощью различных тематических карт, аэро-

космоснимков и соответствующих баз данных (геоботанических, лесоустроительных, ландшафтных и др.).

На областном уровне осуществляются структурные усовершенствования территории, то есть оптимизируется структура использования земель с точки зрения как хозяйственных потребностей, так и сохранения природы. Важнейшим на этом уровне представляется создание регионального экологического каркаса. Целесообразным также является среднесрочное перспективное планирование развития территории и использования земельных ресурсов и экологическое регулирование рынка земли.

На районном уровне планирования и проектирования производится эколого-хозяйственная организация территории, важнейшей задачей которой является распределение и перераспределение земель с целью улучшения качества природной среды и избежания возникновения экологических противоречий. Добиться этого можно путем совершенствования структуры землепользования на основе эколого-хозяйственного баланса территории. Этот подход требует баланса трех составляющих частей территории: природных комплексов, экотонов (переходных участков) и земель, вовлеченных в хозяйственный оборот, причем, в такой пропорции, чтобы складывающийся уровень антропогенной нагрузки не превышал экологическую емкость агроландшафтов.

На муниципальном уровне (сельский округ) организуются в первую очередь угодья хозяйства (коллективного, частного и т.п.) и цели здесь преследуются прежде всего хозяйственные, то есть получение максимальной продукции при минимуме затрат, экологические ограничения хозяйственной деятельности устанавливаются вышестоящими органами управления (федеральными и местными).

Система «селение — прилегающая территория», где достигнут эколого-хозяйственный баланс, являются экологическими структурами устойчивого развития. Такие структуры имеют либо единый технологический цикл (агросистемы, лесопромышленные или горнопромышленные системы), либо связаны природоохранным процессом (национальный парк, заповедник) или информационным потоком (технополис). Налаживание технологических цепочек и информационных каналов, а также создание устойчивых пропорций экологических структур должно распространяться на соседние территориальные структуры. Таким образом происходит объединение и интеграция локальных структур в единое эколого-хозяйственное «поле» района, области, региона, страны.

11.3. Муниципальное землепользование и землеустройство.

Очевидно, центр тяжести в организации землеустройства, его содержания и финансировании должен переместиться на региональный и муниципальный уровень, с тем чтобы приблизить его к интересам и особенностям местного социума. Соответственно процедура землеустройства должна предваряться разработкой социального заказа на организацию территорий в форме задания на проектирование и регулироваться местным законодательным

органом.

Местное землеустройство, в отличие от государственного, имеет своей функцией подготовку управленческих решений по организации территории органам местного самоуправления. Оно рассматривается как механизм управления процессом землепользования в местном образовании, без которого невозможно рациональное использование территориальных ресурсов. Все стадии землеустроительного комплекса имеют четкую направленность, они последовательны и взаимоувязаны.

С позиций местного социума муниципальное землеустройство (56), включает следующие позиции:

- формирование исходной информации для оценки сложившегося эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории;
- анализ сложившегося состояния земель по экологическим, экономическим, социальным и другим критериям;
- разработку вариантов рациональной организации территории муниципального района;
- ведение базы данных о землях муниципального района в муниципальной автоматизированной информационной системе - МАИС.

Технология муниципального землеустройства может быть представлена следующим образом:



где:

1-ИН – инвентаризация информации - сбор данных о территории муниципального образования;

2-МФ - составление моделей факта - моделей территории в различных аспектах;

3-А - анализ и оценка состояния территории по данным моделей факта;

4-ПР - проектирование и составление модели целепологания в параметрах модели факта;

5-ОФ - оформление результатов проекта в формах заказа;

6-К - установление порядка контроля за принятым проектом.

Кроме того, в функции местного землеустройства входят реализация принятого муниципальным органом проекта и контроль за параметрами организации территории, а также все текущие дела по связям с государственным землеустройством по земельно-кадастровой отчетности и т.п.

Представленный на схеме порядок выполнения технологических действий и методика их выполнения составляют методическое обеспечение землеустроительного проектирования.

Основное содержание института муниципального землеустройства заключается в следующем:

1) муниципальное землеустройство осуществляет землеустроительные работы на территории местного самоуправления, начиная с определения её границ, состава земель и оформления соответствующих земельно-учётных, регистрационных и других кадастровых документов;

2) муниципальную землеустроительную службу представляет специалист - землеустроитель; правовая регламентация его должности и статус определяются уставом местного образования;

3) землеустройство включает: ведение блока данных "Земли муниципального образования" в составе информационной службы местного образования; анализ состояния территории и ежегодную оценку по всем принятым параметрам при отчёте об использовании земель; разработку прогнозных и плановых направлений совершенствования состояния территории; реализацию управленческих решений по процессу землепользования;

4) муниципальное землеустройство осуществляется при методической и правовой поддержке объединения (ассоциации) землеустроителей местных образований.

Информационное обеспечение управления процессом землепользования осуществляется созданием и ведением местного земельного кадастра и локального (местного) мониторинга земель, объединяемых с регистрацией землевладельцев в блок данных «Земли местного образования (МО)» в муниципальной автоматизированной информационной системе («МАИС»).

Правовое обеспечение «МАИС» и блока «Земли муниципального образования» разрабатывается на основании Федерального закона «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» и Постановления Правительства РФ от 1993 года О мерах по дальнейшему развитию государственного земельного кадастра и локального мониторинга. По этим законодательным актам администрации местных образований вправе создавать собственную землеустроительную службу, действие которой регламентируются соответствующими положениями, составляемыми и принимаемыми законодательными органами власти.

Правовой институт местного землеустройства должен исходить из принципа: организация территории муниципального образования – это организация использования ее территориальных ресурсов – главного жизненного ресурса социума.

Муниципальная служба землеустройства устанавливает очередность проектирования и виды проектов. Разработка предложений по перспективному планированию землепользования местного образования должна представляться органам местного образования именно землеустроительной службой и только после разработки вариантов развития территории местные органы должны принимать соответствующие решения.

Важнейшим становится правовое обеспечение территориальной организации муниципальных образований. Особое значение здесь имеют правовые нормы, связанные с владением, использованием и распоряжением землёй. Они являются гарантией возможности населения реализовать законные права на использование земельных ресурсов.

В муниципальных образованиях земли сельскохозяйственного назначения рассматриваются как средство производства, обеспечивающее жизнедеятельность населения, то есть как неотторжимая, органически связанная с поселением часть территории. Принцип «нет земель вне границ местного об-

разования» должен составлять суть территориальных основ местного самоуправления и закрепляться нормой, исключающей иное толкование, независимо от форм собственности и целевого назначения земель.

Кроме классификации земель внутри категории основного назначения по признаку принадлежности к той или иной форме собственности, земли должны разделяться по уровню их использования, поскольку и сейчас и ранее (до 1990 г.) часть земель выпадала из хозяйственного оборота. В настоящее время площадь неиспользуемых (не востребуемых) земель составляет до 30% от общей площади земель, числящейся по официальным земельно-учетным документам. Такие угодья, а также неудобные для обработки земли должны четко отражаться в документах муниципальных образований и, конечно, иметь конкретные наименования. Их правовой режим необходимо зафиксировать в регистрационной части земельного кадастра, а до этого – в актах муниципального земельного права.

В связи с обострением экологической ситуации следует также выделить земли средостабилизационного и средозащитного назначения. Такое предложение может реализоваться в уставах отдельных местных образований.

Организация землепользования всего местного образования включает следующее:

- оценка эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории;
- эколого-хозяйственное зонирование территории с выделением экологического каркаса и зон с разной специализацией, уровнем антропогенной нагрузки и экологических ограничений (в т.ч. консервации угодий);
- проектирование в выделенных зонах систем рационального землепользования и адаптивно-ландшафтных систем земледелия с разработкой правового режима земель и порядка пользования ими.

Работы по организации территории выполняются муниципальной землеустроительной службой или сторонними организациями в соответствии с Законом «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации».

Научно-методическое обеспечение проведения местного землеустройства должно осуществляться учреждениями РАСХН, РАН и ВИСХАГИ, аграрными и классическими университетами. Так как агроландшафтная система земледелия разрабатывается для каждого региона, то это предусматривает формирование сети зональных (региональных) центров по разработке методик АЛСЗ применительно к региональным и местным особенностям и потребностям.

11.4. Основное содержание и задачи проведения землеустройства на эколого-ландшафтной основе

Основное содержание землеустройства на эколого-ландшафтной основе заключается в установлении такой организации территории и её обоснования, которая обеспечивает создание и поддержание устойчивого социоэкологического равновесия.

При этом ландшафтный подход определяет общую конструкцию агроландшафта, его каркас, а агроэкологический его биологическое разнообразие. Увязка данных подходов при землеустройстве позволяет решить наряду с экологическими – технологические, технические, социально-экономические, правовые, организационно-хозяйственные и другие задачи.

Виды землеустроительной документации. Реализация мероприятий по научно обоснованному развитию землевладений и землепользований в увязке с комплексом природоохранных мер и адаптивно-ландшафтным подходом может быть осуществлена только *на основе землеустроительной документации*, прорабатываемой на различных уровнях: Российская Федерация – субъект Российской Федерации – муниципалитет – отдельный землевладелец.

В этой связи последовательность разработки землеустроительной документации определяется Федеральным законом «О землеустройстве» (№ 78-ФЗ от 08.06.2001г) и включает в себя:

- Генеральную схему землеустройства территории Российской Федерации;
- схемы землеустройства территорий субъектов Российской Федерации, муниципальных и других административно-территориальных образований, схемы использования и охраны земли;
- проекты территориального землеустройства;
- проекты внутрихозяйственного землеустройства;
- рабочие проекты, связанные с использованием и охраной земли.

В процессе разработки любого землеустроительного документа изучаются природные, экономические, экологические условия *по ландшафтным единицам в целом* (бассейнам больших и малых рек, ландшафтным округам, провинциям, районам, урочищам), независимо от того, совпадают их границы с административными границами объектов землеустройства или нет. Это связано с тем, что многие факторы, влияющие на принятие землеустроительных решений (атмосферные, гидрогеологические, гидрографические условия и т.д.), формируются или находятся за пределами объектов землеустройства.

Генеральная схема и схемы землеустройства территориальных образований. Основой Генеральной схемы землеустройства территории Российской Федерации является эколого-ландшафтное зонирование, которое имеет комплексный характер и самостоятельное значение. Оно направлено на изучение реально существующих экономических закономерностей территориальной организации регионов и их экологических особенностей. Главная его цель найти оптимальные соотношения между деятельностью человека и природной средой на рассматриваемой территории. Материалы Генеральной схемы служат для планирования размещения отраслей (промышленности, транспорта, сельского и лесного хозяйства и др.) в увязке с намечаемым использованием земли, для разработки федеральных и региональных программ развития землепользования, схем землеустройства более мелких территориальных образований.

Схемы землеустройства территорий субъектов Российской Федерации,

муниципальных и других административно-территориальных образований, схемы использования и охраны земли, разрабатываемые на основе Генеральной схемы, дифференцируют эколого-ландшафтное зонирование и обеспечивают принятие конкретных землеустроительных решений на уровне рассматриваемых территориальных образований.

