

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А. М. ГОРЬКОГО

С. В. Комов

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ ЧЕЛОВЕКА

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия для студентов естественных
и гуманитарных факультетов, изучающих курсы «Экология»
и «Основы естествознания»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2007

УДК 502.22 (075.8)
ББК 28.081я73-1
К636

Научный редактор и автор вступительной статьи
заслуженный деятель науки Российской Федерации,
профессор В. М. Жуковский

Рецензенты:

научный семинар Института промышленной экологии УрО РАН (уче-
ный секретарь — кандидат технических наук А. Н. Медведев);

А. В. Кружалов, доктор физико-математических наук, профессор
(Уральский государственный технический университет – УПИ)

Комов С. В.

К636 Введение в экологию человека : учеб. пособие / С. В. Комов; науч.
ред. и авт. вступ. ст. В. М. Жуковский. — Екатеринбург: Изд-во Урал.
ун-та, 2007. — 360 с.

ISBN 5-7996-0272-2

Экология человека рассматривается как часть общей экологии, закла-
дывающей основы натуралистической картины мира. Основопологающим
является понятие экологической системы. В рамках данного понятия об-
суждаются энергетические, вещественные и информационные взаимоот-
ношения между человеком и окружающим миром.

Учебное пособие, написанное в рамках экосистемной и ноосферной
парадигм В. И. Вернадского, адресовано студентам, изучающим курс
экологии, специалистам-практикам, а также всем, кто интересуется про-
блемами экологии.

УДК 502.22 (075.8)
ББК 28.081я73-1

Для меня большая честь и огромная ответственность иметь возможность поделиться своими впечатлениями об этой книге и ее авторе. Сергей Васильевич Комов безвременно ушел из жизни, не успев до конца закончить свой фундаментальный труд, и миссия его завершения по воле семьи автора легла на мои плечи.

Весь основной материал, представленный в книге, собран и обработан лично автором, полностью сохранен авторский стиль изложения. На мою долю научного редактора пришлось мелкая правка, вставка недостающих ссылок и рисунков, завершение нескольких последних лекций, но строго в логике авторского изложения.

С. В. Комов — профессор Уральского государственного университета им. А. М. Горького, крупный уральский эколог, ученый, педагог и гражданин, внесший существенный вклад в популяризацию и реализацию идей устойчивого развития человеческой цивилизации на глобальном, государственном и региональном уровнях. Его кругозор, глубокие и содержательные лекции, многочисленные научные публикации, учебники и учебные пособия оставили неизгладимые впечатления в памяти слушателей и читателей — от школьников и студентов до маститых ученых различных специальностей. Безусловно, его многочисленные учебники будут достойны своего Учителя.

С. В. Комов начал свою трудовую деятельность на производстве сразу после окончания средней школы. Он был «рукастым», сообразительным и ответственным юношей. Служил по призыву на флоте, а после окончания службы старшина 2-й статьи С. В. Комов поступил на биологический факультет Уральского государственного университета, который окончил в 1963 г. Вся его дальнейшая жизнь, научная и педагогическая деятельность тесно связаны с биофаком УрГУ, а научные интересы —

с проблемами экологии. Здесь он защитил кандидатскую диссертацию (1969) и прошел свою жизнь по ступеням роста от младшего научного сотрудника, ассистента, доцента до профессора.

В период 1967—1970 гг. С. В. Комов был заведующим биологической станцией, которую построил практически своими руками вместе со студентами, из числа которых им была создана первая добровольная дружина по охране природы. В 1976—1984 гг. он доцент кафедры геоботаники и почвоведения, заведующий кафедрой биогеоценологии и охраны природы, декан биологического факультета (1976—1979), доцент кафедры ботаники и общей экологии, а затем заведующий этой кафедрой (1984—1992) и профессор кафедры экологии с 1997 г.

Сергея Васильевича всегда отличали огромное трудолюбие, блестящие организаторские способности, ответственность за любое порученное дело, широчайший научный кругозор и умение работать с молодежью. Благодаря всему этому он пользовался огромным уважением и авторитетом как в университете, так и за его пределами. Им разработаны и многократно прочитаны более 20 общих и специальных курсов объемом от 20 до 100 часов для студентов биологического, философского, исторического, физического факультетов, факультета политологии и социологии и др., а также заказные лекции для учителей и школьников.

Конец 1960-х и начало 1970-х гг. всколыхнули общественный интерес к экологии, когда рельефно прорисовались негативные последствия разрушения человеком среды своего обитания. Тогда большую роль сыграла международная научная (неправительственная) организация «Римский клуб», основанная Аурелио Печчеи (1968). По заданию этой организации группой молодых выпускников западных университетов под руководством 30-летнего Д. Медоуза был подготовлен доклад «Пределы роста» (1972), в котором была сделана первая в глобалистике попытка количественной оценки процессов, происходящих на планете. В рамках доклада построена модель, описавшая взаимосвязи населения, финансовые потоки, земное пространство, природные ресурсы, производство продуктов питания и загрязнение окружающей среды. Основные выводы прогноза свидетельствовали о реально существующей угрозе экологической катастрофы, раскрывали ее характер, механизм и обосновывали

необходимость разработки в связи с этим коллективных мер, направленных на создание устойчивой мировой системы.

Резонанс от этого доклада в научных кругах и обществе был очень велик. В 1972 г. в Стокгольме состоялась первая конференция ООН, где была принята Декларация об охране окружающей среды. Впервые было сформулировано понятие *экологически ориентированного социально-экономического развития*, создана Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) с целью разработки рекомендаций по наиболее острым экологическим проблемам.

Ученые Уральского государственного университета активно участвовали в разработке концепции экологического образования. В апреле 1974 г. в стенах УрГУ прошли широкие дискуссии о подготовке специалистов в области охраны природы. В них участвовали академик С. С. Шварц, чл.-корр. Б. П. Колесников, профессор (впоследствии академик) А. Т. Мокронос и весь коллектив биофака. Главный итог дискуссии заключался в том, что готовить следует «не охранников природы, а специалистов-экологов университетского профиля, имеющих широкую общенаучную подготовку и способных оказывать соответствующее влияние на всех этапах хозяйственной деятельности человека». Проректору по научной работе профессору А. Т. Мокроносову поручили подготовить по этому вопросу доклад в Министерство высшего и среднего специального образования СССР, а С. В. Комову (тогда еще доценту) — составление учебного плана подготовки экологов университетского профиля. Непрерывная работа в этом направлении Уральского университета и присоединившегося к нему в середине 80-х годов Казанского государственного университета увенчалась открытием в конце 1980-х — начале 1990-х гг. сначала отделения, а затем и первого в стране экологического факультета в Казани. К сожалению, пока не у нас.

С. В. Комов, будучи генератором идей, вовлекал в круг экологических проблем специалистов смежных специальностей, что вело к взаимному интеллектуальному обогащению. Так произошло с математиками. Компьютерный курс «Экология и природопользование» (авторы В. Ф. Шолохович, С. В. Комов, А. Г. Гейн, И. И. Данилина, Е. С. Некрасов) создавался в 1991—1995 гг. и прошел апробацию во многих школах

и высших учебных заведениях. Последняя (переработанная) версия — учебное пособие В. Ф. Шолоховича, А. Г. Гейна, С. В. Комова с соавторами «Основы экологии и природопользования» (2001).

Наша тесная работа с С. В. Комовым началась в конце 70-х гг., когда я сменил А. Т. Мокроносова на посту проректора по науке и возникла необходимость реорганизации университетской науки по программно-целевому принципу. В университете сформировались три крупных целевых программы, охватывающих все естественные и гуманитарные факультеты. В их числе важное место занимала биолого-экологическая программа «Колос». Она включала проблемы биологии растений, животных и человека, изучение механизмов фотосинтеза растений, обитающих в экстремальных зонах. Успешно выводились и включались в севооборот новые сорта клевера и луговых трав. Редкие сорта растений сохранял ботанический сад университета. Ученые университета активно изучали реликтовые леса Урала и способствовали их сохранению. На территории Уральского региона и соседних территориях активно проводились работы по рекультивации техногенных ландшафтов — промышленных, рудных и золоотвалов. Квалифицированный состав преподавателей и научных работников, в том числе докторов наук и профессоров, способствовал успешной работе. Но главным организатором и координатором работ в рамках единых экологических концепций был доцент С. В. Комов.

В апреле 1989 г. по рекомендации председателя Гособразования СССР Г. А. Ягодина Уральский университет посетил американский профессор Д. Медоуз. Здесь он ознакомился с экологическими работами и сам прочитал лекцию «Системное поведение, “мания”-структуры и загрязнение окружающей среды». Основная тяжесть организации приема Д. Медоуза легла на Сергея Васильевича. Благодаря его усилиям лекция была переведена на русский язык и позднее опубликована в журнале «Известия Уральского государственного университета», став широкодоступной.

Начало 90-х гг. XX в. ознаменовалось распадом СССР, сменой политической системы и острыми кризисами во всех областях деятельности, в том числе и в образовании. Труднее всего пришлось гуманитарным и общественно-политическим специальностям. Такие дисциплины, как история КПСС, научный коммунизм, исторический материализм, политэкономия социализма и др., исчезли из перечня. Были объявлены кон-

курсы на новые учебники. Трое единомышленников — С. С. Гуляев, В. М. Жуковский и С. В. Комов — сочли наиболее целесообразным подготовить обширное учебное пособие «Основы естествознания» для гуманитарных направлений бакалавриата. Как показало дальнейшее, нужда в такой литературе была огромной. Знакомство гуманитариев с основами естествознания расширяет их кругозор, придавая ему истинно университетский базис. «Троица» оказалась хорошо сбалансированной. С. А. Гуляев представлял космологию и астрономию, В. М. Жуковский — физикохимию, а С. В. Комов — биологию, экологию и природопользование. Хочу особо отметить заслугу Сергея Васильевича. Его вклад в идеологию подготовки учебника бесценен четкой экологической направленностью. Без его участия учебник сильно бы потерял. Знакомство с десятками позднее вышедших аналогичных учебников, написанных крупными физиками и химиками, но без участия эколога «милостию Божьей», создает впечатление однобокости и неполноты.

Параллельно с работой над «Основами естествознания» С. В. Комов активно трудился над учебным пособием «Введение в экологию», адресованным в первую очередь студентам биологических и экологических специальностей. Вышедшее в свет первое издание (1999) разошлось за два месяца. Второе издание, исправленное и дополненное (2001), тоже стало библиографической редкостью.

В 2004 г. биофаку УрГУ исполнилось 60 лет. Биологический факультет достойно встретил свой юбилей: на факультете вспомнили отцов-основателей и ветеранов, отметили заслуги живущих и работающих, выпустили юбилейный сборник «Мы постигаем логику живого...». Ответственным секретарем редакционной коллегии сборника был С. В. Комов, который полгода копался в архивах университета, чтобы сделать материалы более полными, и привлекал авторов с соседних факультетов, в том числе и автора этих строк.

Последние два года Сергей Васильевич работал над фундаментальным трудом «Экология человека и общая экология», и этот труд был близок к завершению. Еще в период написания «Основ естествознания» у нас с Сергеем Васильевичем сложились дружеские, доверительные отношения. Он обещал, что законченную работу я увижу первым.

Первым я и увидел этот учебник, но не так, как хотел. 24 марта 2006 г. Сергей Васильевич скорпостижно скончался, полный сил и творческих планов. Он не успел до конца завершить свой труд: не были закончены три последние лекции, не все рисунки и ссылки подобраны и вставлены, не завершено окончательное оформление работы. По воле семьи Сергея Васильевича мне пришлось взять на себя большую ответственность за завершение работы над данным учебным пособием, написанным в рамках экосистемной и ноосферной парадигм В. И. Вернадского, который будет еще одним вкладом в науку и образование этого выдающегося эколога, педагога и ученого — Учителя и Человека с большой буквы.

В. М. Жуковский,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор химических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине XX в. слова «экология», «экологическая катастрофа», «экологический кризис» не исчезают со страниц газет и журналов, звучат в выпусках радио- и теленовостей, в устах обывателей и политических лидеров любых направлений. Чаще всего с этими понятиями связывают неразумную деятельность человека в отношении энергетических, минеральных, водных, лесных и других природных ресурсов, приводящую к изменению окружающего нас мира. Можно услышать и такие выражения, как хорошая экология, плохая экология, экология души, семьи, города и т. д.

Так что же такое экология? Что стоит за этим понятием: какая-то конкретная наука, способная дать ответ на все вопросы, или нечто такое, что, не являясь наукой, в то же время объединяет огромный круг проблем и задач, стоящих перед человечеством в настоящее время? Это крайние точки зрения, противопоставляемые друг другу и поэтому чаще всего отвергающие друг друга. Почему экология, а не физика, химия, биология, география или история привлекает внимание всего человечества?

Прежде чем дать ответ на эти и другие подобные вопросы, следует рассмотреть истоки экологии, освоить научный аппарат: факты, обобщения, правила, законы, гипотезы, теории, концепции, которыми оперирует экология, и тогда можно судить о ее возможностях в решении проблем, стоящих перед современным человечеством.

Зародившись в недрах биологии, экология с самого начала вела достаточно обособленную жизнь, что интуитивно отмечалось биологами в форме разделения биологии и экологии в названиях научных трудов (например, «Биология и экология зайца-беляка» и т. п.). Включив в сферу своих интересов человека, чьи взаимоотношения

с окружающим миром исключительно разнообразны ввиду опосредования их через производственную, социальную, духовную сферы, поле применимости концептуальных установок экологии чрезвычайно расширилось. К таким классическим разделам, как экология растений, экология животных, экология микроорганизмов, прибавилась экология человека, отдельные подразделы которой, построенные на анализе частных аспектов связи этого вида со своим окружением, и порождают неисчислимо количество новых «экологий».

Учение о биосфере В. И. Вернадского, сформулированное вне рамок внутренней логики развития экологии и выступающее как концептуальный прорыв в науке XX в., стало ее главной концептуальной основой.

Логическим следствием развития теории биосферы является формирование в настоящее время ноосферной парадигмы. Представление разума как биотической компоненты экологической системы позволяет рассматривать процесс стратегического развития человеческого общества в едином ключе с общей функцией («общим делом») всего живого вещества планеты. Философская, методологическая, теоретическая неразработанность проблемы характеристик разума затрудняет формирование теории ноосферы. Приходится идти эмпирическим путем, выдвигая такие лозунги, как «устойчивое развитие», «экологически чистое развитие», «развитие без разрушения», «совместное развитие» и т. п. Автор убежден, что попытки реализовать эти лозунги без анализа концептуальных установок экологии приведут к еще большей деградации окружающего нас мира и самого человечества.

ЛЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЯ КАК ОБЛАСТЬ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Появление термина «экология» и его содержание. — Определение экологии как науки. — Предмет и метод экологии. — Экологические взаимодействия и их описание. — Структура современной экологии. — Разнообразие современных экологий и основные точки увеличения их количества. — Общественный интерес к экологии, и ее возможности для устранения основных причин экологического неблагополучия современного мира

...Настоящим подтверждается: экология — это то, чем занимаюсь я, но не занимаешься ты...

Содержание, предмет и метод экологии

Слова, приведенные в эпиграфе, родились в Варшаве на рабочем совещании по вторичной продуктивности экосистем в 1965 г. Под ними подписались многие крупнейшие экологи того времени. Как отмечал участник совещания академик С. С. Шварц, «...это, конечно, шутка, но она содержит вполне серьезную тревогу о дальнейшем пути развития экологии: предмет и метод экологии должны быть определены более четко и строго, чем в настоящее время». Прошедшее время не уменьшило, а скорее усилило тревогу — появилось множество различных экологий: глобальная, промышленная, сельскохозяйственная, медицинская, социальная и т. д. Каждая из них стремится определить свой предмет исследований и формирует собственный понятийный аппарат, чаще всего заимствованный из тех областей знания, название которых стоит перед словом «экология».

Для того чтобы понимать настоящее и предвидеть будущее, необходимо хорошо знать прошлое. Вот как об этом писал В. И. Вернадский:

История науки и ее прошлого должна критически составляться каждым научным поколением, и не только потому, что меняются запасы наших знаний о прошлом, открываются новые документы или находят новые приемы восстановления былого. Нет! Необходимо вновь научно перерабатывать историю науки, вновь исторически уходить в прошлое, потому что благодаря развитию современного знания в прошлом получает значение одно и теряет другое. Каждое поколение научных исследователей ищет и находит в истории науки отражение научных течений своего времени. Двигаясь вперед, наука не только создает новое, но неизбежно переоценивает старое, пережитое. Уже поэтому история науки не может являться безразличной для всякого исследователя. Натуралист и математик всегда должны знать прошлое своей науки, чтобы понимать ее настоящее. Только этим путем возможна правильная и полная оценка того, что добывается современной наукой, выставляется ею как важное, истинное или нужное¹.

Экология как наука формировалась в системе биологического знания. Э. Геккель в 1866 г. определил сферу этой области знаний как «изучение всех сложных взаимоотношений, которые Ч. Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование». Р. Штауфер (1910), внимательно изучивший работы Ч. Дарвина, в том числе и неопубликованные, пришел к выводу, что на его экологические воззрения большое влияние оказали работы Ч. Лайеля, который в свою очередь находился под влиянием диссертации К. Линнея «Экономика природы» (1749). Вывод Р. Штауфера сформулирован в следующих словах:

...В очерках Линнея мы находим первичное, но исполненное смысла представление об экологии, изложенное в духе XVIII в. Хорошо известные темы, изложенные в примитивной форме у К. Линнея, снова повторяются Лайелем, а затем преобразуются Дарвином для живых существ в его теории эволюции. Экономия природы представлена в виде циклов распространения, сохранения и разрушения. Равновесие популяций поддерживается природой посредством контроля над увеличением численности, обязательно включающего борьбу за существование. Наивная теология Линнея уступила место агностицизму

¹ Вернадский В. И. Избранные труды по истории науки. М., 1981. С. 218.

Дарвина, но фактическое содержание и значение экологии как науки возросло².

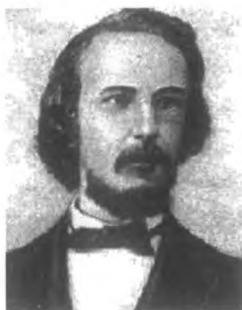
Исследование Р. Штауфера позволяет сделать вывод, что попытки осознать научное содержание экологии предпринимались и до Э. Геккеля. Оксер (1959) показал, что и сам термин «экология» применялся еще до Геккеля. Так, в письме Г. Д. Торо, адресованном 1 января 1858 г. своему родственнику и впервые опубликованном в 1958 г., сказано: «Мистер Гоар все еще в Конкорде, занимается ботаникой и экологией, намереваясь поселиться в наиболее для него подходящей части страны»³. Сказанное не умаляет заслуг Э. Геккеля, т. к. благодаря ему понятие получило широкое распространение. И, самое главное, им впервые достаточно отчетливо был сформулирован предмет этой науки — изучение взаимосвязей живых организмов с окружающим миром.

После Э. Геккеля началось, хотя и достаточно медленное, внедрение экологии в научную практику. В самом конце XIX в. и первые годы XX в. ботаники К. Шретер (1896) и О. Кирхнер (1902) вводят понятия аутэкологии и синэкологии. В 1913 г. в США опубликована первая сводка по экологии, содержащая многочисленные факты, обобщения, библиографию в 500 наименований. Ее автор, Ч. Эдамс отмечал: «...может показаться, что биология и экология являются синонимами. Но в дальнейшем становится видно, что экология имеет дело с фундаментальной биологической проблемой — отношением организмов к их среде». Все дальнейшие попытки определить предмет экологии, предпринятые исследователями разного ранга, так или иначе вращаются вокруг разных аспектов взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды. Приведем лишь некоторые из них:

Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей средой, как органической, так и неорганической,

² Цит. по: Ушман Г. Определение Эрнстом Геккелем понятия «экология» // Очерки по истории экологии. М., 1970. С. 11.

³ Цит. по: Там же. С. 19.



Эрнст Геккель
(1834—1919)



Чарльз Эдамс
(1837—1931)

и прежде всего — его дружественных и враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология — это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование.

Э. Геккель (1866)

Экология рассматривает не только отношения между организмами в сообществе, состоящем из разных видов, но также и отношения каждого вида к окружающей его среде как к целому и к каждому из условий, которые составляют среду.

В. Шелфорд (1929)

Основная задача экологии — изучение популяций и динамики их численности.

Ч. Элтон (1930)

Содержанием экологии является изучение взаимоотношений организма (вида) со средой его обитания, изучение приспособлений и противоречий между особенностями вида и элементами этой среды, именуемыми факторами.

Д. Н. Кашкаров (1938)

Взаимодействие организмов со средой изучается каждой биологической наукой в своей области. Экология имеет дело лишь с той ее стороной, которая обуславливает развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику образуемых ими популяций отдельных видов и, наконец, структуру и динамику сообществ разных видов.

Н. П. Наумов (1963)



Даниил Николаевич
Кашкаров (1878—1941)



Виктор Шелфорд
(1877—1968)

Предмет экологии — это совокупность или структура связей между организмами и их средой.

Ю. Одум (1975)

Экология — это наука, подводящая фундамент под естественную историю и вместе с тем пытающаяся ее объяснить.

М. Бигон (1989)

Еще несколько современных определений экологии:

- часть биологии (биоэкология), изучающая отношения организмов (особей, популяций, биоценозов и т. п.) между собой и окружающей средой; включает экологию особей (аутэкология), популяций (популяционная экология, демэкология) и сообществ (синэкология);
- дисциплина, изучающая общие законы функционирования экосистем различного иерархического уровня;
- комплексная наука, исследующая среду обитания живых существ (включая человека);
- область знаний, рассматривающих некую совокупность предметов и явлений с точки зрения субъекта и объекта (как правило, живого или с участием живого), принимаемого за центральный в этой совокупности (это может быть и промышленное предприятие);
- исследование положения человека как вида и общества в экосфере планеты, его связей с экологическими системами и меры воздействия на них.