Проекты территориального землеустройства. Основными задачами территориального землеустройства, проводимого на базе эколого-ландшафтного и агроэкологического подходов, являются:

- определение площади землевладения или землепользования на основе агроэкологической пригодности земель, объема производства продукции (товарной, кормовой), специализации растениеводства, продуктивности сельскохозяйственных угодий, ожидаемых затрат;
- агроэкологически оправданное размещение землевладений с учетом местоположения населенных пунктов, объектов социальной, производственной и природоохранной инфраструктуры;
- установление рациональной структуры угодий с выделением ценных земель, агроэкологически обоснованной трансформации, включая консервацию и восстановление деградированных участков;
- размещение природоохранных мероприятий и объектов в пределах крупных водосборов или нескольких сельскохозяйственных предприятий с определением регионов и ограничений хозяйственной деятельности для стабилизации природных и хозяйственных компонентов ландшафта;
- формирование землевладений и землепользований удобной конфигурации с агроэкологически устойчивыми внешними границами.

Начальным этапом организации ландшафта в проектах территориального землеустройства является его функциональное зонирование с учетом эколого-хозяйственного состояния территории и перспектив развития различных отраслей хозяйственного комплекса, т.е. перспективное распределение земельного фонда по категориям земель.

На втором этапе проводится анализ размещения границ землевладений и землепользований на предмет их совпадения с границами *ландшафтного зонирования различного уровня*. При землеустройстве принимается вариант, при котором границы предприятий совпадают с границами ландшафтных единиц. Это необходимо для того, чтобы в пределах одного хозяйства можно было бы запроектировать полный комплекс природоохранных мероприятий на всей территории выделенной ландшафтной единицы. В практике такие ситуации встречаются довольно редко, поэтому при территориальном землеустройстве возникает необходимость изменения границ землепользований и перераспределения земли между хозяйствами (рис. 11.2).

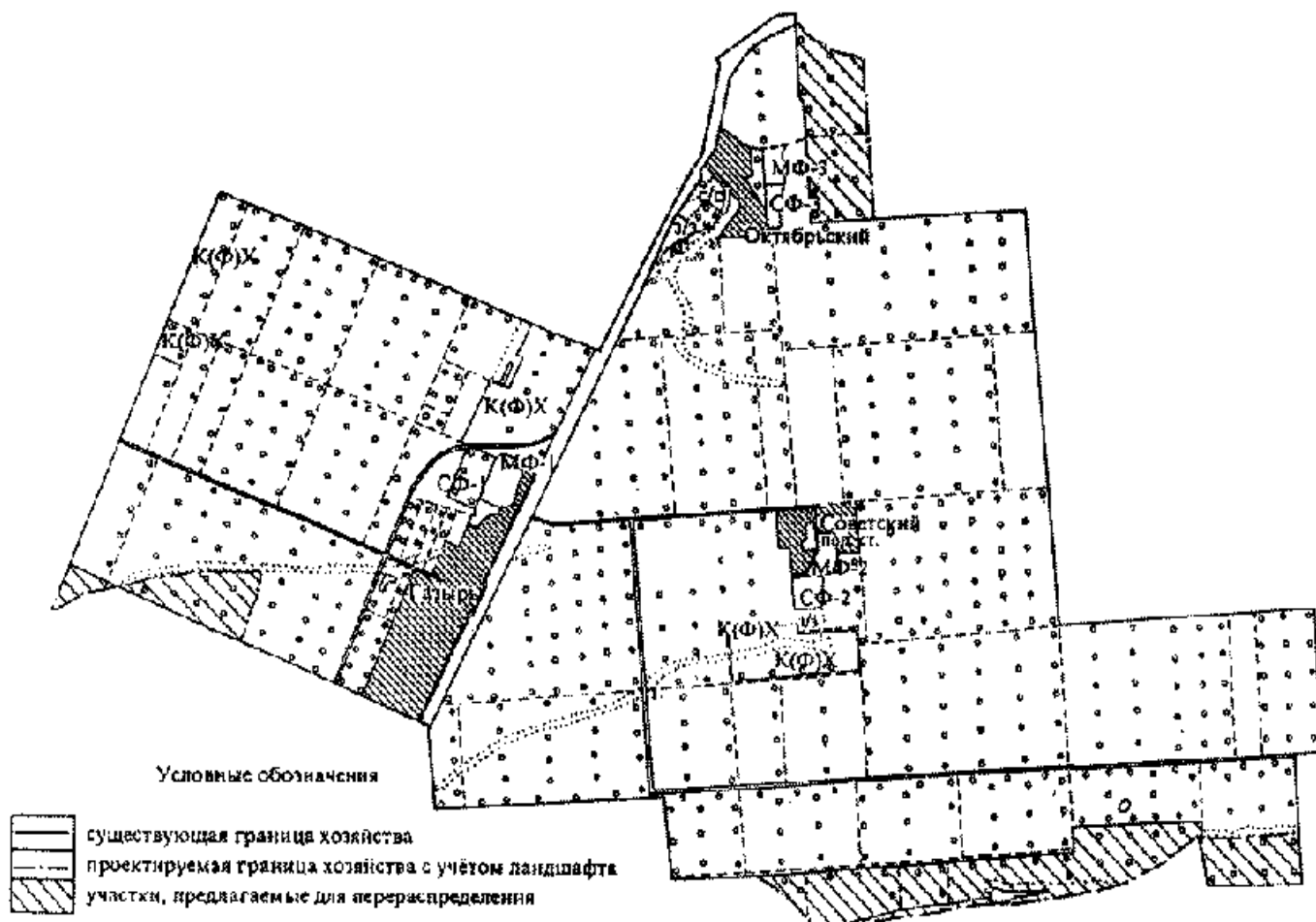


Рисунок 11.2.Изменение границ землепользования при ландшафтном землеустройстве

При территориальном землеустройстве анализируются также недостатки размещения границ и размеров сельскохозяйственных предприятий экономического, экологического и территориального характера: неоптимальный размер землепользования, нерациональная структура угодий, чересполосица, вкрапливание, изломанность границ, вклинивание и т.д. Устранение указанных недостатков проводится одновременно по группе взаимосвязанных землепользований.

Процесс территориального землеустройства по устранению недостатков землепользования должен включать следующие действия:

- выбор и обоснование возможных способов устранения недостатков;
- составление проекта;
- обоснование проекта (определение экономической и экологической эффективности изменений, вносимых в землепользования; расчет необходимых экологических и экономических показателей и корректировка планов развития хозяйства в связи с увеличением или уменьшением земельной площади).

Устранение недостатков землепользования производится следующими основными способами:

- обмен равновеликими и равноценными участками земли между хо-

зяйствами;

- обменом неравновеликими и неравноценными участками;
- передачей земель одного хозяйства другому без компенсации;
- реорганизацией землепользований.

При этом учитываются пожелания землепользователей, заинтересованных предприятий, учреждений и организаций. В тех случаях, когда для устранения недостатков намечается обмен участками различными по природным свойствам, используются материалы экономической оценки земли.

Проекты внутрихозяйственного землеустройства. Основными задачами внутрихозяйственного землеустройства и ведения хозяйства на эколого-ландшафтной основе является обеспечение по возможности воспроизводства природных механизмов саморегуляции агроэкосистем; достижение оптимального соотношения между пашней, лугами, пастбищами, лесом, водоемами; создание устойчивых агроландшафтов на основе производственных, природоохранных и других объективных критериев. Данный подход не отрицает содержание, принципы и методы традиционного землеустроительного проектирования, а дополняет и расширяет его социально-экономическое направление природоохранным, где приоритетными становятся вопросы улучшения гигиенического и физиологического аспектов жизни населения, сохранение или восстановление экологического баланса окружающей природной среды.

В результате содержание организации территории сельскохозяйственных предприятий направлено на практическую реализацию проектных землеустроительных решений на территории конкретных агроландшафтов с учетом их особенностей. При таком подходе территория сельскохозяйственного предприятия рассматривается как *взаимосвязанное множество агроландшафтных элементов*, объединенных между собой по определенному признаку, которое нужно устраивать в соответствии с природоохранными и природовосстановительными принципами.

Рабочие проекты в землеустройстве. К рабочим относятся все проекты улучшения сельскохозяйственных угодий, освоения новых земель, рекультивации нарушенных земель, защиты земель от эрозии, селей, подтопления, заболачивания, вторичного засоления, иссушения, уплотнения, загрязнения отходами производства и потребления, радиоактивными и химическими веществами, заражения и других негативных воздействий, на конкретном земельном участке или объекте.

Целью рабочих проектов в землеустройстве является подробная инженерно-экономическая и технологическая проработка конкретных мероприятий, направленных на улучшение и охрану земель и повышение их плодородия, создание необходимых элементов производственной и социальной инфраструктуры.

Основными задачами рабочего проектирования являются:

- уточнение месторасположения, границ, площадей и конфигурации землеустраиваемых земельных участков, а также определение условий и режима использования и охраны земель;

- определение наиболее экономичных и экологически безопасных технологий выполнения мелиоративных, планировочных, строительно-монтажных и других работ, а также порядка их организации;
- установление объемов и рациональной очередности в организации и проведении специальных природоохранных мероприятий;
- выявление потребности в строительных материалах, машинах, механизмах и рабочей силе, обеспечение их эффективного использования.
- определение сметной стоимости проектируемых мероприятий, обеспечение высокой технико- и финансово-экономической их эффективности, порядка и сроков финансирования работ.

При составлении рабочих проектов руководствуются следующими *принципами*:

- создание наилучших условий для рационального использования и охраны устраиваемого земельного участка, а также земель, прилегающих к объектам проектирования;
- согласованность разрабатываемых в рабочем проекте решений с мероприятиями, предусмотренными схемами и проектами территориального и внутрихозяйственного землеустройства;
- инженерная, социально-экономическая, экологическая обоснованность разрабатываемых мероприятий и их эффективность;
- экологически допустимое вовлечение новых земель в сельскохозяйственное использование;
- использование максимума площади участка для производства сельскохозяйственной продукции;
- минимальное расходование земель на несельскохозяйственные нужды;
- внедрение прогрессивных технологий производства работ.

11.5. Определение правового режима и условий использования земель

При составлении схем и проектов землеустройства в обязательном порядке рассматриваются правовые, природоохранные, социально-экономические и организационно-хозяйственные вопросы развития землепользования.

Правовой режим землевладения и землепользования должен увязываться с формами земельной собственности и экологическими особенностями территории, определяющими режим их использования, ограничения и обременения землепользователей (землевладельцев). Так, например, проекты территориального землеустройства в границах реформированных сельскохозяйственных предприятий составляют на основе согласованных и утвержденных в установленном порядке материалов инвентаризации земель, в результате которой уточняют размер земельных долей, формируют и размещают массивы земель, являющиеся собственностью юридического лица, размещают земельные участки, находящиеся в собственности граждан.

Формирование и размещение земельных массивов юридических лиц. Земельные массивы, являющиеся собственностью юридического лица, фор-

мируют и размещают следующим образом. На основании анализа фактического использования земельных долей, в процессе инвентаризации, устанавливают площадь сельскохозяйственных угодий, являющихся собственностью сельскохозяйственной организации как юридического лица. То есть устанавливают совокупную площадь *земельных долей*, внесенных в уставный (складочный) капитал или паевой фонд предприятия и выкупленных земельных долей у их прежних владельцев, а также переданных безвозмездно. Указанные площади сельскохозяйственных угодий включают в *неделимый фонд*, который в правовом порядке не подлежит последующему разделу на земельные доли.