Н. Ф. Реймерс (1990)

Столь обширное перечисление определений лишь в небольшой степени отражает то разнообразие взглядов на экологию, которое

существует после Э. Геккеля. В определениях последнего времени в область экологических исследований включают также человека, что и отразил Н. Ф. Реймерс в своей попытке систематизировать существующие подходы. Удивительно не само это разнообразие определений, а то, что в основе каждого из них лежит та или иная интерпретация мысли, сформулированной Э. Геккелем.

Неудовлетворенность геккелевским определением экологии связана с расширением ее поля деятельности, идущим в двух направлениях.

1. Включение в систему природных закономерностей человека как экологического фактора, отличающегося сильно выраженной комплексностью действия как на биоту, так и на косную материю. Антропогенное воздействие настолько своеобразно, что дает основу формирования целой серии наук, таких как геоигиена, социальная экология и т. д., где дается своя трактовка понятия экологии.

2. Включение в экологию учения о биосфере как предельного представления Земли в виде экосистемы, что сразу же дает основания расширить экологию до науки о строении и функциях природы в целом.

Оба направления в конечном итоге сливаются в сформулированном В. И. Вернадским представлении об эволюции биосферы в ноосферу, где антропогенный фактор является решающим. Важно то, что расширение поля деятельности экологии не меняет принципиально сути определения, данного Э. Геккелем. Поэтому, возможно, и не стоит больше изощряться в попытках уточнения того или иного аспекта экологии, а принять геккелевское определение, сформулировав его в более отчетливой форме:

Экология — наука, изучающая взаимоотношения живых организмов (включая человека) с окружающей их средой.

Из определения следует, что в экологии любые природные тела, процессы, явления всегда представлены в виде двух (как минимум) взаимодействующих частей — живого и его окружения. А. Тэнсли

в 1935 г. предложил называть это единство экологической системой⁴.

Можно считать, что с этого момента в экологии появилось основное понятие, по своему значению равное понятию вида в биологии, ландшафта в географии, атома в физике, молекулы в химии. Особенности этого понятия, следствия, вытекающие из представлений природных тел, процессов, явлений в виде экологической системы, имеют исключительное мировоззренческое значение и будут рассмотрены в лекции 2.



Артур Тэнсли
(1871—1955)

Становление экологии как науки шло и под прямым влиянием чисто практических задач, направленных на решение таких проблем, как

- массовое размножение вредителей сельскохозяйственного производства и разработка методов борьбы с ними;
- повышение производительности пушного промысла;
- создание лесозащитных полос в степи;
- инвентаризация ресурсов животного и растительного мира, почв.

Каждая из этих проблем начинала разрабатываться в пределах своей науки — ботаники, зоологии, почвоведения, микробиологии, и на определенном этапе накопления знаний происходило оформление отдельной науки. Так появились лесоведение, луговедение, болотоведение, охотоведение и т. д. Все эти науки имеют ярко выраженный экологический аспект, т. к. в них доминируют сведения о взаимосвязях отдельных групп живых организмов с окружающей их средой. Практические задачи, связанные с резким изменением окружающей человека среды как результатом его производствен-

⁴ См.: *Tansley A. G. British ecology during the past quartercentury and the ecosystem // J. Ecol. Vol. 27, nr 2.*

ной деятельности, оформились в виде проблем охраны природы и вследствие глобальности своих проявлений выдвинули экологию в разряд общественно значимых наук.

Представления о биосфере составляют методологическую основу современной экологии. Сформировалось это учение вне рамок экологии и является самым крупным научным достижением XX в. Выдающиеся открытия: расщепление атома, расшифровка генетического кода, освоение космического пространства и т. д., — сделаны в рамках физической картины мира и не требуют смены мировоззренческих установок, являясь по своей сути техническим прорывом в этой картине мира.

Величие учения о биосфере состоит в том, что она закладывает основу новой универсальной картины мира, возвращая в нее живое как обязательный компонент мироздания.

Становление учения о биосфере связано с именем выдающегося российского ученого Владимира Ивановича Вернадского (1863—1945). Ему удалось интегрировать представления:

- о пространстве и времени в живой и неживой природе;
- веществе и энергии космоса, Земли, микромира;
- структуре, функциях и свойствах живого вещества;
- роли человека и общества как геологической силы;
- научной мысли как планетном явлении;
- преобразовании биосферы в ноосферу.

Можно с полной уверенностью говорить, что человечество в учении о биосфере имеет естественно-научную основу сохранения и развития нашей планеты. (Учению о биосфере посвящена отдельная лекция.)

Изучающие природу науки (геология, география, биология, физика, химия) ставят на первое место задачу познать, как устроен мир. Экология в рамках этого общего вопроса выделяет для себя один аспект — изучение взаимодействий частей, на которые можно разделить весь мир и отдельные природные тела, процессы, явления. Из определения экологии как науки следует, что она не претендует на изучение любых взаимодействий, а интересуется лишь

одним из них — взаимодействием живого со своим окружением. Поэтому

предметом изучения в экологии являются взаимодействия живого на разных уровнях его организации с соответствующим уровнем представления окружающего мира.

Амбициозность экологии как науки есть следствие ее предмета исследований, т. к. разделение мира на живой и косный является первым выделением самых крупных его частей, а связи между ними суть первые (начальные) экологические взаимодействия. Можно выделить пять основных ступеней анализа и синтеза экологических взаимодействий (рис. 1.1).

• **Первая ступень** характеризуется осознанием различия между живой и косной материей, и следовательно, появлением необходимости обозначить границу между ними. На этой ступени формируются исходные посылки в целевых установках биологии и экологии: биология ищет различия между живым и косным миром, а экология — сходство, т. к. ее интересует не строение и функционирование живого, а взаимные связи между живым и его окружением. Реализация жизни как свойства материи на нашей планете в виде геологической оболочки — биосферы — позволяет считать ее предельным для Земли, самым общим проявлением экологических взаимодействий и может быть записано в форме следующего отношения:

биосфера = живой мир ↔ косный мир.

• **Вторая ступень** формирования представлений об экологических взаимодействиях связана с процессом выделения из животного мира и обособлением одного из биологических видов — человека. По мере накопления сведений об окружающем мире и себе самом человек начинает все более дробить окружающий мир и себя самого на отдельные природные объекты (тела, процессы, явления) от крупных природных образований (например, суша, океан, атмосфера, литосфера и т. д.) до квантовых представлений об устройстве мира. Соответственно выделяются и оформляются различные



Рис. 1.1. Ступени экологических взаимодействий человека и мира

частные проявления экологических взаимодействий, которые в достаточно общем виде можно свести к трем основным типам:

живой мир ↔ косный мир;

живой мир ↔ живой мир;

человек ↔ человек.

Экология как наука формировалась, преимущественно подвергая анализу первые два типа отношений. Экологические взаимодействия человека разрабатывались в гуманитарной области знания, где для этой цели создан собственный понятийный аппарат, в рамках которого и производилось описание выявленных отношений.

• Третья ступень связана с деятельностью человека, его непрерывным конструированием своих отношений с окружающим миром и их совершенствованием как в теоретическом, так и в практическом плане. Эта область выделения и оформления наибольшего количества экологических взаимодействий, выраженных в разных формах отношений с природной средой, а также в виде общественных (социальных, производственных, семейных, духовных и т. д.) отношений. В общем виде их можно представить в виде трех основных типов:

человек ↔ косный мир;

человек ↔ живой мир;

человек ↔ человек.

Можно сказать, что эти отношения составляют основу экологии человека как одной из частных экологий биологических видов.

Сведения об окружающем мире человек получает через свои анализаторы — тактильный, обонятельный, вкусовой, звуковой, зрительный. Закодированные в нервных импульсах, они поступают в головной мозг, где происходит их расшифровка и перекодировка. Структурная и функциональная асимметричность головного мозга человека создает возможность реализации всего спектра вариантов представлений об окружающем мире — от предельно дифференцированного на части (системное представление) до восприятия мира как единого континуума.

Становление современного цивилизованного мира связано с реализацией главного идеологического лозунга «Обогащайтесь!».

Под этим лозунгом на протяжении тысячелетий человек интенсифицировал все типы экологических взаимодействий — от увеличения прямого воздействия на свою среду обитания в виде развития и совершенствования промышленного и сельскохозяйственного производства, сферы распределения до изменения форм общественных (управляющих) отношений (от родового строя до идей золотого миллиарда и глобализации современного мира). В XX в. системное представление природных тел, процессов, явлений становится абсолютно доминирующим в научных исследованиях и практической деятельности людей цивилизованного мира. Образное отражение отходит на второй план, и с ним не связывают будущее человечества, хотя именно оно, по всей вероятности, лежит в основе формирования языка (букв, слов, выражений) и количественного выражения отношений (цифр) как символического отображения образов внешнего мира.

- Четвертая ступень отражает необходимость нового научного синтеза представлений об единстве живой и косной материи. Прежний был сделан натурфилософами античного мира. Современный период характеризуется значительным разнообразием философских систем, религий и вероисповеданий, научных гипотез и теорий, пытающихся каждая по-своему разрешить главную проблему: в чем сущность единства живого и косного мира? Экология как ветвь научного знания также стремится внести свою лепту в решение этой проблемы.

- Пятая ступень может рассматриваться как предел синтеза знаний в рамках разделенного на живой и косный единого целостного мира. Понимание неразделенного мира выходит за рамки экологических взаимодействий и, видимо, может быть основой возможного космоземного мировосприятия. Это дело будущего, как следующего этапа ноосферной парадигмы. Понимание разнообразия проявления разума на Земле и в космосе, установление контактов с ними есть отправной момент перехода к этому этапу.

Выделенные ступени проявления экологических взаимодействий не следует рассматривать как последовательные этапы единого процесса, т. к. все они присутствуют одновременно в любой момент существования человеческого общества. Предложенная схема есть

информация к размышлению и призвана показать место экологических взаимодействий в структуре человеческого знания и наметить точки соприкосновения экологии с философией, религией, искусством и другими областями научного знания, а также с практической деятельностью человека. Каждый может провести дальнейшую детализацию любой ступени в зависимости от своих научных, религиозных, философских, практических интересов.

Взаимодействие может быть описано в энергетической, вещественной, информационной формах.

Описание экологических взаимодействий в энергетических единицах считается в современной экологии предельным их выражением. Требование выражать в конечном итоге все взаимодействия в энергетической «валюте» означает для экологии необходимость привязки к солнечной постоянной, что не всегда удобно.

Вещественный аспект требует учета всех видов фазового состояния вещества (твердое, жидкое, газообразное), через которые и осуществляется процесс взаимодействия. Это наиболее интенсивно разрабатываемое направление в экологии ввиду возможности проводить относительно простые измерения.

Информационный канал описания экологических взаимодействий находится в стадии становления. Неопределенность самого понятия информации, его тесная связь с живым веществом и энергетическим аспектом затрудняют быстрое накопление необходимого знания для эмпирических обобщений. В будущем, возможно, именно этот аспект станет главным, а энергетический и вещественный будут выступать как формы его реализации.

Познать взаимодействие — значит выяснить, какие изменения произошли с объектами, вступившими во взаимодействие, сравнить их состояние до и после взаимодействия. Это сравнение заключается в выяснении следующих вопросов:

— Какие объекты (тела, процессы, явления) вступили во взаимодействие?

— Какими видами энергии, вещества, информации и в каком количестве они до этого обладали?

— Сколько энергии, вещества, информации (по каждому виду в отдельности) убавилось у одного и прибавилось к другому, т. е. какие произошли изменения с объектами?

— Какие новые свойства приобрели объекты в результате взаимодействия?

Для экологии реализация этих общих положений изучения любых взаимодействий означает необходимость четкого выделения структурных уровней организации живой материи и соответствующего им окружающего мира, который может выступать в виде различных проявлений как косной, так и живой материи. Другими словами, взаимодействие живого с живым также является предметом интересов экологии, выступая как частный случай общих экологических взаимодействий.

Необходимость знаний об объектах, вступивших во взаимодействие, оборачивается для экологии необходимостью по своему усмотрению распоряжаться накопленным знанием не только в биологии (при выделении уровней организации живой материи), но и во всех остальных областях человеческого знания, занимающихся с точки зрения экологии изучением окружающего живые организмы мира. Поэтому нет ничего удивительного в том, что экологу приходится «пасть» на полях знаний других наук, трансформируя и приспособляя их для своих нужд.

Для решения своих конкретных задач экология использует весь арсенал методов, разработанных в разных областях человеческого знания — физике, химии, геологии, географии, биологии, гуманитарных науках. Ей нет нужды придумывать какие-то свои особые методы, т. к. уровень научной проработки большинства областей человеческого знания вполне достаточен для изучения экологических взаимодействий. В будущем, когда человечество в полной мере осознает уникальность экологических взаимодействий, экологии придется определять как общий ход научного поиска, так и его нравственные критерии. В этом случае возможно появление специфических методов изучения экологических взаимодействий.

Несколько особое место в структуре методического обеспечения экологии занимает метод моделирования. Модель в естествознании всегда выступает как обобщение. В сущностной трактовке модели как формы знания выделяют две точки зрения.

1. Модель как форма мышления. Мыслительная деятельность человека рассматривается как процесс непрерывного форми-

рования и изменения моделей связей с окружающим миром. Эта точка зрения интересна для экологии при разработке теории ноосферы, где мысль рассматривается как характеристика живой компоненты экологической системы.

2. Модель как описание объектов на языке специальных терминов. Данная точка зрения позволяет подойти к деятельностному определению понятия модели, а следовательно, и к практическому его использованию.

Модель есть целостное представление объекта, состоящего из взаимосвязанных частей и в чем-то подобное оригиналу.

В рамках этого определения все разнообразие моделей можно разделить на две группы — натурные и идеальные.

Класс натуральных моделей используется тогда, когда легче сделать уменьшенную или упрощенную копию реального объекта и провести на ней все необходимые наблюдения, чем использовать расчетные методы (например, модели плотин, самолетов, автомобилей и других технических устройств; ботанические сады, зоопарки, аквариумы и т. п. также можно рассматривать как соответствующие натурные модели природных объектов).

Класс идеальных моделей также можно разделить на две группы — концептуальные и знаковые. К первым следует отнести описательные, картографические, фотографические и т. п.; ко вторым — логические и математические.

Для решения экологических задач используется весь набор моделей, т. к. во многих случаях построение модели есть единственный способ получения удовлетворительного результата.

В рамках разрешения экологических взаимодействий модель выступает 1) как средство решения, 2) источник новых задач, 3) источник задач и средство их решения одновременно.

К настоящему времени разработано несколько десятков экологических моделей мира будущего, значительное число экологических моделей отдельных регионов. Для решения местных, локальных экологических проблем метод моделирования используется незначительно, ввиду его большой трудоемкости по сбору необходимого материала для построения модели.

Структура современной экологии

Современная экология представлена большим количеством разных экологий. Заниматься систематизацией их не имеет смысла, т. к. нельзя охватить все разнообразие связей живой материи с окружающим миром. Возможность принимать за исходную точку отсчета при анализе экологических взаимодействий живое или его окружение (живое или косное) есть основная причина появления большого разнообразия экологий. Можно выделить три основных точки роста различных экологий:

1. Организация живой материи на Земле как основа появления различных экологий. Все живое на Земле представлено четырьмя царствами: растения, животные, грибы, микроорганизмы. Исторически первыми появились экология растений и экология животных, затем к ним добавились экология грибов и экология микроорганизмов. Каждое из царств представляет совокупность биологических видов, которые могут объединяться в различные надвидовые группы: классификационные (род, семейство, класс, отряд, тип), территориальные (сообщества, биоценозы). Для экологии это означает появление экологий отдельных видов, родов, семейств, классов, отрядов, типов.

Объединение видов в сообщества (биоценозы), выступающее как некое единое целое, приводит к появлению экологий отдельных типов такого объединения. Например, экология отдельных типов леса, лугов, болот, степей, тундр и т. п. На основании такого представления живой компоненты в экосистеме сложился раздел общей (совместной) экологии под названием *синэкологии*.

Биологический вид имеет сложную внутривидовую структуру: подвид, раса, популяция, внутривидовые структуры. В настоящее время считается, что основной внутривидовой структурой является популяция, выступающая как элементарная единица существования, адаптации и эволюции вида. Перестройка в XX в. всего биологического знания на популяционной основе сформировала и популяционную экологию со своим кругом обобщений и решаемых задач.

Живое непосредственно вступает во взаимодействие с окружающим миром в форме биокосного образования — организма (одного или многоклеточного). На основе анализа взаимодействий отдельных организмов разных видов сформировалась **а у т э к о л о г и я**, что в переводе означает «сама экология».

Организм любого биологического вида представляет собой образование, состоящее из взаимосвязанных и соподчиненных элементов, взаимоотношения которых достаточно жестко детерминированы их функционированием в качестве целого. Использование при анализе взаимодействий организма с окружающим миром характеристик его структурных и функциональных уровней организации приводит к появлению соответствующих экологий, таких как экология клетки, физиологическая экология и т. п.

Для того чтобы не растеряться перед таким обилием существующих и возможных экологий, когда за основу их выделения принимаются какие-либо уровни представления живой материи, необходимо иметь в виду, что для каждой такой экологии существует свой круг решаемых практических задач. Например, для предельного представления всего живого в виде биоты это будут глобальные проблемы, охватывающие всю Землю. При использовании понятия биологического вида круг ограничивается проблемами, связанными с использованием и сохранением отдельных видов. Организм и его характеристики структурных и функциональных уровней, используемые для анализа взаимодействий с окружающим миром, позволяют решать задачи связанные с индивидуальной реакцией отдельных организмов.

2. Использование в качестве начальной точки отсчета для анализа экологических взаимодействий характеристик косного окружения живого приводит к появлению нового ряда экологий. Основанием для их выделения становятся в первую очередь структурные компоненты земной поверхности. Так появляются экологии океана, морей, рек, стоячих и проточных водоемов, водохранилищ, пустынь и т. п. Эти экологии нацелены на решение территориальных экологических проблем, в рамках которых определяется и судьба отдельных видов.

3. Взгляд на человека как точку отсчета в формировании еще одного ряда экологий связан с его ярко выраженным разносторонним воздействием на окружающий мир через посредников, в качестве которых выступают промышленное и сельскохозяйственное производство, сфера обслуживания, армия и другие структуры. Так появляются промышленная и сельскохозяйственная экологии, экология города, медицинская экология, экология природопользования и др.

Интерес общества к экологии напрямую связан с ухудшением состояния окружающей человека среды, отчетливо проявившегося во второй половине XX в.

Осознание значимости экологии как науки для решения возникших перед человечеством проблем шло через конкретные природоохранные мероприятия 1950—1960-х гг.: строительство очистных сооружений и замкнутых систем водообеспечения на фабриках и заводах, осушение крупных массивов болот, строительство гигантских водохранилищ на равнинных реках и т. п. рассматривалось тогда как благо, но порождало новые, иногда еще более сложные проблемы в отношениях человека с окружающим миром.

В 1977 г. на межправительственной конференции ЮНЕСКО в г. Тбилиси премьер-министры стран, входящих в эту организацию, сформулировали две основных причины экологического неблагополучия современного мира:

- ошибочность этической концепции отношений между человечеством и природой;
- ослабление в результате весьма развитого позитивизма единого характера научного видения реальности.

С этого времени стало очевидно, что человечеству предстоит огромная работа по пересмотру и изменению своих отношений как внутри своего вида, так и с окружающим миром. Сделать это без философской, методологической и теоретической разработки невозможно. Стало понятно, что из почти 15 тыс. современных наук только экология в рамках биологического знания давно занималась такими проблемами, решая их для конкретных видов животных и растений. На нее и стали смотреть как на теоретическую основу при-

родоохранных мероприятий. Процесс продолжается и в настоящее время.

Постепенно идет и осознание уникальности экологических взаимодействий как единственно определяющих универсальность мироустройства и потому меняющих принятую научную картину мира.

Экологические взаимодействия вводят в картину мира живое как обязательный элемент мироздания.

Вместе с живым появляется необходимость вводить нравственные критерии в научные представления и практическую деятельность. Таким образом, оказывается, что экология прямо связана с устранением обеих причин экологического неблагополучия современного мира. Способна ли она справиться с такой задачей? Чтобы ответить на это, надо рассмотреть вопрос о знаниях, которые необходимы для успешного решения экологических проблем.

Пути решения экологических проблем

Крайняя неэкологичность основных технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве, выражающаяся прежде всего в большом количестве отходов, грандиозные планы переделки природы (Великий сталинский план преобразования природы 1950—1970 гг., план поворота северных рек на юг, повсеместная мелиорация и т. д.), реализованные даже частично, привели к ситуации экологического кризиса, близкого к катастрофе, в большинстве районов нашей страны и сформировали убеждение, что все это — следствие незнания экологических закономерностей. И если проектировщиков, управленцев, строителей ознакомить с этими закономерностями, то они будут принимать экологически обоснованные решения. Действительно, в подготовке инженерно-технических работников цикл общенаучных дисциплин представлен чаще всего только физикой и химией, а геолого-географические и биологические науки отсутствуют. Экология в силу своей межпредметности может в какой-то степени ликвидировать данный пробел

в образовании и тем самым повлиять на мировоззренческие основы, в рамках которых принимаются проектировочные, инженерные, управленческие решения. Однако истоки сложившейся ситуации лежат значительно глубже.