Созданный неделимый фонд формируют и размещают по возможности единым массивом с учетом существующего размещения животноводческих ферм, производственных центров, мест проживания членов сельскохозяйственной организации, рынков сбыта, транспортных магистралей и т. п.

Важным фактором формирования массива является его эколого-ландшафтная однородность. С этой целью формируемый массив должен представлять собой единую водосборную территорию или характеризоваться иными признаками однородности (почва, рельеф, экспозиция склона и т.п.). В целом формируемый массив должен иметь определяющее значение в обеспечении основных направлений производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия.

Чтобы не ущемлять интересы других собственников земельных долей, площадь отводимого земельного массива необходимо увязать с качественной оценкой земель, а именно: количество балло-гектаров формируемого земельного массива должно быть не больше общего их числа, указанного в Свидетельстве о праве собственности на землю переданных и приобретенных земельных долей.

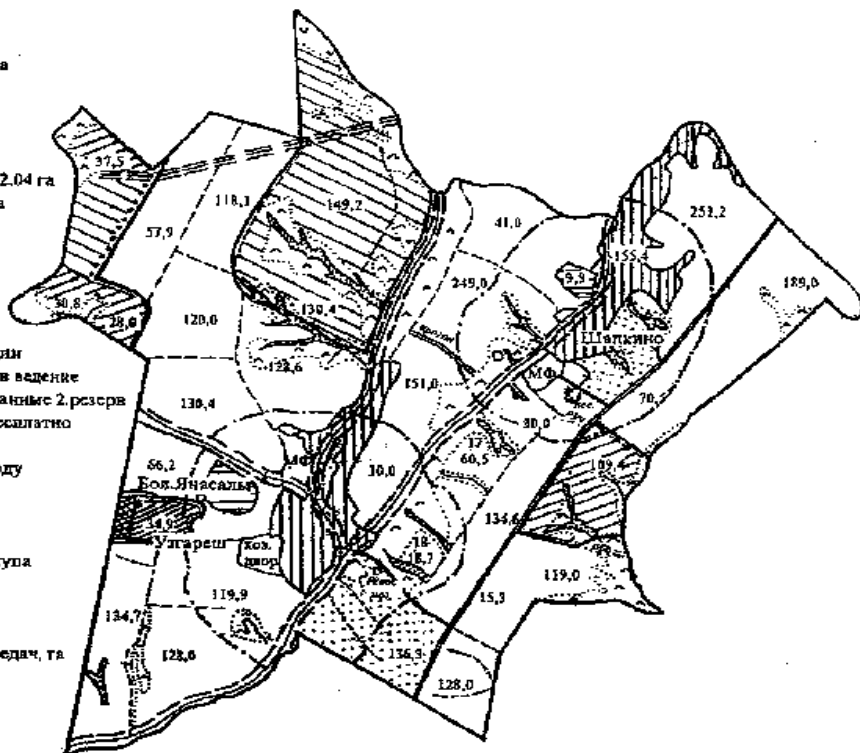
Границы земельного массива устанавливают с учетом его компактного размещения, по возможности совмещая с существующими границами севооборотных массивов, полей и рабочих участков, с четко выраженными на местности естественными и искусственными рубежами (реками, ручьями, каналами, дорогами, лесополосами и т. п.).

На основании данных формирования земельного массива, являющегося собственностью сельскохозяйственной организации как юридического лица и включенного в неделимый фонд, составляют реестр сельскохозяйственных угодий. Одновременно указывают площади несельскохозяйственных угодий, рекомендуемых к передаче сельскохозяйственной организации. Проект территориального землеустройства (перераспределения земель) на территорию реформируемого сельскохозяйственного предприятия представлен на рисунке 11.3.

1. Крестьянское хозяйство "Угариш" - 34,90 га
2. Земли сельской администрации - 318,70 га
3. Земли К-Устинского ДРСУ - 15,33 га
4. Буксовое управление электросети - 0,11 га

ИТОГО посторонних землепользователей - 362,04 га
ВСЕГО земель общего пользования - 3989,25 га
ВСЕГО земель в границах плана - 4351,29 га

усадьба хозяйства
местоположение сельской администрации
земли населённых пунктов, переданные в ведение
сельской администрации: 1. ранее переданные 2.
земли, передаваемые в собственность бесплатно
фонд перераспределения
специальный фонд, созданный в 1991 году
границы хозяйств - существующие
границы хозяйств - проектируемые
существующие крестьянские хозяйства:
1. собственность 2. аренда с правом выкупа
фонд первоочередного выделения пав.
санитарные зоны
границы водоохраных зон
охраняемые зоны вдоль линий электропередач, га
площадь котла, га



Размещение земельных участков, переданных на правах пользования.

Массивы земельных угодий, переданных в порядке *пользования* сельскохозяйственной организации на том или ином праве, также формируют компактными, отдельными массивами, примыкающими к основному массиву землевладения. Сельскохозяйственные угодья, используемые сельхозорганизацией на условиях *аренды*, формируют с учетом сроков аренды.

Необходимо предусмотреть пожелания собственников земельных долей по распоряжению ими после окончания срока правовых взаимоотношений с сельскохозяйственной организацией.

Номера земельных участков и их площади, переданные сельскохозяйственной организации в пользование или аренду органами местного самоуправления, а также земель, включенных в фонд перераспределения, заносят в специальный реестр.

Размещение земельных массивов граждан. Земельные доли граждан, не пожелавших включить (продать, передать, подарить) их в состав коллективных сельскохозяйственных предприятий, выделяются по желанию владельцев долей из земель сельскохозяйственного назначения в соответствии с требованиями Федерального закона от 24.07.2004 г. 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» и Федерального закона от 18.06.2001г. № 78-ФЗ «О землеустройстве».

Основным фактором, обеспечивающим рациональность выдела земельного участка и определения его местоположения, осуществляемого в порядке проведения землеустройства, является необходимость предотвращения возможности нарушения законных интересов и прав всех заинтересованных землевладельцев (землепользователей), путем создания для всех равных условий землепользования (землевладения). В этой связи, важным фактором является недопущение появления предпосылок ухудшения экологического состояния выделяемого землевладения.

Размещение земельных участков должно осуществляться с учетом *сформированной ранее системы природоохранной организации территории*, зон влияния имеющейся природоохранной инфраструктуры (защитных лесных полос, водорегулирующих сооружений, водозащитных дамб и т.п.), возможности проводить земледелие без дополнительных (вязанных с выделенным местоположением участка) затрат на природоохранные и природовосстановительные мероприятия.

Передача в собственность несельскохозяйственных угодий. В соответствии с Указом Президента РФ от 07.03.1996г. № 337 «О реализации конституционных прав граждан на землю», при передаче сельскохозяйственных угодий в собственность гражданам и юридическим лицам, бесплатно передают в их собственность также и земельные участки, занятые кустарником, мелколесьем, и другими несельскохозяйственными угодьями, расположенными между участками продуктивных земель в границах отводимого им земельного массива.

Конкретные виды и площади несельскохозяйственных угодий, которые могут быть переданы в собственность граждан, определяют органы государственной власти субъектов Российской Федерации.

Несельскохозяйственные угодья передают в собственность с учетом:

- пожеланий граждан и юридических лиц;
- размещения их продуктивных земель;
- пожеланий смежных землепользователей;
- *природно-экологического значения* и целесообразного хозяйственного использования этих земель;
- создания территориальных условий для формирования компактного и рационального землепользования.

Границы передаваемых в собственность несельскохозяйственных угодий совмещают с четко выраженными на местности естественными и искусственными рубежами (реками, ручьями, каналами, дорогами, лесополосами и т. п.). Вкрапленные в участки продуктивных земель контуры несельскохозяйственных угодий, как правило, передают целиком собственникам сельскохозяйственных угодий, внутри которых они находятся. Если на смежные несельскохозяйственные угодья претендуют несколько граждан и юридических лиц, то их распределяют между ними пропорционально площади сельскохозяйственных угодий, переданных в собственность, с учетом хозяйственной целесообразности и взаимной договоренности.

Важно отметить, что при передаче несельскохозяйственных угодий в

собственность создаются условия формирования земельных массивов, отвечающих требованиям *экологически устойчивого землепользования*. Поэтому, размеры передаваемых в собственность несельскохозяйственных угодий (особенно: лесов, лесных полос, кустарников), должны быть увязаны (оптимизированы) с площадями пахотных угодий, находящихся в распоряжении землепользователей (землевладельцев).

В случае, когда граждане и юридические лица не пожелали получить в собственность несельскохозяйственные угодья, разрабатывают предложения о включении их в земли запаса, земли лесного или водного фонда, земли других категорий. Несельскохозяйственные угодья (леса, реки, водоемы, межселенные дороги, земельные участки под объектами истории и культуры, территории общего пользования и др.), которые по своим природно-экологическим условиям или правовому статусу не могут быть переданы в собственность гражданам и юридическим лицам, включают в земли соответствующих категорий.

При рассмотрении вопросов о передаче земель, занимаемых межхозяйственными и внутрихозяйственными дорогами, устанавливают их принадлежность, правовой статус, состав обслуживаемых ими объектов. Значительную часть дорог, расположенных на территории сельскохозяйственных предприятий, используют преимущественно садоводческие товарищества и другие организации, не оформившие земельный отвод и права на их прокладку. На основе проведенного анализа устанавливают их принадлежность и правовой статус (передают в собственность сельскохозяйственным организациям, оформляют отвод земли соответствующим организациям и т. д.).

При разработке предложений, связанных с *освоением* несельскохозяйственных угодий для производства сельскохозяйственной продукции, по укрупненным показателям определяют виды, объемы и стоимость культуртехнических работ по освоению этих земель в различные виды продуктивных земель с указанием доли финансирования за счет средств гражданина (юридического лица) и органов местного самоуправления.

Результаты проведенных работ по передаче несельскохозяйственных угодий в собственность отражают:

- на чертеже проекта упорядочения землепользования;
- в реестре участков (контуров) несельскохозяйственных угодий, передаваемых гражданам и юридическим лицам в собственность или включаемых в земли других категорий;
- в ведомости мероприятий по освоению земельных угодий, ранее выбывших из сельскохозяйственного оборота, передаваемых гражданам и юридическим лицам в собственность;
- в пояснительной записке к проекту.

Материалы по передаче несельскохозяйственных угодий согласовывают с юридическими лицами и собственниками земельных долей, которым передают в собственность эти угодья, заинтересованными предприятиями и органами местного самоуправления, которым намечают передать несельскохозяйственные угодья, имеющие природно-экологическое или общественно-

хозяйственное значение, а также с районным комитетом по земельным ресурсам и землеустройству.

Передача в собственность участков занятых объектами недвижимости. Земельные участки под объектами недвижимости передают в собственность гражданам и юридическим лицам (собственникам объектов недвижимости) в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 14.02.1996г. №198 «О праве собственности граждан и юридических лиц на земельные участки под объектами недвижимости в сельской местности».

Границы и площади земельных участков под объектами недвижимости устанавливают на основе материалов инвентаризации земель с учетом фактического функционального назначения объектов, утвержденной проектно-технической и строительно-планировочной документации или норм отвода земель. При расчете площадей земельных участков под объектами недвижимости в границы этого земельного участка включают земли, занятые непосредственно объектом недвижимости и прилегающие к этому объекту территории, необходимые для обеспечения его функционирования. При соответствии фактических размеров земельного участка, на котором расположен объект недвижимости, действующим нормативам, его границы принимают по фактическому пользованию. Если же фактическая площадь земельного участка превышает установленную или меньше ее, то с согласия собственника недвижимости, за ним закрепляют земельный участок по фактическому пользованию. При несогласии ему передают земельный участок площадью, соответствующей нормам отвода земель либо проектно-технической документации.