На протяжении последних 200 лет формирование мировоззрения строится на физической картине мира, в которой живое как обязательный элемент мироздания не признается. Поэтому разрабатываемые технологии, конструкции машин и механизмов, экономические, политические, социальные решения, принимаемые в рамках этой картины мира, рассматривают живое, а следовательно, и человека как досадную помеху, с которой часто можно и не считаться. Именно здесь начало наших загазованных цехов, нелепых операторских рабочих мест, рыбоподъемников (там, где нет хода рыбы), «хрущоб» и т. д. Для решения экологических проблем использование естественно-научных знаний должно быть осуществлено в рамках другой картины мира. Об этом еще в начале века говорил В. И. Вернадский:

Можно видеть в представлениях человека о космосе два синтеза, по существу совершенно разных, находящихся на разных стадиях своего развития и едва ли совместимых между собой.

С одной стороны — отвлеченное представление физика или механика, где все сводится в конце концов на немногие, нашими органами чувств и даже нашим сознанием не охватываемые в образной форме представления об эфире, энергии, квантах, электронах, силовых линиях, вихрях или корпускулах. В сущности, этот мир космоса дает нам совершенно чуждое, нас не трогающее впечатление и, очевидно, представляет схему, далекую от действительности даже тогда, когда мы превратим его в своеобразный хаос движущихся без порядка частей, или, наоборот, в своеобразную машину, регулируемую мировым разумом или той или иной формой божества. Эта абстракция является удобной формой научной работы, входит в научное мировоззрение, но не охватывает его всего, не проникает даже все области естествознания, она явно неполна, как неполны по сравнению с природными объектами все отвлеченные и идеальные создания человеческого разума, всегда упрощающие реальные объекты, подлежащие нашему изучению. Эта схема строения мира слишком рационалистична, проникнута человеческим разумом, подобно религиозным концепциям теологов.

Наряду с этой — физической — картиной космоса всегда существует другое о нем представление — натуралистическое, не разложимое на геометрические формы, более сложное и более для нас близкое и реальное, которое пока тесно связано не со всем космосом, но с его частью — нашей планетой; то представление, которое всякий натуралист, изучающий описательные науки, имеет об окружающей природе. В это представление всегда входит новый элемент, отсутствующий в построениях космогоний, теоретической физики или механики — элемент живого.

Эти представления о природе не менее научны, чем создания космогоний или теоретической физики и химии, и ближе для многих, хотя они так же неполны, как и геометрические схемы упрощенной мысли физиков. Но они менее проникнуты призрачными созданиями человеческого ума и дают нам другие стороны космоса, оставленные последними вне своих абстрактных построений.

...И это несмотря на то, что в обычных представлениях, господствующих в научном мировоззрении и в культурной среде, именно физическое представление о мире, выраженное в образах математической физики, считается настоящим научным достижением, а натуралистическое миропонимание — более грубым к нему приближением.

С этой точки зрения чрезвычайно интересен и глубоко знаменателен в истории человечества переживаемый нами в XX в. переворот в физических представлениях о мире, создаваемый глубокими проникновениями в окружающее Эйнштейна, Минковского и других искателей, стоящих на почве теории относительности. Несомненно, с принятием представлений о пространстве, времени, тяготении, материи, энергии, отвечающих теории относительности, физическое мировоззрение чрезвычайно приближается к натуралистическому, и мы теперь находимся у предела великого синтеза представлений о природе, последствия которого нам сейчас даже трудно учесть при всех условиях нашего проникновения в будущее⁵.

Эти мысли великого естествоиспытателя еще более актуальны в настоящее время, и работа, которая идет сегодня в физике, действительно приближает синтез физической и натуралистической картин мира. Особенно важны в этом плане работы школы И. При-

⁵ См.: *Вернадский В. И. Живое вещество*. М., 1978. С. 12.

гожина, посвященные проблеме возникновения организации из хаоса, а также вся проблематика энергоинформационных взаимодействий Земли и космоса.

Само по себе овладение естественно-научными знаниями, даже в рамках натуралистической картины мира, не окажет серьезного влияния на решение экологических проблем до тех пор, пока эти знания не будут превращены в систему нормативных актов — законов, стандартов, инструкций. Но это уже область деятельностного знания. В нее входят технологические, материаловедческие, экономические, психологические, социологические, правовые знания. Решение экологических проблем осуществляется именно на этом уровне. Важно, чтобы деятельностное (нормативное) знание было сформировано в рамках натуралистической картины мира.

Применение деятельностного знания может приводить к различной его оценке разными группами людей. Например, расширение завода и увеличение выпуска продукции для дирекции и работников завода выступает как благо, даже если оно сопровождается ухудшением состояния окружающей среды, а для населения, не связанного с заводом (учителя, врачи, торговые работники и др.), может служить источником ухудшения жизни. Возникает конфликтная ситуация. Разрешение таких ситуаций требует определенной дипломатии, понимания сути конфликта и умения его разрешать, не доводя до социального взрыва. В основе движения «зеленых» лежат чаще всего такие ситуации.

Любое решение экологической проблемы всегда связано с какой-либо территорией. Поэтому можно выделить еще один аспект общего знания, который назовем *прогностическим*. Это исторические знания, дающие сведения о прошлом данного места, обычаях, режиме питания, типах жилищ, режиме работы и отдыха и т. д. тех поколений людей, которые жили и живут в данном месте и уже заплатили за адаптацию к этим условиям болезнями и преждевременной смертью своих предков. Оказывать существенное влияние на решение экологических проблем это гуманитарное знание сможет только тогда, когда, как и естественно-научное, будет превращено в систему нормативных актов, т. е. станет деятельностным.

Сделаем небольшое обобщение.

Для того чтобы естественно-научное и гуманитарное знания участвовали в решении экологических задач, их надо превратить в форму деятельностного знания, т. е. в систему нормативных актов в рамках натуралистической картины мира.

Обучение осуществляется по отдельным предметам, а решать приходится жизненные проблемы, которые всегда междисциплинарны. Экологические задачи не исключение. Термин «жизненные» применен не случайно, т. к. категория задач, которые нужно решать при выходе из экологического кризиса, совсем другая, чем те, что учат решать в математике, физике или химии. Начиная со школы человеку прививается мысль, что в задаче должно быть все ясно: что дано, что надо найти, какая связь существует между исходными данными и результатом. Такие задачи называют поставленными. «Жизненные» задачи, как правило, требуют корректной постановки. Действительно, что значит «организовать летний отдых студентов» или «как напоить чаем население города» и т. п.? Сразу же появляется масса вопросов. Такие задачи называются непоставленными, и прежде чем их решать, надо превратить их в поставленные.

Поставить задачу значит:

- выдвинуть исходные предположения;
- определить исходные данные в рамках выдвинутых предположений;
- определить желаемый конечный результат;
- выявить связь между исходными данными и желаемым результатом.

Выдвижение предположений — самый важный этап в решении «жизненных» задач, т. к. оно осуществляется в определенной мировоззренческой рамке, которая и будет определять условия решения задачи. Если это рамка физической картины мира, то получим научно обоснованное неэкологическое решение, как это чаще всего и происходит, когда составляют различные экологические программы: хотели как лучше, а получилось как всегда. Можно с уверенностью сказать, что любая концепция развития мира, страны, города,

области, района, где в основе исходных предположений будут лежать чисто экономические или политические посылки, в конечном итоге приведет к ухудшению экологического состояния данной территории.

Другая особенность решения таких задач — отсутствие единственно верного решения. Изменение исходных предположений меняет и конечный результат.

Третья особенность заключается в том, что форма зависимости между исходными данными и желаемым результатом чаще всего неизвестна, ее приходится задавать с определенной долей конъюнктивности.

Все сказанное приводит к выводу, что находить разумный выход из экологических кризисов человек сможет только тогда, когда — сменит мировоззренческую основу с чисто физической на натуралистическую,

— создаст систему нормативных актов (деятельностного знания) в рамках натуралистической картины мира,

— научится ставить и экологически обоснованно решать «жизненные» задачи.

Совершить такие изменения в мыслительной и практической деятельности людей одной экологии явно не под силу. Она выступает как знамя, объединяющее все науки в их стремлении внести вклад в решение экологических проблем современного мира. Авангардная роль экологии обусловлена совпадением внутренней логики ее собственного развития и практических задач, стоящих в настоящее время перед человечеством.

Глобальность современного экологического кризиса не означает его равное проявление на всей поверхности Земли. Есть территории, где кризисные явления достаточно отчетливо выражены: это прежде всего зоны сосредоточения промышленности, большие распаханное пространства, крупные города. В районах с малочисленным населением и слабо развитой промышленностью проявление экологического кризиса более мягкое.

Поиск путей решения экологических проблем осуществляется на трех основных уровнях — глобальном, региональном, местном.

Решение экологических задач глобального уровня связано с выработкой стратегии выживания человека как вида. Осознание необходимости выработки стратегии дальнейшего развития человечества началось с 1972 г., когда в Стокгольме состоялась первая конференция ООН по проблеме «Человек и окружающая его среда». На этой конференции, несмотря на огромное разнообразие взглядов и точек зрения, все согласились, что «дальнейшее развитие человеческого общества невозможно без учета проблем окружающей его среды». Можно считать, что на этой конференции человечество приняло первое в известной нам истории (7—10 тыс. лет) стратегическое решение по дальнейшему выживанию и развитию всего вида, а не отдельных государств, стран, народов или племен.

Само по себе это утверждение не решает каких-либо конкретных проблем. Оно лишь показывает направление, в котором следует двигаться всем народам Земли, если они хотят жить долго и счастливо. Через 12 лет после Стокгольма под эгидой ООН была сформирована независимая Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР) под руководством Г. Х. Брундтланд, бывшей в то время премьер-министром Норвегии. Задания для комиссии состояли в следующем:

- предложить долгосрочные стратегии в области окружающей среды, которые позволили бы обеспечить устойчивое развитие к 2000 г. и на более длительный период;
- рекомендовать пути, посредством которых забота об окружающей среде привела бы к более тесному содружеству стран;
- рассмотреть способы и средства, используя которые, мировое сообщество смогло бы эффективно решать проблемы окружающей среды;
- помочь выявить общие подходы к пониманию долговременных проблем окружающей среды.

В результате трехлетней работы группа экспертов численностью 22 человека (плюс 2 тыс. консультантов из разных стран мира) в 1987 г. представила доклад в ООН под названием «Наше общее будущее». В нем сформулирована стратегия устойчивого, или эко-

логически чистого, развития, развития без разрушения. В качестве заключения в разделе доклада «Об устойчивом развитии» записано: «В своем самом широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии в отношениях между людьми и между обществом и природой».

Сравните это положение с предметом экологии как науки — и станет понятна ее лидирующая роль.

Сформулированы и требования для достижения устойчивого развития. Человечеству для достижения поставленной цели необходимо иметь:

- политическую систему, обеспечивающую участие широких масс населения в принятии решений;
- экономическую систему, обеспечивающую расширенное воспроизводство и технический прогресс на собственной, постоянно расширяющейся базе;
- социальную систему, обеспечивающую снятие напряжений, возникающих при негармоничном экономическом развитии;
- систему производства, сохраняющую эколого-ресурсную базу;
- технологическую систему, обеспечивающую постоянный поиск новых решений;
- международную систему, способствующую устойчивости торговых и финансовых связей;
- административную систему, достаточно гибкую и способную к самокорректировке.

Требования носят характер целей, которые должны лежать в основе национальных и международных действий в области социально-экономического развития.

В 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро, сделан следующий шаг в развитии стратегических решений Стокгольмской конференции. Установки, принятые в Рио, исключительно важны, т. к. определяют программу действий на XXI век. Главный вывод, к которому пришли эксперты при подготовке этой конференции, заключается в том, что «путь развития, пройденный цивилизованными странами, ведет весь мир к к а т а с т р о ф е. Он неприемлем для развивающихся стран».

Чрезмерные претензии и расточительный образ жизни богатой (цивилизованной) части человеческого общества огромным грузом ложатся на окружающую среду. Поэтому разумная структура потребления должна стоять на первом месте, а уже под нее следует формировать соответствующую структуру производства. Фактически это означает переход на социально ориентированную экономику, резкое снижение затрат на продукцию уничтожения (военную), управление модой на продукты питания, одежду, жилье и т. д. Предлагается возглавить эту работу развитым странам, с тем чтобы развивающиеся могли следовать их примеру.

Строго говоря, эти рекомендации означают необходимость ограничения потребления, отказ от максимального удовлетворения постоянно растущих потребностей человека, сознательное формирование и регулирование потребительского спроса. Реализация такой стратегической установки несомненно встретит достаточно сильное сопротивление вследствие различий в уровнях развития разных стран, различного понимания потребностей богатых и бедных слоев общества, национальных особенностей.

В теоретическом плане возможны два основных пути решения данной задачи: 1) принудительный: планирование структуры потребления государством и навязывание ее через средства массовой информации, путем оказания налогового давления; 2) самоограничения, самосовершенствования личности.

Реализация крайних вариантов обоих путей известна в истории человечества. Первый путь — попытка построения социализма в СССР и других странах. Предельно яркое выражение этого направления проявилось также в варианте корейского социализма. Предельное выражение второго пути — отшельники, пустынные. Человечество, очевидно, изберет «золотую середину»: государственная система формирования потребностей с достаточно сильной пропагандой различных способов самосовершенствования.

Концепция устойчивого развития основана на анализе существующих трендов использования природных ресурсов и имеет больше эмоций, нежели настоящих концептуальных разработок мира будущего.

Сама идея «достижения гармонии человека и природы» требует тщательного осмысления, т. к. в истории человеческого знания она известна как утопия, что в переводе с греческого означает «место, которого нет». Достижение гармонии может означать остановку развития. Действительно ли человечество стремится к такому финалу?

Сложность внутривидовой структуры человечества, обусловленная генетически заданными стратегиями жизни отдельных индивидуумов, разными стадиями развития групп населения (государств, регионов, этносов и др.), вносит дополнительные трудности в разработку всей проблемы.

Для того чтобы все человечество двигалось в одном направлении, необходима достаточно жесткая иерархия управления этим процессом.

Основу концепции устойчивого развития должна составлять концепция управления миром будущего, последовательно реализуемая на концептуальном, идеологическом, политическом и экономическом уровнях. Доминирующая в настоящее время идея самоуправляемой рыночной экономики как основы устойчивого развития является блефом, т. к. неуправляемой экономики не существует. Основным в структуре управления является концептуальный уровень, определяющий исходные посылки мира будущего. Экологически чистое развитие, или развитие без разрушения, возможно только в случае, если на этом уровне определяющими будут приняты экологические требования и в соответствии с ними разработаны остальные уровни управления. Все другие варианты создают лишь иллюзию решения экологических проблем. Выдвижения целевых установок концептуального уровня управления не следует ожидать от политиков, экономистов, юристов, начальников разных рангов. Их деятельностное знание реализуется на последующих уровнях иерархии управления. Концептуальный уровень формируется мудрецами, требует привлечения широко образованных людей, не зависимых от сильных мира сего. Таких личностей всегда мало, но именно они способны предложить человечеству основные положения по строительству мира будущего, развитию без раз-

рушения. Возможно, что новые концептуальные установки появятся не в научной, а в религиозной среде.

Главная трудность обсуждения путей решения экологических проблем на региональном уровне связана с неопределенностью понятия «регион». Под этим названием могут скрываться как огромные пространства, например Юго-Восточный, Уральский, Дальневосточный, Северо-Западный регионы, так и достаточно небольшие: восточный регион Свердловской области и т. д. Это промежуточный уровень, и поэтому каждый раз требуется определять понятие. При решении одних задач региональные проблемы приближаются к глобальным, при решении других — к местным, локальным.

На местном (локальном) уровне происходит превращение экологической проблемы в «жизненные» задачи, следовательно, в полной мере проявляются мировоззренческие основы, определяющие принятие решений по действиям в данном конкретном месте. Экологические критерии выбора места строительства завода, плотины, промышленного узла, дороги и т. п. должны быть ведущими. При этом следует иметь в виду, что конфликтность конкретных ситуаций неизбежна. Разрешение их нужно строить на идее сотрудничества, а не антагонизма человека и природы. В перспективе следует ожидать широкого внедрения в практику решения конкретных (местных) задач разработок математических моделей предполагаемого преобразования земной поверхности. Тогда появится возможность выбора наиболее подходящего варианта компромиссного решения до его реализации в натуре.

В заключение сформулируем основные положения, рассмотренные в лекции.

- Экология — наука, занимающаяся изучением взаимоотношений живых организмов и окружающей их среды. Человек как часть живой материи и его отношения с окружающим миром входят в круг интересов экологии.

- Экологическая катастрофа есть непрерывное и постоянно идущее необратимое изменение в окружающем нас мире. Деятельность

человека осуществляется на постоянном фоне природных экологических катастроф.

- Экологический кризис — обратимое изменение в окружающем нас мире. Степень обратимости различна: от полной — до приближающейся к экологической катастрофе.

- Мир изменяется и без участия человека, что необходимо учитывать при разработке стратегии развития человеческого общества.

- Человечество в целом осознало неразрывную связь собственного существования и развития с состоянием окружающего мира. Начало этого процесса можно датировать годом проведения Стокгольмской конференции ООН (1972).

- В 1987 г. Комиссией ООН по окружающей среде и развитию (МКОСР) выдвинута концепция устойчивого, или экологически чистого, развития человеческого общества. В основе ее лежит анализ трендов использования природных ресурсов, т. е. экономический уровень управления миром будущего. Отсутствие четких концептуальных положений строительства мира будущего, особенно в части управления его развитием, может привести только к ухудшению общей ситуации в мире. Концептуальная разработка идеи устойчивого развития человеческого общества должна учитывать ограничения, накладываемые не только социальными, но и экологическими условиями.

- Разумно находить выход из экологических кризисов человечество сможет только тогда, когда 1) сменит мировоззренческую основу с физической на натуралистическую; 2) создаст систему нормативных актов (деятельностного знания) в рамках натуралистической картины мира; 3) научится решать «жизненные» задачи.

- В рамках натуралистической картины мира органический мир (жизнь, живое) является обязательным элементом мироздания.

ЛЕКЦИЯ 2

ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ ЭКОЛОГИИ

Почему надо определять понятия? — Основное понятие и понятийная область. — Сущностные и деятельностные определения. — Понятия природного тела и системы. — Основные этапы становления системного подхода. — Проблема границ природного тела и системы. — Место экологической системы в рамках системного мышления. — Структура экологической системы. — Основные экосистемные взаимодействия. — Подходы к классификации природных объектов как экологических систем. — Особенности понятийной области экологии. — Понятия экологического фактора, экологической катастрофы, экологического кризиса

Прежде всего мы оказываемся перед трудностями, когда хотим дать определение основным понятиям... эти затруднения бывают непреодолимыми.

Анри Пуанкаре

Основные понятия и определения

Становление любой области знания всегда связано с появлением некоторого количества новых терминов, которые постепенно (или сразу) обретают статус понятий.

Т е р м и н (от лат. *terminus* — граница, предел) — слово (или сочетание слов), обозначающее специальное понятие, употребляемое в науке, технике, искусстве.

П о н я т и е — мысль, в которой обобщаются и выделяются предметы некоторого класса по общим и специфическим для них признакам.

П о н я т и й н а я о б л а с т ь создается из совокупности базовых понятий. Она формируется вокруг основного понятия, отражая и детализируя его различные аспекты. В физике понятийная область сформировалась вокруг понятия атома, в химии — молекулы, биологии — биологического вида, географии — ландшафта и т. д.

В определении понятий следует различать два подхода — сущностный и деятельностный.

Цель сущностного подхода состоит в стремлении как можно полнее отразить все существенные черты определяемого объекта. Понимание таких черт у каждого человека свое. Поэтому сущностных определений всегда достаточно много и они используются в основном в научных исследованиях.

Цель деятельностного подхода к определению понятий состоит в стремлении ограничить разнообразие сущностных определений и сформулировать одно, но сформулировать так, чтобы им можно было пользоваться для решения конкретных задач. При этом отнюдь не обязательно совпадение какого-либо сущностного определения с деятельностным. Приведу два примера.

1. Никто не знает сущности понятия «энергия». Как заметил Анри Пуанкаре, «есть нечто, которое сохраняется при всяких изменениях». Выход был найден в деятельностном определении энергии, через ее проявление — способность тела совершать работу.

2. Конец дискуссии 50—70-х гг. XX в. о том, что есть охрана природы, наука это или нет, был положен после принятия Госстандартом определения, что «охрана природы есть комплекс мер, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природных объектов».

Становление экологии как области самостоятельного знания, а следовательно, и формирование собственной понятийной области протекают довольно трудно ввиду широты охватываемых ее проблем. До настоящего времени в нашей стране существуют две парадигмы экологии — экосистемная и популяционная, в основе которых лежат разные представления об основном понятии экологии.

• Популяционная парадигма строится на самом крупном обобщении в биологии XX в.: «все живые организмы предпочитают жить группами — популяциями». Перестройка всей биологии с организменного уровня на популяционный автоматически привела и к представлениям о главенствующей роли популяционной экологии.

Действительно, судьба отдельных биологических видов как в природных условиях, так и при введении в культуру решается

в рамках популяционной парадигмы экологии. Территориальные экологические проблемы не охватываются данной парадигмой, поэтому популяция не может быть принята как основное понятие экологии.

• Экосистемная парадигма строится на понятии экологической системы. В соответствии с определением экологии как науки все тела, процессы, явления в ней рассматриваются в рамках взаимодействия живого и его окружения. Английский исследователь А. Тэнсли в 1935 г. предложил это единство обозначить термином «экологическая система». С тех пор попыток дать четкое определение экологической системы так же много, как и определений самой экологии. Рассмотрим наиболее известные и попробуем выявить некоторые общие черты.

Биотоп и населяющие его организмы образуют некое функциональное единство, называемое экологической системой.

А. Тэнсли

Любое единство, включающее все организмы (т. е. сообщество) на данном участке и взаимодействующее с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ (т. е. обмен веществ между биотической и абиотической частями) внутри этого единства, называется экосистемой.

Ю. Одум

Любая часть жизни, взаимодействующая со своим окружением, называется экологической системой.