По материалам установления границ и площади участков составляют реестр земельных участков, на которых расположены соответствующие объекты недвижимости, с указанием функционального назначения конкретного объекта недвижимости, его номера и площади.

Месторасположение и согласованные с собственником объектов недвижимости площади земельных участков отражают на проектном чертеже. По результатам проектирования составляют сводную экспликацию земель, в которой отражают проектные площади земельных угодий в целом и по формам собственности.

Ограничения, обременения, сервитуты. Земельный участок приобретает или передается собственнику, владельцу, пользователю и арендатору на соответствующем праве с установленным целевым назначением и правовым статусом и только в этом качестве принадлежит его владельцу. Собственники земельных участков, землевладельцы, землепользователи, арендаторы обязаны использовать землю в соответствии с целевым назначением, применять природоохранные технологии производства, не допускать ухудшения экологической обстановки на территории в результате своей хозяйственной деятельности. Вместе с тем, права собственников земли, землевладельцев, землепользователей и арендаторов земельных участков могут быть ограничены в связи с обременением земельных участков определенными условиями и обязательствами, которые устанавливаются непосредственно

законодательством, договорами или решением суда.

Наличие обременения земельного участка влечет ограничения прав собственников земли, землепользователей и арендаторов по его использованию в хозяйственной деятельности. Ограничения по распоряжению земельным участком, может осуществляться в порядке установления сервитута.

Ограничения прав собственников земли, землевладельцев, землепользователей и арендаторов по использованию земельных участков в хозяйственной деятельности и обременение их правами иных лиц возникают, как правило, в связи с тем, что эти земли находятся внутри, либо примыкают к особо охраняемым территориям и объектам, либо находятся вблизи вредных производств или в зонах перспективной застройки, разведанных полезных ископаемых, торфа и подземных вод, или по ним проложены различные коммуникации, то есть они находятся в зоне действия режимобразующих объектов, определяющих соответствующий правовой режим использования этих участков. Ограничения прав в использовании земельных участков могут быть установлены и по другим основаниям правового и хозяйственного характера, в связи с арендой, залогом, арестом земельного участка, при доверительном управлении; необходимостью регулирования интенсивности использования земель, подверженных процессам деградации, при превышении уровня загрязнения почв, допустимых нагрузок на ландшафт и т.д.

По этим причинам, а также в целях обеспечения безопасности населения или создания необходимых условий для эксплуатации инженерных коммуникаций, промышленных, транспортных и иных объектов, или сохранения от загрязнения, истощения и уничтожения особо ценных природных территорий возникает необходимость в установлении зон с особым правовым режимом использования земель (ЗОРИЗ). Это охранные, санитарно-защитные, запретные зоны, в пределах которых для собственников, владельцев и пользователей земельных участков в силу необходимости устанавливаются определенные ограничения в использовании земли.

Одновременно для предприятий и физических лиц, в собственности или оперативном управлении которых находятся режимобразующие объекты, предоставляется право доступа к этим объектам для их эксплуатации или контроля над текущим состоянием, то есть ограниченного пользования чужими земельными участками (сервитут). Обременение земельного участка сервитутом не лишает собственника участка прав владения, пользования и распоряжения этим участком. Сервитут является вещным правом и сохраняется при переходе земельного участка к другому лицу.

Установление и обоснование правового режима территорий с особыми условиями использования земель является отдельным направлением землеустроительных работ. К таким территориям относят: водоохранные зоны и прибрежные полосы вдоль рек, санитарно-защитные и охранные зоны вдоль железных и автомобильных дорог, магистральных трубопроводов, линий электропередач, телефонной и телеграфной связи, территории природоохранного, заповедного, рекреационного, историко-культурного и иного назначения.

Особой задачей землеустройства является установление и правовое обоснование участков земель предприятий, нуждающихся в установлении особого режима их хозяйственной эксплуатации. К ним могут быть отнесены земли ценные и особо ценные, загрязненные промышленными отходами и стоками, зараженные, нарушенные антропогенной деятельностью или естественными процессами. Наличие таких земель устанавливается в результате проведения специальных землеустроительных обследований в натуре и изучения соответствующих материалов, а правовой режим использования определяется в соответствии с действующим законодательством.

По условиям функционирования в проектах землеустройства выделяют следующие зоны:

- зоны санитарно-защитного и охранного назначения;
- зоны природоохранного и природозаповедного назначения (зоны, связанные с проблемами охраны и защиты природной среды);
- зоны оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения (зоны, выделяемые в связи с культурной и социальной сферой жизни человека).

Для установления правового режима земельных участков в ходе землеустроительных работ составляют **дежурные карты ограничений и обременений** по административным районам в масштабе 1:10000.

Работы по составлению дежурной карты проводят в два этапа. На первом этапе выявляют и наносят на дежурную карту все режимные и режимообразующие объекты, расположенные на территории административного района, и все зоны с особым правовым режимом использования земель (ЗО-РИЗ). Месторасположение режимных и режимообразующих объектов, границы их зон наносят на дежурную карту с максимально возможной точностью. На втором этапе месторасположение режимных и режимообразующих объектов устанавливают инструментально на местности, координируют и наносят на дежурную карту с точностью, соответствующей масштабу карты. Содержание дежурной карты предусматривает отражение на ней не всех обременений, а только тех, которые связаны с ограничениями правовой и хозяйственной деятельности в зонах особого режима использования земель и установлением соответствующих сервитутов.

Месторасположение инженерных, транспортных и других коммуникаций, объектов и сооружений (линий электропередачи, связи, магистральных трубопроводов, водопроводов, теплотрасс, автомобильных и железных дорог и др.) устанавливают на основании документов по предоставлению земельных участков в пользование, данных графического учета земель, материалов аэрофотосъемки, планов землепользований, а также графических материалов (проектов строительства, чертежей исполнительной съемки, планов прохождения трасс), которыми могут располагать соответствующие органы отраслевого управления и организации, осуществляющие техническое обслуживание и эксплуатацию указанных объектов и сооружений. В отдельных случаях не исключена необходимость отображения коммуникаций и других объектов на основании данных полевого обследования.

При составлении карты ограничений и обременений должны быть выявлены землепользования, на территории которых, в качестве обременений должны быть установлены (или уже установлены) сервитуты. При выявлении таких землепользований необходимо принимать во внимание следующее:

- из всех возможных сервитутов выявляют необходимость установления лишь тех, которые связаны с прокладкой, строительством и эксплуатацией инженерных сетей и сооружений;

- инженерные сети и сооружения должны принадлежать постороннему для данного земельного участка собственнику;

- необходимость установления для данного участка указанных ранее сервитутов определяют проходящие через него магистральные трубопроводы, сети газоснабжения, электрические сети, линии связи и радиофикации, а также другие инженерные коммуникации.

Для установления границ ЗОРИЗ режимобразующих объектов «точки отсчета» выбирают в соответствии с определенными правилами:

- для *охранных зон*: воздушных линий связи, радиофикации и электропередачи – от крайних проводов; магистральных трубопроводов – от оси трубопроводов; магистральных многониточных трубопроводов – от осей крайних трубопроводов;

- *санитарно-защитных зон водоемов* – от крайних водоводов;

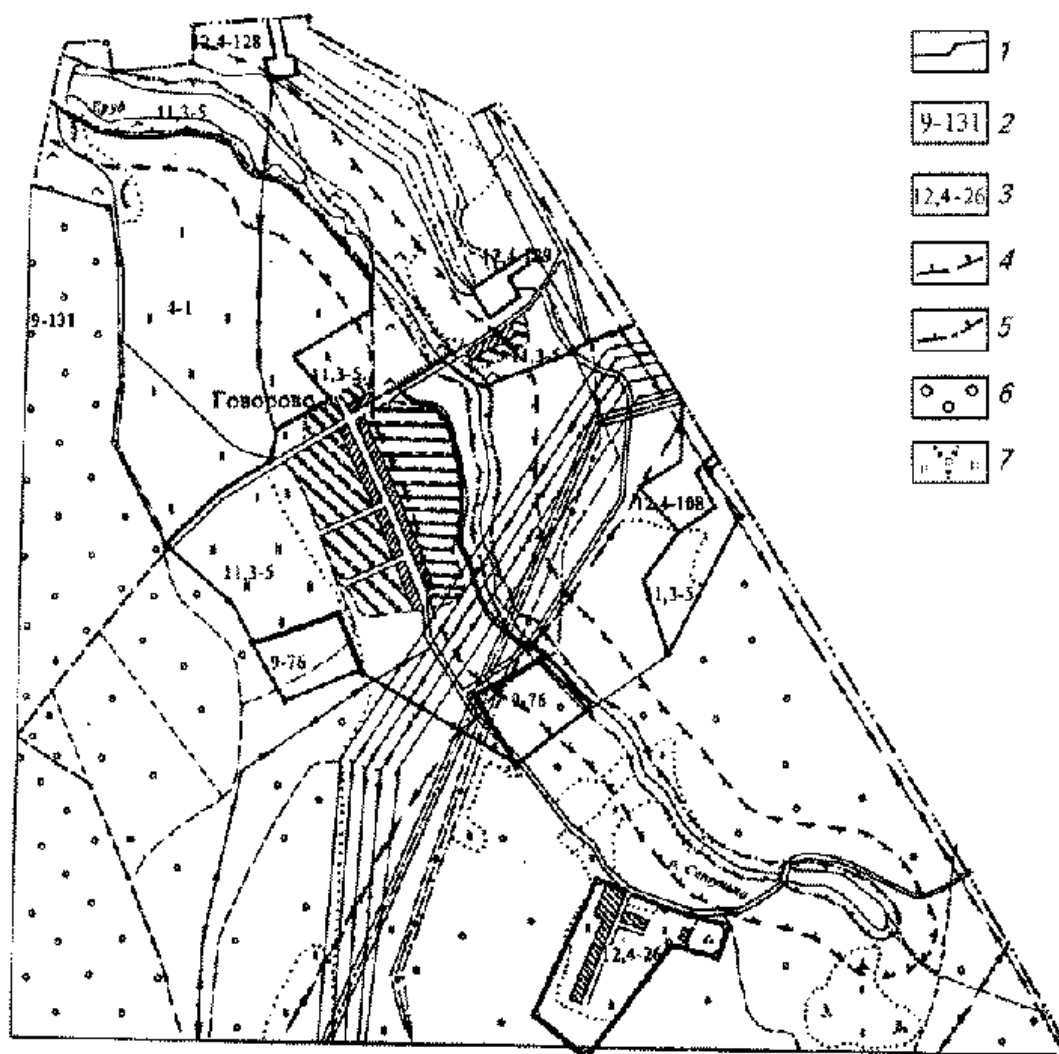
- *водоохранных зон*: рек и озер – от среднесезонного уреза воды в летний период; водохранилищ – от уреза воды при нормальном подпорном уровне; .

- *прибрежных полос* – также, как и для водоохранных зон;

- *санитарно-защитных зон*: предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятно пахнущими веществами – непосредственно от источника загрязнения атмосферы сосредоточенными выбросами (трубы, шахты и др.) или рассредоточенными выбросами, а также от мест загрузки сырья, свалок или открытых складов; кладбищ – от их границ; железных дорог – от оси крайнего железнодорожного пути;

- *зон минимальных расстояний*: автомобильных дорог – от бровки земляного полотна; тепловых сетей – от наружной грани строительных конструкций каналов и тоннелей при подземной прокладке.

Фрагмент дежурной карты ограничений и обременений в использовании земель Ленинского района Московской области показан на рисунке 11.4.



1 — границы населенных пунктов; 2 — границы и номера землепользований, не являющихся режимными или режимобразующими объектами; 3 — границы и номера прочих режимных объектов; 4 — границы водоохранной зоны; 5 — границы прибрежной полосы; 6 — лес; 7 — сенокос закустаренный

Рисунок 11.4. Фрагмент карты ограничений и обременений в использовании земель

11.5. Формирование агроландшафтов при землеустройстве

Ключевым условием организации территории в процессе землеустройства, является создание оптимальных агроландшафтов, характеризующихся высокой экологической, производительной, социальной и экономической устойчивостью.

В процессе землеустройства:

- устанавливают оптимальную структуру сельскохозяйственных ландшафтов;
- определяют рациональную конфигурацию всех элементов агроландшафта и их площадей;
- экологически обоснованно размещают элементы агроландшафта во

времени и пространстве.

Эколого-ландшафтный подход предполагает установление оптимального соотношения площадей пашни, пастбищ, сенокосов, заповедников, лесонасаждений, населенных пунктов и других антропогенных и средостабилизирующих составляющих. Оптимальное соотношение этих угодий тем лучше, чем оно ближе к природному, естественному ландшафту.

В литературе имеются различные данные по этому соотношению, в частности высказывается распространенное мнение о том, что соотношение пашни, луга и леса должно находиться в пределах 30% по каждой составляющей. Однако опыт организации различных территорий свидетельствует о следующем.

Во-первых, соотношение угодий в каждом конкретном случае индивидуально и зависит от рельефа, гидрографических, почвенных и других природных и антропогенных условий местности и достигают его в процессе проектирования.

Во-вторых, в условиях степной зоны это соотношение может быть сдвинуто в сторону увеличения площади пашни с компенсацией этого сдвига за счет введения стабилизирующих культур и угодий (лесных насаждений, полосных посевов многолетних трав и т. д.)

Наиболее сложным является установление степени распаханности территории. В общем виде площадь пашни в сельскохозяйственном предприятии следует определять с учетом площадей необходимых для экологической стабилизации территории (формула 1).

$$S_{п} = S_{з.п.} - (S_{д} + S_{лп} + S_{б} + S_{р} + S_{с} + S_{р.з} + S_{пр}), \quad (1)$$

где: $S_{з.п.}$ — площадь землепользования; $S_{д}$ — площадь деградированных земель, требующих вывода из пашни (сильноэродированные, подтопляемые, загрязненные, засоленные и другие земли); $S_{лп}$ — площадь лесополос; $S_{б}$ — площади противоэрозионных и других защитных буферных зон из луговой и кустарниковой растительности; $S_{р}$ — площади ремизных участков (микрозаповедников); $S_{с}$ — площадь селитебных территорий с выделением общественных выпасов и огородов; $S_{р.з.}$ — площадь рекреационных зон (лесопарковые насаждения у поселков, водных объектов и в других местах); $S_{пр}$ — площади производственных территорий.

К *деградированным* относят земли, восстановление плодородия которых по отношению к пашне неэффективно. Площади таких земель определяют по результатам почвенных и землеустроительных обследований.

К *загрязненным* относят земли, в которых содержание загрязнителей превышает допустимые нормы. Они, как правило, расположены вдоль автомагистралей, у химических складов, нефтебаз и животноводческих комплексов, а также в зонах влияния крупных промышленных предприятий. Устанавливают необходимость исключения их из пашни и вычисляют площади в результате полевых землеустроительных обследований. Также устанавлива-

ются площади засоленных земель, которые следует выводить из сельскохозяйственного оборота.

Лесонасаждения. Помимо полевых защитных, водорегулирующих, приовражных и прибалочных лесонасаждений закладывают лесополосы вдоль автодорог, обсаживают днища балок, берега рек, прудов и других водоемов. Площади таких насаждений определяют нормативами и проектом (табл. 11.2).

11.2. Нормативы облесения русел малых рек

Часть реки (длина), км	Состояние берегов русла			
	Устойчивые, не подверженные загрязнению	Размываемые в нижней части	Размываемые по всему профилю	Намываемые
Истоковая, до 10	6-10 / 4-6	- / -	- / -	- / -
Верхняя, до 25	10-11 / 6-7	11-13 / 7-8	13-15 / 8-10	10-11 / 4-6
Средняя, 26-50	12-14 / 8-9	14-17 / 9-11	17-20 / 11-13	12-14 / 8-9
Нижняя, 51-100	15-20 / 10-13	20-24 / 13-16	24-30 / 16-20	12-14 / 8-9

Примечание. Числитель – ширина лесополосы, м; знаменатель – число рядов (для Краснодарского края).

Площади противоэрозионных буферных полос из луговой и древесно-кустарниковой растительности определяют на основе проекта землеустройства.

Селитебные территории. В состав селитебных территорий должны быть включены не только площади приусадебных участков и построек, но и дополнительные площади, для создания парковых насаждений (20-25% площади села, или 10-12м на 1 чел.), а также площади общественных выпасов огородов, определяемые из расчета 0,5 га пастбища на 1 гол. КРС и 0, 1- 0,2 га огородов на 1 семью.

Площади лесопарковых насаждений вне селитебных территорий, а также производственных центров определяют проектом землеустройства.

Микрозаповедники являются экостабилизирующей частью территории. Они предназначены для полной консервации части ландшафта, то есть для восстановления его естественного режима. Расположение микрозаповедников по территории хозяйства обосновано радиусом их действия (2 км). Для усиления средостабилизирующей и рекреационной функций целесообразно создание в микрозаповедниках небольших водоемов-копаней.

Миграционные коридоры. Для обеспечения прохода животных к различным угодьям в целях их защиты и возможного укрытия размещают миграционные (биологические) коридоры. Их создают из полос сеяных сенокосов, расположенных по кратчайшим путям миграции животных из микрозаповедников к ближайшим, приближенным к естественным угодьям (системе залуженных балочных понижений, лесным массивам и др.). Миграционные коридоры образуют замкнутое пространство для обитания различных видов животных. Границы миграционных коридоров совмещаются с лесополосами, буферными насаждениями, кулисами и др. Ширина коридоров определяется

их протяженностью и видами животных, обитающих в данной местности (от 40 до 500 м).

Зоны рекреации. Для отдыха населения, улучшения микроклимата выделяют зоны рекреации, которые целесообразно располагать вблизи водоемов.

Ландшафтно-экологические ниши. Для гнездования дичи, укрытия обитающих животных, охраны флоры и фауны помимо микрозаповедников целесообразно проектировать создание ландшафтно-экологических ниш. Они включают в себя расширенные участки водоохраных зон, прибрежных полос, участки пойм, болота, естественные водоемы, участки леса, где ограничивается или исключается хозяйственное использование и намечается система мер по охране флоры и фауны. Данные участки наименее затронуты антропогенным воздействием или находятся в естественном состоянии.

В целях предотвращения деградации агроландшафтов проводится трансформация пашни балочных понижений в сенокосные угодья, а пашни микрозападин – в залежные угодья с функциями ремизных участков и микрозаповедников.

При такой организации агроландшафтов обеспечивается создание природоохранного каркаса в виде заповедных, водоохраных, ремизных, рекреационных зон, санитарно-гигиенических и защитных буферных зон и контуров из лугово-травянистой, древено-кустарниковой растительности, сеяных многолетних трав.

11.6. Оценка природоохранной организации территории.

Для оценки природоохранной организации территории рассчитывают экологические показатели до землеустройства: коэффициент экологической стабильности территории; индекс экологического разнообразия территории; индекс продуктивности агроландшафтов; коэффициент антропогенной нагрузки; длина экотонов в расчете на 1 га пашни; лесистость территории; число и средняя площадь агроэкологически однородных участков на пашне; другие показатели, характеризующие экологическое разнообразие и стабильность территории (площади микрозаповедников, экологических ниш, протяженность миграционных коридоров, защищенная лесополосами площадь).

Для оценки влияния состава угодий на экологическую стабильность территории, устойчивость которой падает при повышении сельскохозяйственной освоенности земель, распашке и интенсивном использовании угодий, проведении культуртехнических работ, застройке территории, необходимо вычислить коэффициенты экологической стабильности территории.

Для вычисления этих коэффициентов можно использовать таблицу 11.3, в которой оценена экологическая стабильность различных видов угодий.

При разном составе угодий коэффициент экологической стабильности (*К_{эк.ст}*) рассчитывается по формуле 2:

$$K_{\text{эк.ст}} = \frac{\sum K_{i_i} \cdot P_i}{\sum P_i} \quad (2)$$

где K_{Li} — коэффициент экологической стабильности угодья i -го вида (см. табл. 11.3); P_i — площадь угодья i -го вида; Kp — коэффициент морфологической стабильности рельефа. ($Kp = 1,0$ для стабильных территорий и $Kp = 0,7$ для нестабильных территорий).

11.3. Коэффициенты оценки экологических свойств земельных угодий

Наименование угодий	Коэффициент	
	Экологической стабильности территории K_1	Экологического влияния угодья на окружающие земли K_2
Застроенная территория и дороги	0,00	1,27
Пашня	1,14	0,83
Виноградники	0,29	1,47
Лесополосы	0,38	2,29
Фруктовые сады, кустарники	0,43	1,47
Огороды	0,50	1,59
Сенокосы	0,62	1,71
Пастбища	0,68	1,71
Пруды и болота естественного происхождения	0,79	2,93
Леса естественного происхождения	1,00	2,29

В том случае, если полученное значение $K_{эк.ст} < 0,33$, то территория экологически нестабильна, при $K_{эк.ст} = 0,34-0,50$ неустойчиво стабильна, при $K_{эк.ст} = 0,51-0,66$ переходит в градацию средней стабильности, а при $K_{эк.ст} > 0,67$ экологически стабильна.

Экологически устойчивые угодья (леса, болота естественного происхождения, целинные земли) создают вокруг себя благоприятную экологическую среду и хорошо влияют на окружающую территорию, ее флору и фауну. Для установления границ этого влияния следует определить предельное расстояние от экологически устойчивого угодья до экологически нестабильной территории, т. е. ширину благоприятной экологической зоны (B) по отношению к менее устойчивому угодью. По данным И.Рыбарски и Э.Гайссе, эту ширину можно вычислить по формуле 3.

$$B = \frac{\ln P \cdot 100}{\ln (10/K_2)} \quad (3)$$

где P — площадь угодья га; K_2 — коэффициент экологического влияния угодья на окружающие земли (см. табл. 11.3).