Ф. Эдамс

Комплекс взаимосвязанных популяций разных видов живых существ и изменяемой ими абиотической среды, обладающий способностью к саморегуляции и самовозобновлению всех главных компонентов их биоты, называется экологической системой.

Ю. А. Исаков

Экосистема — информационно саморазвивающаяся, термодинамически открытая совокупность биотических экологических компонентов и абиотических источников вещества и энергии, единство и функциональная связь которых в пределах характерного для определенного участка биосферы времени и пространства (включая биосфе-

ру в целом) обеспечивает превышение на этом участке внутренних закономерностей перемещений вещества, энергии и информации над внешним обменом (в том числе между соседними аналогичными совокупностями) и на основе этого неопределенно долгую саморегуляцию, развитие целого под управляющим воздействием биотических и биогенных составляющих.

Н. Ф. Реймерс

Можно привести еще не один десяток определений, но суть уже не изменится. Расшифровка определения Н. Ф. Реймерса представляет отдельную «проблему», и желающие могут этим заняться самостоятельно.

Во всех определениях экосистемы можно выделить три основных особенности:

- подчеркивание неразрывности связи живых организмов и их окружения;
- умолчание о границах экологической системы и в то же время отчетливое желание привязаться к территории или объему;
- неопределенность понятия живого и его окружения.

Обсудим подробнее выявленные особенности.

Постоянное подчеркивание неразрывности связи живого и его окружения заставляет рассмотреть вопрос о соотношении понятий природного тела и системы.

Понятия природного тела и системы

В. И. Вернадский в «Размышлениях натуралиста» отмечал: «В естествознании исходным объектом научного знания является научно установленное природное, “естественное” (т. е. земное, планетное) тело или такое же явление, не зависящее от наблюдателя. Им может явиться и сам наблюдатель, т. к. натуралист не может забывать, что он сам является естественным, т. е. планетным, телом — объектом научного изучения наравне с другими естественными телами»¹.

¹ Вернадский В. И. Размышления натуралиста. М., 1970. С. 70.

Теория и методология науки сосредоточили свое внимание в основном на микро- и мегамире. Проблема макрообъектов на Земле — геологических, географических, биологических и т. д. — по-видимому, считается тривиальной. Для экологии эти объекты являются основными, и следует рассмотреть их возможные представления.

Еще в античные времена существовало понимание разнообразия строения природных тел. Секст Эмпирик писал: «Из тел одни состоят из предметов связанных (как судно, цепи, фаланги), другие — из объединенных в одно целое, когда они держатся при помощи одного общего состояния (как растения и животные), третьи — из разъединенных (как хоры, войска, стада)»².

Г. Лейбниц, развивая эти представления, говорил об индивидуальности, разнородности, организованности и саморазвитии природных тел. В XIX—XX вв. такое понимание материальных тел развивалось в геологии, географии, биологии, что и привело к формированию системного мышления. Физика же, начиная с Ньютона, развивала представления об абстрактном материальном теле (точке), которое перемещается в пустоте. Ньютоновские воззрения лежат в основе физического рационализма, давшего так много в познании окружающего нас мира и сформировавшего современную научную картину мира. Становление системных представлений о природных объектах возвращает нас к рассмотрению их реального разнообразия, необходимости классификации этого разнообразия и к изучению конкретного строения.

Системность — один из способов описания природного объекта путем его разделения на части и установления связей между ними.

Базовым в определении экологической системы является понятие «система», под которым понимается «целое, составленное из частей».

Возможны два подхода в интерпретации этого понятия:

- 1) систему образует целое, разделенное на части;
- 2) систему образует целое, собранное из частей.

² Секст Эмпирик. Сочинения. М., 1975. Т. 1. С. 80.

В первом случае целое определяет судьбу части, во втором части формируют целое.

Признание приоритета целого над частью позволяет, разделяя целостный, взаимосвязанный мир или отдельные природные объекты на различные части (уровни организации, блоки, компоненты, элементы), выявлять существенные характеристики организованности. Данный подход лежит в основе выделения различных областей знания, формирования отдельных наук и определения их основных понятий. В этом случае определения основных понятий будут всегда сущностными, т. е. достаточно общими и нечеткими (например, определение вида в биологии, ландшафта в географии, приведенные выше определения экосистемы), т. к. в значительной мере отражают субъективное разделение на части того или иного природного объекта. Это исследовательская парадигма. Целое в научном исследовании как бы раскрывает все свои возможности.

Приоритет части над целым характерен для деятельностного знания. Необходимость формировать целое из известных частей переводит проблему выявления сущности природного объекта в проблему создания заданного целого. На первый план выходят проблемы определения самого целого, выбора составляющих его частей и связей между ними. Появляется необходимость жесткого конструирования конкретной системы, процедур (алгоритмов) ее формирования и представления. В данном случае целое всегда результат заданных условий. Это системотехническая, или конструкторская, парадигма.

Если для других областей научного знания эта двойственность, скрытая в определении понятия «система», не столь уж важна, то для экологии она весьма существенна. Теоретические знания экологии получены в рамках исследовательской парадигмы, а вся практическая деятельность человека осуществляется в конструкторской парадигме, что и служит часто причиной конфликтных ситуаций между исследователями и практическими работниками.

Становление системного подхода к природным объектам

Рассмотрение этого вопроса проведем в рамках биологии, т. к. экология формировалась в этой области знания, поэтому до сих пор многие ставят знак равенства между ними. В биологии изучение целого шло по трем основным направлениям.

1. Организм (клетка) как целостное образование. В рамках этого направления Ж. Кювье сформулировал принцип корреляции, на основании которого ему удалось разработать способ восстановления целостного облика животного по отдельной части. Клод Бернар открыл вазомоторный принцип работы нервной системы, что привело к пониманию функциональной целостности организма. Опыты по пересадке тканей показали большую изменчивость хода морфогенеза и привели к представлению об организаторах. Генетики пришли к убеждению, что генотип — это глубоко интегрированная система генов, способная регулировать процессы наследственной изменчивости.

2. Вид как целостное образование. При изучении внутренней структурированности вида пришло понимание того, что основа целостности вида — генофонд. Н. И. Вавилов сформулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости.

3. Взаимоотношения живых организмов и окружающей их среды. Это направление привело к формированию представлений об экологической системе.

Следующим этапом в становлении системного подхода к природным телам, процессам и явлениям стало создание всеобщей организационной науки А. А. Богдановым (1913—1918). Тектология А. Богданова до сих пор является крупнейшим обобщением в области теории систем³.

В начале века большое внимание этому вопросу уделяли эмбриологи. Вот как пишет один из них, Людвиг фон Бергаланфи:

³ См.: *Тактаджян А. А.* Тектология: история и проблемы // Системн. исслед. М., 1972.



А. А. Богданов (Малиновский)
(1873—1928)



Людвиг фон Бергаланфи
(1901—1972)

...В начале 20-х гг. меня стали приводить в недоумение очевидные пробелы в биологических эмпирических и теоретических исследованиях. Я защищал организменную концепцию в биологии. В связи с экспериментальной работой по метаболизму и росту, с одной стороны, и попытками конкретизировать организменную теорию — с другой, мною была предложена в 30-е гг. программа «теории открытых систем», основанная на том тривиальном факте, что организм представляет собой открытую систему, нежели на какой-либо развернутой биологической теории, существовавшей в то время. На этой базе возникла необходимость распространить традиционную физическую теорию на биологию путем обобщения кинетических принципов и термодинамических теорий, в рамках последней была разработана термодинамика необратимых процессов. В дальнейшем оказались возможны другие обобщения⁴.

Эти обобщения касались в основном уточнения применения второго закона термодинамики для биологических процессов.

Современная стадия становления системного мышления характеризуется стремлением преодолеть разрыв между физическим редукционизмом и реальным разнообразием тел, процессов, явлений.

Успехи физики вытекают из того, что она занимается изучением относительно простых явлений — организованной простоты и беспорядочной сложности (например, частицы газа в сосуде). Разработаны методы математического описания такого рода явлений

⁴ Bertalanffy L. Theoretische Biologie. 1932. Bd. 1. S. 23.

на основе теории вероятностей. Попытки использовать эти методы для изучения других свойств, а именно организованной сложности, показывают, что они имеют ограниченное применение. Науку же все больше интересуют явления именно такого плана. Задача сводится к тому, чтобы преодолеть разрыв между организованностью и сложностью. Этот мотив является общим для всего разнообразия подходов в настоящее время. В качестве примера можно указать на системную динамику Дж. Форрестера, которая была использована группой Д. Медоуза в известной работе «Пределы роста», или теорию сильно неравновесных систем, активно разрабатываемую И. Пригожиным. У. Р. Эшби (1962) удалось сформулировать три принципа исследования организованной сложности⁵.



Уильям Р. Эшби
(1903—1972)



И. Р. Пригожин
(1917—2003)

- **Принцип необходимого разнообразия.** В природе любой процесс (явление, тело) проявляется всегда в некотором разнообразии. Поэтому реально всегда взаимодействует разнообразие с разнообразием, и, как следствие этого, появляется направленность развития (разнообразие уничтожает разнообразие).

- **Принцип временной независимости.** Он служит основой понимания реакций природных тел, процессов, явлений на внешние воздействия. Разрыв связей, ведущий к временной автономизации частей, и последующее их восстановление или обра-

⁵ См.: Эшби У. Р. Конструкция мозга. М., 1962.

зование новых при любых внешних воздействиях являются сутью данного принципа. Более образно этот принцип в свое время сформулировал В. И. Ленин: «...для того чтобы объединиться, надо сначала разъединиться».

- **Принцип усилителя.** Является своеобразным проявлением принципов сохранения вещества, энергии и т. п. Усиление какого-либо процесса, явления, тела возможно только за счет другого.

Таким образом, понятие природного тела не является таким уж тривиальным, как может показаться на первый взгляд, т. к. вводит в круг новых проблем, требует признания организованности как важнейшего свойства окружающего нас мира, реализуемого в виде структурных различий его компонентов. Эти различия предстают в виде соподчиненных структурных уровней, что позволяет говорить о формах движения материи, расчленять мир на живой и неживой и выделять их уровни организованности. Поэтому мир природы в системном исследовании рассматривается как полиерархическая система природных объектов.

Проблема границ природного тела и системы

Всеобщая взаимосвязь и организованность окружающего нас мира затрудняют сущностное выделение отдельных природных объектов, но интуитивно мы всегда понимаем, о чем идет речь. Попробуем более четко определить это понятие.

Природное тело, процесс или явление есть материальный объект (или его фрагмент) с фиксированными пространственными и/или временными границами.

Природные тела могут быть представлены веществом (вещественный субстрат) и/или физическими полями (энергетический субстрат), что сразу же усложняет задачу их выделения и представления в виде системы. Например, учет электромагнитного и грави-

тационного полей нашей планеты увеличивает ее размеры более чем в 300 раз.