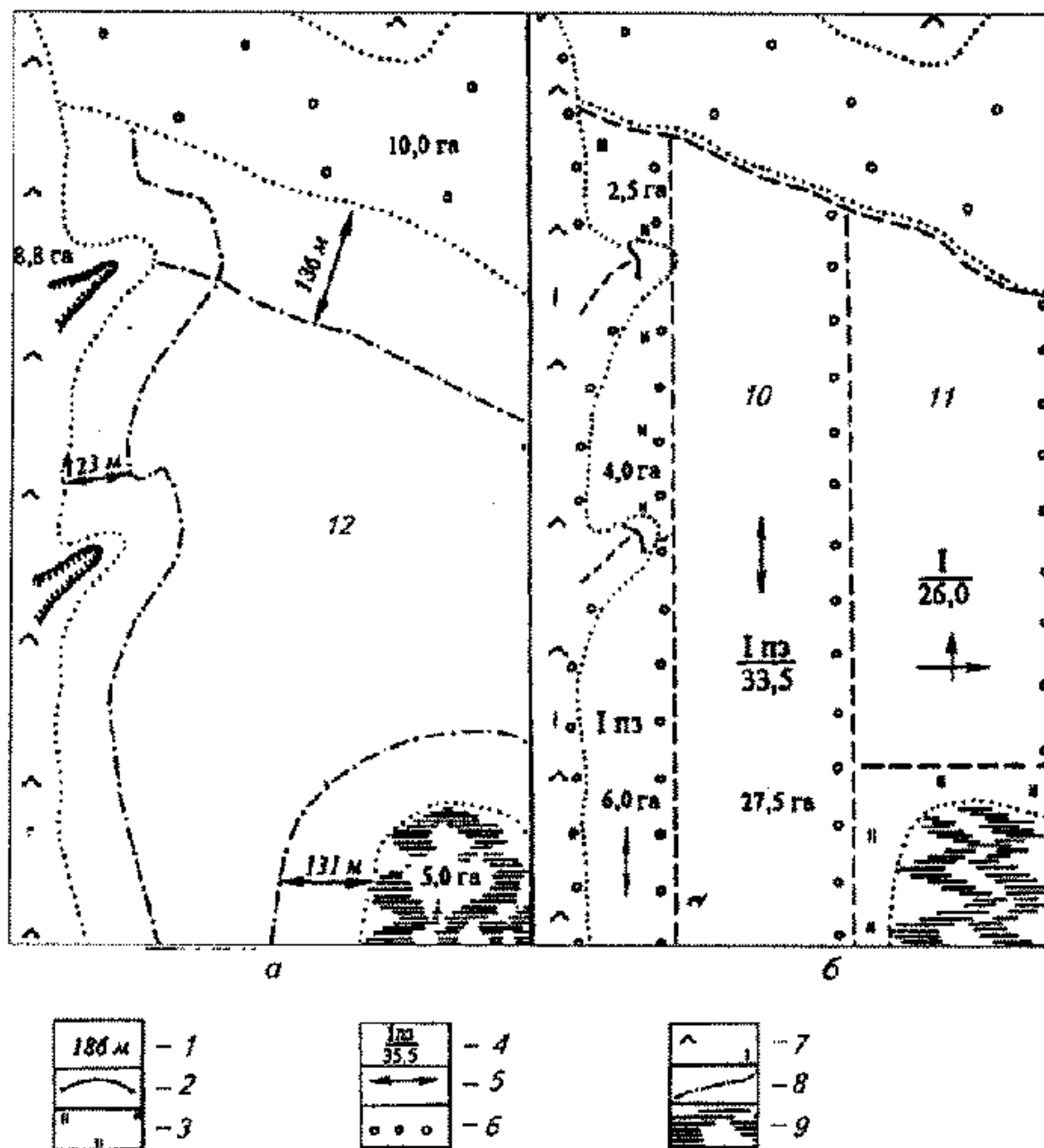
В процессе землеустроительного проектирования такие расчеты нужно провести по всем угодьям. Перенеся эти данные на плановую основу, можно определить экологически нестабильные территории, на которых требуется проведение различных экологических мероприятий. К таким мероприятиям с позиции влияния состава угодий на окружающую природную среду можно отнести:

консервацию нарушенных земель, выведение их из сельскохозяйственного оборота, организацию заповедных территорий и зон с особым природоохранным режимом;

— перевод интенсивно используемых угодий в менее интенсивные (создание почвозащитных севооборотов, сокращение удельного веса пропаш-

ных, залужение деградированных участков пашни, облесение, создание дол-
голетних культурных пастбищ на пашне и др.);

- рекультивацию нарушенных земель;
- устройство прудов, водоемов, выполаживание оврагов, создание кур-
тинных насаждений, илофилтров;
- организацию миграционных коридоров (буферных полос, лесополос и
др.).



а — до землеустройства; б — по проекту землеустройства: 1 — ширина зоны экологического влияния; 2 — водозадерживающий вал с выполаживанием оврага; 3 — залужение эродированных земель; 4 — номер и площадь, га, поля севооборота; 5 — направление обработки почвы; 6 — лесополоса; 7 — улучшенные пастбища с нормированным выпасом скота; 8 — граница зоны экологического влияния угодий; 9 — болото; 10 — почвозащитный севооборот; 11 — полевой севооборот; 12 — пашня (66 га)

Рисунок 11.5. Фрагмент проекта организации экологически стабильной территории земельного массива

Фрагмент землеустройства экологически нестабильного участка приведен на рисунке 11.5 (б).

Большое значение для повышения экологической стабильности территории имеет осуществление специальной системы мероприятий, намечаемых в проектах землеустройства и достаточно хорошо освещенных в литературе. Это, прежде всего, организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия по защите земель от эрозии, природоохранные меры, комплекс работ по повышению плодородия земель и созданию условий для воспроизводства плодородия почв.

Индекс экологического разнообразия территории (J_p) показывает, насколько близко намеченный проектом агроландшафт соответствует естественному и как изменилось экологическое разнообразие территории по сравнению с показателями на год землеустройства. Этот индекс вычисляют по формуле 4.

$$J_p = \frac{\sum l_i}{S - S_1} \quad (4)$$

где: l_i - длина i -го экотона, м; $\sum l_i$ - общая длина границ экотонов (т. е. смежных границ различных угодий), м; S - площадь рассматриваемой территории, га; S_1 - площадь естественных компенсирующих участков (участков экологически стабильных угодий), м² или га.

Чем выше указанный индекс, тем лучше проект землеустройства с экологической стороны.

Индекс продуктивности агроландшафтов (J_n) (или их частей) с учетом «краевого эффекта» определяется по формуле 5.

$$J_n = \frac{\sum l_i \cdot K_{np}}{S} \quad (5)$$

где: $\sum l_i$ - общая длина границ экотонов, м; K_{np} — коэффициент увеличения продуктивности угодий вследствие «краевого эффекта», равный примерно $K_{np} = 0,1 - 0,2$; S - площадь агроландшафта.

Коэффициент антропогенной нагрузки ($K_{ан}$) показывает, насколько сильно влияет деятельность человека на состояние природной среды. Его вычисляют по формуле 6

$$K_{ан} = \sum \frac{P \cdot B}{P} \quad (6)$$

где: P - площадь земель с соответствующей антропогенной нагрузкой, га; B - балл, соответствующий площади с определенной антропогенной нагрузкой (измеряют по пятибалльной системе).

Результаты землеустроительных работ обеспечивают снижение негативного влияния антропогенной нагрузки на природную среду и агроландшафты землеобустройства территории. В таблице 11.4. показан расчет величины антропогенной нагрузки до и после составления проекта внутрихозяйственного землеустройства на примере колхоза им. Фрунзе Краснодарского края.

Проект завершается расчетом основных эколого-экономических показателей его эффективности.

11.4. Оценка земель по степени антропогенной нагрузки

(колхоз им.Фрунзе Краснодарского края)

Степень антропогенной нагрузки	Балл, Б	Группы земель, соответствующие степени антропогенной нагрузки и баллу оценки	Площадь земель, га		P ₁ Б	P ₂ Б
			до землеустройства P ₁	по проекту P ₂		
Высокая	5	Земли промышленности, транспорта, населенные пункты, дороги	696	714	3480	3570
Значительная	4	Пашня, многолетние насаждения, огороды	3851	3488	15404	13952
Средняя	3	Культурные кормовые угодья: залуженные балки, пастбища, сенокосы	1509	1591	4527	4773
Незначительная	2	Лесополосы, кустарники, леса, болота, под водой	4037	4300	8074	8600
Низкая	1	Микрозаповедники	-	-	-	-
Итого			10093	10093	31458	30895
Значение K _{ан}					3,1	3,0

12. Информационное обеспечение адаптивно-ландшафтного земледелия и агротехнологий

Для разработки региональных агрокомплексов, качественного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия конкретных сельскохозяйственных предприятий необходима адекватная агроэкологическая, агротехнологическая, техническая и социально-экономическая информация. Она должна быть целенаправленно подобрана, обработана и систематизирована для соответствующих территориальных образований федерального, регионального (зонально-провинциального) и локального уровня.

Основные факторы сельскохозяйственного землепользования характеризуются высоким природно-хозяйственным разнообразием. Это определяет очень широкий спектр адаптивно-ландшафтных систем земледелия и соответствующих им пакетов агротехнологий. Их оптимальный выбор и адаптация к реальным условиям конкретного региона, района или хозяйства требует хорошо организованной, грамотной и оперативной обработки больших объемов разноплановой информации.

С учетом этого, исходная информация о состоянии объекта, частных критериях, ресурсах и нормативах проектирования должна быть четко формализована, структурирована и представлена в виде стандартного пакета рамокных (т.е. открытых для последовательно уточнения и детализации) тематических баз данных и типовых электронных карт (картосхем), пригодных для формирования легко используемых на практике агрогеоинформационных и аналитических информационно-справочных систем (АГИС, АИСС) различного назначения и уровня пространственно-временной организации.

12.1. Федеральный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий

Федеральный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий должен отражать, прежде всего, земельную, экономическую, экологическую, технологическую и техническую политику государства в агропромышленном комплексе страны и ключевые моменты ее научного обеспечения.

С помощью современных информационных технологий необходимо обеспечить открытый доступ максимально широкого круга сельскохозяйственных землепользователей и проектировщиков к регулярно обновляемым сайтам информационно-методического обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия России. На них должны быть представлены основные официальные документы и утвержденные федеральными органами исполнительной власти базовые методические и нормативные материалы по вопросам агроэкологической оценки, типизации, районирования и мониторинга земель, проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия,

формирования районированных пакетов агротехнологий, агрохимического и мелиоративного обеспечения земледелия.

Одним из конкретных выражений государственной технологической и технической политики в АПК является ведение Федерального регистра агротехнологий и Федерального регистра сельскохозяйственных машин. Такие регистры были разработаны профильными научно-исследовательскими учреждениями и ведущими сельскохозяйственными вузами страны в 1999 году по заказу Министерства сельского хозяйства РФ. Не менее актуальна задача создания Федерального банка районированных сортов сельскохозяйственных растений – как отечественной, так и лучшей зарубежной селекции.

На федеральном уровне необходимо в первоочередном порядке решить и узаконить принципиальные методологические и технологические вопросы информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий на территории России:

1) функционально-целевое структурирование автоматизированных систем проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) и их базовых элементов, аналитических информационно-справочных систем по оптимизации земледелия и региональных регистров агротехнологий;

2) введение общепринятой системы федеральной классификации агроландшафтов и их базовых элементов (почв, структур почвенного покрова, элементов рельефа, основных режимов функционирования ...);

3) разработка базовых правил, критериев, факторов и основных диагностических параметров агроэкологической оценки и типизации земель;

4) формирование единой рамочной системы метролого-аналитического и информационно-методического обеспечения процедуры проектирования АЛСЗ и агроэкологической экспертизы готовых проектов;

5) формирование информационно-методического обеспечения государственной системы аккредитации организаций разных форм собственности на право проектирования, агроэкологической экспертизы адаптивно-ландшафтных систем земледелия, контроля за их функционированием, аналитических информационно-справочных систем по оптимизации земледелия, а также на право проведения региональной аккредитации в этой области деятельности;

6) создание типовых баз исходных и нормативных данных, основных алгоритмов анализа, интегрирования и интерпретации информации в системах автоматизированного проектирования и оптимизационного моделирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий;

7) разработка типовых форм исходной и нормативной информации, основных информационно-аналитических модулей и результатов анализа в системах автоматизированного проектирования и оптимизационного моделирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий;

8) определение перечня используемых платформ совместимого между собой базового и специализированного программного обеспечения.

Принципиальные методологические вопросы федерального уровня информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий достаточно полно изложены в соответствующих тематических разделах данного Руководства.

Важное значение для развития методологии и нормативного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия имеет агроэколого-геостатистическая систематизация многолетних данных многофакторных полевых экспериментов, результатов географической сети опытов с удобрениями и машинами на территории России и бывшего СССР, обобщенных результатов зарубежных полевых опытов и построенных на их основе нормативных баз данных и агроэкологических компьютерных моделей.

Базовой программной основой («оболочкой») для формирования специализированного геоинформационного обеспечения задач проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем земледелия служат базовые ГИС-приложения и технологические платформы программирования, обеспечивающие удобную визуальную среду для формирования специализированных баз данных, геоинформационных и информационно-справочных систем. Они активно разрабатываются фирмами по производству базового программного и геоинформационного обеспечения.

В свободном доступе на рынке программ имеется большая группа универсальных и специализированных базовых ГИС-приложений, широко используемых для решения различных инвентаризационных и проектных задач землепользования: ArcInfo, MapInfo, IDRISI, LandIS, ILWIS, LORIS и др. (269,278). Они существенно различаются по основной сфере и регионам применения, набору эффективно выполняемых функций и частных приложений, уровню цен и требований к компьютерному обеспечению и квалификации пользователя. Наибольшим спросом пользуются сравнительно недорогие ГИС, обеспечивающие работу в обеих системах координат и удобную конвертацию данных между ними.

Оптимальным вариантом базовой оболочки ГИС для решения разномасштабных землеоценочных, проектных и текущих оптимизационных задач в области адаптивно-ландшафтного земледелия является программа MapInfo. Она характеризуется наилучшим соотношением стоимости базового ГИС-обеспечения, уровня требований, предъявляемых им и к нему – с учетом доступного качества исходных и требуемого качества выходных картографических материалов, реального кадрового и финансового обеспечения работ в современных условиях России. MapInfo хорошо совместима с другими ГИС-приложениями и обеспечивает нормальные условия работы в растровой и векторной системах координат. Она удачно русифицирована и относится к недорогим базовым ГИС-приложениям: базовые версии в пределах 60-70 тыс. руб. Имеет достаточно широкую сеть дилеров и технического сопровождения в России, специализированные приложения для решения основных геоинформационных задач, удобные версии для лицензированного распространения производных продуктов.

Удобным средством формирования специализированных баз данных и информационно-справочных систем (ИСС) для автоматизированного проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем земледелия является технологическая платформа Delphi – визуальная среда программирования в Windows на языке Object Pascal. Delphi широко распространена в России, обеспечивает дружественный интерфейс и удобную систему справок разрабатываемых в ее оболочке программных продуктов. Это делает их легко доступными для эффективного использования профильными специалистами, слабо подготовленными для работы на компьютере. Кроме того, она имеет версии со специальными решениями для лицензированного распространения разработанных на ее платформе продуктов.

В последнее время очень активно развивается перспективная технологическая платформа 1С. В ее рамках уже создаются специальные технологические решения по оптимизации отдельных базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия (63). Значительным плюсом этой платформы 1С является широкое распространение ее приложений по бухгалтерскому и налоговому учету деятельности. Возможно, со временем она получит самое широкое распространение и в области информационного обеспечения инвентаризационно-оценочных задач и технологических решений сельскохозяйственного производства.

12.2. Региональный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий

Информационное обеспечение земледелия на региональном уровне должно носить системный характер и ориентироваться на создание типовых региональных моделей адаптивно-ландшафтного земледелия, районированных по основным природно-сельскохозяйственным и агроэкологическим зонам, подзонам, провинциям и районам, выделяемым в пределах региона.

При разработке и районировании регионального набора основных анализируемых параметров агроландшафта и нормативных материалов для проектирования особую ценность представляют данные многолетних многофакторных полевых опытов. На их основе устанавливаются, проверяются и уточняются количественные взаимосвязи между обеспеченностью пашни агрохимическими ресурсами, рациональной структурой посевных площадей, базовыми севооборотами и системами обработки почв, оптимальными сроками сева и нормами высева различных культур и сортов в территориально и погодно дифференцированных агроэкологических условиях.

На основе многолетних многофакторных опытов и материалов госсортоиспытаний получают наиболее объективные сведения о потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур и сортов, их реальной урожайности и качестве продукции в системах земледелия разного уровня интенсификации (с применением экстенсивных, нормальных, интенсивных и высоких агротехнологий).

Необходимо создание региональных баз данных научных и производственных полевых опытов, проводимых или проведенных на территории региона в научно-исследовательских, опытных, учебных заведениях, включая традиционную сеть агрохимических станций, станций защиты растений, машиноиспытательных станций, пунктов Госсортосети и Гидромета.

По примеру США, это можно делать в зональных НИИ РАСХН и вузах, законодательно (на областном или республиканском уровне) закрепляя за ними дополнительно финансируемую функцию регулярного обобщения в обязательном порядке поступающих к ним результатов всех полевых опытов, проводимых на территории данного региона.

На основе этих материалов должны быть сформированы открытые для широкого пользователя и регулярно обновляемые региональные базы территориально систематизированных и нормативных данных по применяемым в регионе системам севооборотов, обработки почв, удобрений, защиты растений и их эффективности на землях основных агроэкологических групп и видов земель.

Предстоит создание Региональных регистров агротехнологий и сельскохозяйственных машин, региональной нормативной базы эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия, базовых агротехнологий и технологических операций.

Формирование региональных (областных) систем геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий подразумевает выполнение следующих научно-изыскательских и проектных операций:

- ◆ Подбор и оцифровку базового картографического материала – средне-масштабных карт от 1:200 000 до 1: 100 000 (проверку и уточнение имеющихся оцифрованных карт, если такие имеются и доступны);
- ◆ Формирование (уточнение) структуры и заполнение специализированных баз данных по хозяйствам области (региона) – по современным картам землепользования, материалам архивных источников Земкадастра (Земпроекта), статистической отчетности, генерализованным почвенным и агрохимическим картам и картосхемам;
- ◆ Формирование (уточнение) структуры и заполнение специализированных баз агроэкологических данных на уровне региона (требования культур, агроклиматический справочник, нормативные материалы, районированные поправочные коэффициенты и т.д.);
- ◆ Согласование с заинтересованными организациями (АПК, ВУЗы, НИУ и др.) основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации, региональных нормативов и т.п.;
- ◆ Верификация и детализация расчетных алгоритмов и структуры нормативно-справочной информации – с учетом местных особенностей земель региона и агроэкологических требований сельскохозяйственных культур (сортов);

- ◆ Решение технологических вопросов автоматизированного обновления табличной и картографической информации, обмена информацией с сопряженными информационно-справочными системами разного уровня.

Существующий на сегодня опыт разработки базовых элементов областных агрогеоинформационных систем агроэкологического районирования и информационно-методического обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия на территорию Владимирской, Курганской, Курской, Московской, Новосибирской областей позволяет говорить о хорошей перспективе поэтапного создания подобных агрогеоинформационных и аналитических информационно-справочных систем для основных сельскохозяйственных областей России. В идеале они должны обеспечить надежную естественно-научную и информационно-методическую основу для рационального и гибкого районирования типовых региональных систем земледелия и агротехнологий по территории основных агроэкологических районов и микрорайонов края, республики или области, с соответствующим районированием необходимой для этого нормативной базы.

Для каждого из выделенных районов и контрастных по своей характеристике микрорайонов агроэкологического районирования разрабатывается набор типовых систем адаптивно-ландшафтного земледелия – с соответствующим информационным обеспечением нормативно-алгоритмической базы проектирования и локальной оптимизации агротехнологий.

Районирование нормативной базы проводится региональными разработчиками адаптивно-ландшафтных систем земледелия с привлечением и под методическим руководством профильных головных научно-исследовательских учреждений и ВУЗов – с геостатистическим обоснованием и паспортизацией законодательно (на региональном уровне) закрепляемой системы нормативов (на основе базовых картосхем и баз данных региональной агрогеоинформационной системы).

Дальнейшая адаптация региональных и районированных систем земледелия к условиям конкретного хозяйства проводится на локальном уровне информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и адаптации агротехнологий – с использованием региональных аналитических информационно-справочных систем по оптимизации земледелия (РАИССОЗ) – ориентированных на оптимизационные задачи подбора и размещения сельскохозяйственных культур и сортов (в условиях основных агроэкологических групп и видов земель региона), адаптацию гибких элементов агротехнологий к агроэкологическим особенностям земель конкретного агроландшафта и материально-финансовым возможностям хозяйств.

РАИССОЗ ориентируются на решение проектных и оперативных оптимизационных задач земледелия в рамках определенного административного (или природно-хозяйственного) региона, включают рационально запрограммированные алгоритмы оптимизационных решений (учитывающие местную специфику хозяйств и рабочих участков региона) и содержат всю необходимую нормативно-справочную информацию для эффективного ре-

шения проектных и оптимизационных задач в условиях конкретных хозяйств региона и/или инструментарий для ее оперативной корректировки и занесения. При адаптации к условиям конкретных хозяйств на их основе формируются локальные информационно-справочные системы для агроэкологической оптимизации земледелия (ЛИССОЗ).

12.3. Локальный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и адаптации агротехнологий

Формирование специализированных локальных систем геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия подразумевает выполнение следующих научно-исследовательских и проектных операций.

- ◆ Подбор и оцифровку базового картографического материала, уточнение координат основных границ с помощью прибора точного определения координат (например, GPS Garmin – 264);
- ◆ Уточнение структуры и формирование специализированных баз данных – по материалам специальных полевых обследований, почвенных, агрохимических карт, предыдущих землеустроительных и мелиоративных проектов, планов освоения и ведения систем земледелия, агротехнологических карт, книги истории полей и письменного опроса специалистов хозяйства;
- ◆ Верификация, детализация и корректировка специализированных баз данных, имеющих базовое заполнение на уровне региона (требования культур, агроклиматический справочник, нормативные материалы, ...);
- ◆ Оптимизация по согласованию с профильными специалистами хозяйства основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации, местных нормативов и поправочных коэффициентов – для максимальной адаптации системы к условиям конкретного хозяйства;
- ◆ Верификация и уточнение расчетных алгоритмов и структуры организации нормативно-справочной информации с учетом почвенно-агроэкологических и технологических особенностей хозяйства;
- ◆ Формирование компьютерной книги истории полей и рабочих участков;
- ◆ Согласование процедуры обновления и обмена информацией с сопряженными информационно-справочными системами и программами (бухучета, статучета, другими специализированными системами текущего учета, оценки и планирования сельскохозяйственной деятельности – 63,292).

Информационное обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и адаптации агротехнологий на локальном уровне основано на региональных системах информационного обеспечения земледелия (РАИССОЗ), адаптированных к местным условиям хозяйства и агроландшафта.

Типовые локальные информационно-справочные системы для проектирования и оптимизации технологий земледелия (ЛИССОЗ – рис. 8.3.1) предназначены для использования в условиях конкретного хозяйства (заданного

региона) и ориентированы на информационное обеспечение управляющих решений двух типов:

- ◆ оптимизации размещения культур и сортов – с учетом комплексной агро-экологической характеристики земель, материально-технических возможностей хозяйства, климатического и ценового прогноза на год;
- ◆ оптимизации (выбор, корректировка) приемов и способов обработки почв, доз и сроков внесения удобрений и средств защиты растений – при возделывании основных культур в различных условиях конкретных участков.

Нормативно-справочные базы данных (БД) являются специализированной информационной основой для решения оптимизационных задач земледелия. Наиболее важными среди них являются следующие:

- БД по характеристике полей (участков) хозяйства (заполняется на месте);
- БД по требованиям культур к предшественникам (и пред-предшественникам), влаге, теплу и почве (создается для условий конкретной области);
- БД по среднегодовым значениям основных агроклиматических параметров хозяйств области;
- БД с типовыми технологиями выращивания основных культур (сортов);
- БД с нормативами для расчета затрат на выращивание основных культур;
- БД с нормативами экономического эффекта от выполнения ключевых технологических операций и экологического ущерба от нарушения агротехнологий и регламентов экологически безопасного земледелия.

Основные информационно-аналитические модули ЛИССОЗ нацелены на информационное обеспечение ключевых задач земледелия:

- ◆ выбор культуры, оптимальной для условий конкретного участка;
- ◆ оценку расчетной потенциальной урожайности культуры по совокупности прогнозируемых микроклиматических условий данного участка;
- ◆ уточнение расчетной потенциальной урожайности с учетом почвенных, агротехнических и организационно-технологических ограничений;
- ◆ расчет потенциального выноса NPK с расчетным урожаем;
- ◆ корректировку расчетного урожая и баланса NPK – с учетом почвенно-агрохимических ограничений и расчетной рентабельности технологии;
- ◆ выбор и адаптацию базовой агротехнологии к условиям участка;
- ◆ оперативную корректировку выбранной агротехнологии в ходе сезона.

Справочная база данных по характеристике полей и рабочих участков хозяйства (рис.12.1) включает в себя следующие разделы:

- общей характеристики земель (площади полей и рабочих участков, рельеф, привязки к объектам производственной инфраструктуры,...);
- состав почвенного покрова полей и участков (основные и неосновные почвы, почвенные комбинации, их контрастность и сложность границ);
- средние значения основных параметров плодородия почв (заполняются согласно табличной или картографической информацией по полю);
- сведения по предшественникам и их урожайности;

данные по применению удобрений и мелиорантов за последние 3 года (для расчета удобрений) и 10-20 лет (для ведения книги истории полей).

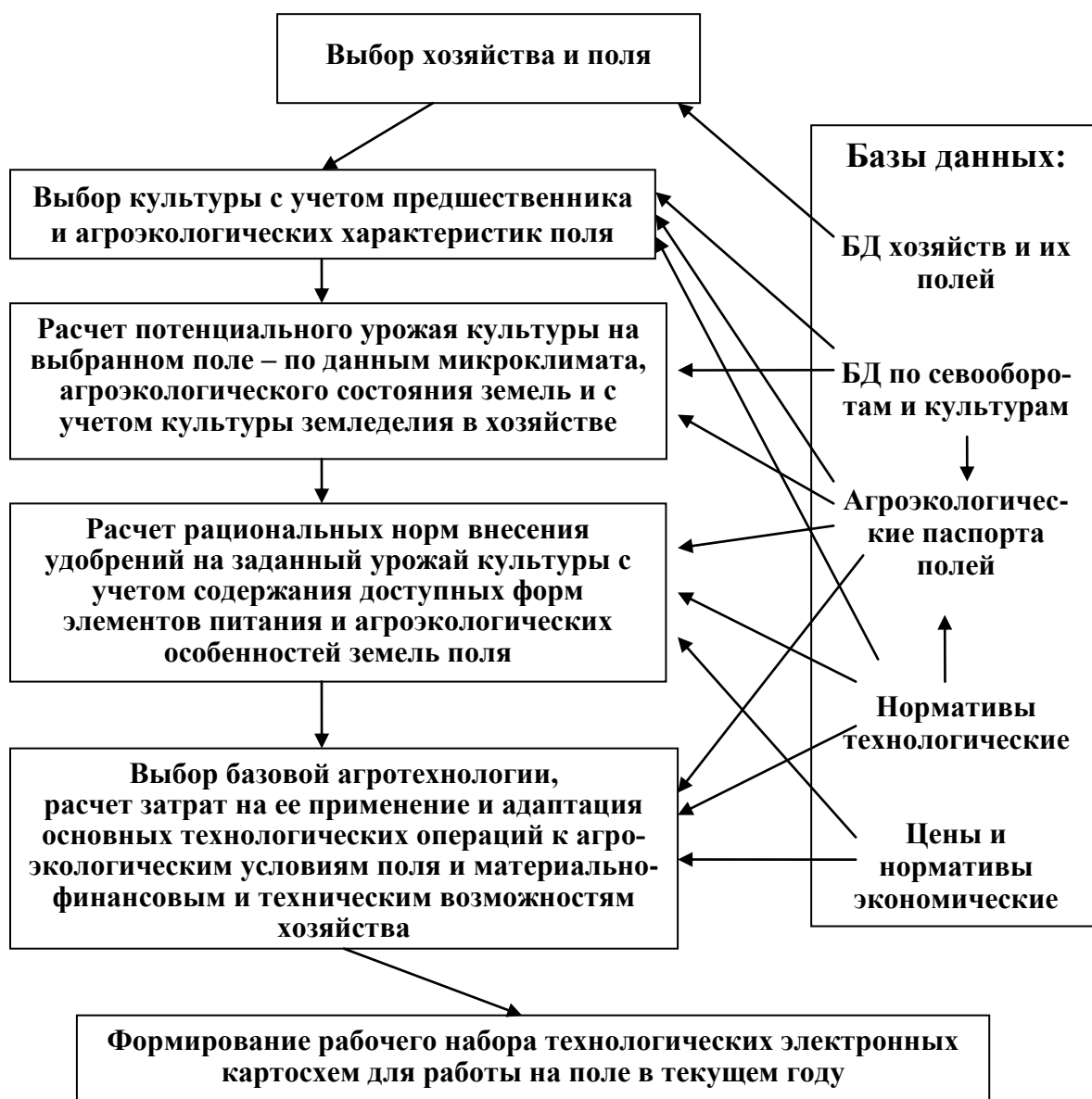


Рисунок. 12.1. Принципиальная блок-схема локальной информационно-справочной системы по оптимизации технологий земледелия (20).

В группу метрических характеристик входят: площадь поля, длина гона, удаление от склада ГСМ, удаление от места переработки или хранения выращенной продукции (“склада урожая”), удаление от склада удобрений, крутизна склонов, экспозиция склонов.

Основная форма ведения паспортных данных по полю включает группу средних значений почвенных параметров. В нее входят:

- ❖ кислотность обменная (рН солевой) и гидролитическая;
- ❖ содержание гумуса и мощность гумусового горизонта;
- ❖ содержание доступных форм фосфора, калия и азота (подсказка высвечивает справочные таблицы корреляций для разных вытяжек);
- ❖ сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями;

❖ бонитировочная оценка пашни.

Начало ввода данных для поля - № 35 (бригада 2)

Вводите паспортные данные для поля - № 35 (бригада 2)

Метрические характеристики поля		
Наименования	Размерн.	Значения
Площадь поля	га	53
Длина гона	км	1.2
Удаление от склада ГСМ	км	3.5
Удаление от склада урожая	км	2.0
Удаление от склада удобрений	км	0.5
Крутизна склонов	град	3.0
Развитие овражной эрозии	км/км	0
Экспозиция склонов (сев.\южн.)	-	южн.

Площади эродированных почв		
	Размерн.	Значения
Слабоэродированные	га	2
Среднеэродированные	га	0
Сильноэродированные	га	0

Вводите сведения о типах почв поля

Задайте число типов почв {1,3}

Выбирайте последовательно тип почвы и вводите ее площадь

Для этого:

- установите курсор на пересечении "Тип почвы - Выбор типа №";
- активизируйте эту ячейку нажав левую кнопку мышки;
- нажмите на кнопку со стрелкой и в появившемся списке типов почв выберите нужный тип
- активизируйте ячейку, соответствующую площади, и наберите величину площади, занимаемую выбранным типом почв.

№	Выбор типа №1	Выбор типа №2
Тип почвы	Черн. типичные	Черн. выщелоченные
Площадь (га)	34	19

Если все типы почв заполнены, нажмите кнопку "ОК"

ОК

Если все характеристики поля на этой странице заполнены, нажмите эту кнопку

Продолжение

Рисунок. 12.2. Начальная форма ввода паспортных данных по полю.

Нормативно-справочная база данных по возделываемым в хозяйстве культурам включает:

- ❖ название культуры,
- ❖ ее период вегетации и фазы развития (даты: начало – конец);
- ❖ калорийность культур, коэффициенты водопотребления;
- ❖ сумма частей в отношении основной продукции к побочной;
- ❖ дифференцированные нормативы выноса и окупаемости NPK;
- ❖ коэффициенты снижения урожайности на эродированных почвах;
- ❖ стандартная влажность культуры по ГОСТу...

Общий информационный модуль по хозяйству содержит данные, общие для хозяйства. В него входят параметры, которые описывают:

- ❖ экономическую составляющую хозяйства;
- ❖ энергообеспеченность – средние суммы температур больше 5 и 10 °С;
- ❖ среднее количество осадков по месяцам и декадам в течение года;
- ❖ константы, используемые для определения ФАР и радиационного баланса в зависимости от суммы температур больше 5°С с апреля по ноябрь.

Картографическое геоинформационное обеспечение ЛИССОЗ включает электронные (цифровые, оцифрованные) карты (тематические слои) рельефа, почв, микроклимата, структуры землепользования, гидрографической сети, транспортной сети, производственной инфраструктуры, населенных пунктов и материалов аэрофотосъемки.

Информационно-справочные базы данных насыщаются большим количеством вспомогательной справочной информации и подсказок, что сводит к

минимуму число возможных ошибок при работе с ними специалистов с минимальным опытом работы на компьютере. Работа пользователя с любой из специализированных баз данных начинается с выбора ее наименования из главного меню баз данных. Затем раскрывается меню выбранной базы, и пользователь выбирает один из режимов работы с ней. В зависимости от выбранного режима работы программа предоставляет пользователю соответствующую форму для просмотра или заполнения. Повышенная лояльность к ошибкам в действиях пользователя достигается встроенной системой внутреннего контроля и значительно упрощает практическое использование информационно-справочных систем (ИСС).