Требование фиксированных границ очень важно, т. к. позволяет определить «естественное» место природного образования на тех или иных уровнях организации природы, которое в конечном итоге характеризуется собственным пространством-временем. Это означает, что всегда приходится иметь дело с некоторым разнообразием пространственно-временных проявлений природных тел, процессов, явлений, проводя их выделение для каких-то своих исследовательских или практических задач. Поэтому при решении конкретных проблем человеку постоянно приходится иметь дело с пространственно-временной неоднородностью природных тел, процессов и явлений, системное представление которых отличается от абстрактного (ньютоновского) более адекватным его отражением, т. к. требует учета его индивидуальности.

Непрерывность природных тел, процессов, явлений превращается в дискретность только тогда, когда человек выдвигает какие-либо ограничивающие условия. Например, нельзя дать однозначный ответ на вопрос, где провести границу водоема, т. к. она может быть определена по воде, растительности, животному населению и т. д. Необходимы дальнейшие уточнения в рамках решаемой проблемы (задачи).

Место экосистемы в рамках системного подхода

Тип системы, в форме которой может быть представлен природный объект, определяется выбранными элементами (частями) и связью между ними. Такое представление природного тела отражает только какой-нибудь его аспект и поэтому всегда будет неполным, другими словами, будет моделью природного объекта.

Понятие модели различается в математике и естественных науках. В математике модель — частное проявление аксиом. В естественных науках — это отражение существенных сторон природ-

ного объекта при решении конкретной задачи. На основании изложенных представлений можно дать определение экологической системы как одного из возможных представлений природного объекта.

Экологическая система есть модель взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи.

Принципиальное отличие выражения природного объекта в виде экосистемы от прочих (физических, химических, геологических, биологических, экономических и т. п.) систем заключается в соблюдении одного обязательного условия: необходимо, чтобы хотя бы одна из компонент природного объекта была представлена в виде характеристик живой материи. При этом даже не столь важно, какими они будут: биомасса, число видов, количество хлорофилла, ДНК и т. п. Принципиально, что в данном случае как мир в целом, так и отдельные его части рассматриваются как единство живого и его окружения. Жизнь становится полноправным компонентом мироздания. В этом основа новой парадигмы представлений об окружающем мире и месте в нем живого, включая и человека.

Сравнивая основные понятия биологии (вид) и экологии (экосистема), нетрудно заметить, что они принципиально различны. Вид есть природное образование, а экосистема — одна из форм условного представления природных объектов, мыслительная конструкция. (Другое принципиальное различие биологии и экологии сформулировано в лекции 1.)

Структура экологической системы

Системное представление природного объекта требует разделения его как минимум на две взаимодействующие части. На основе наиболее общих понятий о живом и его окружении природный

объект может быть представлен как экологическая система в следующем виде:

природный объект = живое ↔ окружающий мир.

Стрелки указывают лишь на то, что части взаимодействуют, сосуществуют вместе. Наполнение их содержанием и есть решение конкретной экологической проблемы.

В биологической, географической и экологической литературе имеется много попыток дать расшифровку структуры экологической системы. Обычно это делается в рамках предложенных авторами определений экосистемы. Не будем нарушать традиций и последуем по этому пути. Рассмотрим экологические взаимодействия на самых общих уровнях представления живого в рамках экосистемы (табл. 2.1).

Предельное представление всего живого в виде биоты, органического мира и живого вещества исключительно важно для выявления закономерностей предельных экологических взаимодействий и направлений мысли в зависимости от того, каким понятием представлена предельная совокупность живых организмов на Земле.

Совокупность всех биологических видов (б и о т а) дает начало экосистемной трактовке географической концепции биосферы и формирует ее понятийную область.

Представление всего живого как совокупности органических молекул дает начало экосистемному рассмотрению проблемы происхождения жизни на Земле как совместной эволюции органических и неорганических молекул.

Рассмотрение всего живого как типа вещества — совокупности химических элементов — снимает ограничения, связанные с различиями в характеристиках живого и окружающего его мира, и позволяет в единой системе измерений рассматривать функции этого типа вещества в структуре Земли и космоса. Лежит в основе биогеохимической концепции биосферы В. И. Вернадского.

Непосредственно вступает во взаимодействие со средой предельная дискретная форма живого вещества — организм (особь).

Таблица 2.1

Экологические взаимодействия в рамках системного представления

Уровень организации	Основные компоненты экосистемы			Примечания
Общее выраженные экосистемных взаимодействий	Мир живых организмов	↔	Окружающий мир	Окружающий мир может быть представлен как живыми, так и косными образованиями
Предельное представление всего живого	Биота	↔	Окружающая среда	Все живое представлено в виде совокупности биологических видов. Географическая концепция биосферы
	Органический мир	↔	Неорганический мир	Все живое представлено в виде совокупности органических молекул. Проблема происхождения жизни
	Живое вещество	↔	Косное вещество	Все живое представлено в виде совокупности химических элементов. Биогeoхимическая концепция биосферы
Промежуточные формы представления живого	Группы живых организмов, выделяемые на основе классификационных характеристик и по территориальным критериям	↔	Среда обитания Условия жизни Экологические факторы	Разнообразие экологий
Непосредственное взаимодействие живого с окружающим миром	Организм (особь)	↔	Среда обитания Условия жизни Экологические факторы	Аутэкология

Объединенные в группы по разным критериям, они дают возможность выявлять закономерности группового ответа на основании статистической обработки индивидуальных реакций.

Классификация природных объектов как экологических систем

Разобраться с практически бесконечным разнообразием реальных природных тел, процессов, явлений можно, если провести какую-нибудь их классификацию. Задача классификации составляет одну из фундаментальных проблем науки и в общем виде не решена до сих пор. Каждая наука решает ее по-своему. В биологии это классификация видов растений, животных, микроорганизмов, в географии — ландшафтов, в химии — элементов, молекул, в геологии — минералов и т. д. Трудности классификации экосистем обусловлены самой сутью этого понятия. Как уже отмечалось, другие науки имеют дело с природными образованиями, а экология — с одним из их отражений в мыслительной деятельности людей. Классифицировать приходится не сами объекты, а одну из их моделей. Методологическая неразработанность данного вопроса приводит к отсутствию общепринятой классификации экосистем.

Существующие подходы можно свести в три основные группы классификаций:

- морфологические (физиономические);
- факториальные;
- функциональные.

• **Морфологический** подход к классификации экосистем основан на выделении чисто внешних признаков и позволяет создавать простые и наглядные схемы разнообразия природных объектов. Использование его в экологии приводит к подмене классификаций экосистем классификациями природных объектов. Ю. Одум дает следующую классификацию основных типов природных экосистем и «биомов биосферы»:

- 1) наземные биомы: тундра, хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степь, тропический лес и саванна, чаппараль и т. д.;
- 2) типы пресноводных экосистем: ленточные или стоячие воды — озера, пруды и т. д.; лотические (текучие) воды — реки, ручьи и т. д.; заболоченные угодья — болота, болотистые леса и т. д.;
- 3) типы морских экосистем: открытый океан (пелагическая зона), континентальный шельф (прибрежные воды), апвеллинг (зоны подъе-

ма воды), эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, соленые марши и т. п.)⁶.

Еще в начале 1980-х гг. мною была сделана попытка разработать более подробную классификацию природных объектов, основанную на этом критерии и пригодную для нужд экологии (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Классификация природных объектов (морфологический критерий)

Предложенная классификация интересна тем, что позволяет наглядно демонстрировать следующие особенности:

— различие в подходах к классификации наземных и водных природных образований: в наземных за основу берется растительность (фитоценоз в понимании В. Н. Сукачева), а в водных — абиотическая компонента (вода);

— связь с классификациями в частных науках — лесоведении, болотоведении, луговедении и т. д.;

⁶ См.: Одум Ю. Экология. Т. 1. М., 1986. С. 188.

— всеохватность антропогенных образований (техносфера); биосфера и техносфера формируются на одних и тех же природных образованиях.

Анализ возможностей применения данного критерия для классификации именно экологических систем показал его бесперспективность, т. к. он по сути своей не может отражать взаимосвязь живого и его окружения. Более перспективным оказались факториальный и функциональный критерии.

• В основе факториального подхода к классификации природных объектов лежит идея об определяющем значении в каждом месте Земли определенного сочетания количества тепла и влаги, обеспечивающего проявление жизни. Наиболее известные классификации связаны с именами Л. Холдриджа, Р. Уиттекера, Ю. Н. Куражковского⁷.

Привлекательность этих классификаций связана прежде всего с возможностью прогноза того типа растительности, которая соответствует определенному сочетанию тепла и влаги.

Ботаник Л. Холдридж предложил классификацию, основанную на взаимодействии между температурой и количеством осадков. При ее построении он исходил из следующих соображений: количество осадков и температура определяют испаряемость (эвапотранспирацию); шкала осадков неравномерная, т. к. для аридных областей небольшой дождь (25 см) будет тем же самым по своему влиянию, что для влажных областей 250 см; при построении температурной шкалы приняты некоторые биологические ограничения: биологическая активность прекращается при 0 °С, небольшие повышения температуры оказывают на живое более сильное воздействие в случае низких, чем в случае высоких температур. Отсюда выбранные границы температурных интервалов (°С): 1,5; 3; 6; 12; 24. В каждой зоне температура вдвое выше, чем в предыдущей. Такая шкала совместима с повышением скорости испарения и биологической активности (рис. 2.2).

⁷ См.: Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М., 1980; Куражковский Ю. Н. Периодическая система экологических условий суши. Ростов н/Д, 1976.

Р. Н. Уиттекер положил в основу своей классификации распределение средних годовых температур и осадков по большому количеству измерений на земном шаре. Оказалось, что такая зависимость отображается в системе прямоугольных координат. Он вписал в эти координаты основные типы наземных растительных сообществ (рис. 2.3).

Наиболее удачной следует признать попытку Ю. Н. Куражковского. В основе его классификации лежит идея, выдвинутая в 1956 г. географами А. А. Григорьевым и М. И. Будыко о периодическом законе географической зональности. Закон основан на соотношениях радиационного баланса земной поверхности и индекса сухости (свет и влага). Классификация этих авторов не получила распространения в экологии, т. к. не связывала изменение света и влаги с биотой. Ю. Н. Куражковский попытался создать периодическую систему экологических условий суши, связав количество тепла и влаги с типами растительности (табл. 2.2).

Этот вариант интересен для практических задач, т. к. позволяет для отдельных территорий, где непосредственно решаются экологические проблемы (страна, область, район, бассейн реки), составлять собственные периодические системы и по ним прогнозировать возможные изменения в окружающей среде.

Районирование земной поверхности: биогеохимическое, сельскохозяйственное, климатическое и т. п., — можно рассматривать как некоторое разнообразие подходов в применении факториального критерия для классификации природных объектов, имеющих определенный интерес для экологии при решении конкретных задач. Рассмотрим в качестве примера биогеохимическое районирование. Разработка теоретических основ учения о биогеохимических провинциях связана с именем академика А. П. Виноградова. Его последователь В. В. Ковальский связал неравномерность распределения химических элементов в поверхностных слоях Земли с биологическими реакциями на эту ситуацию растений, животных, человека⁸.

⁸ См.: Ковальский В. В. Геохимическая экология. М., 1974.

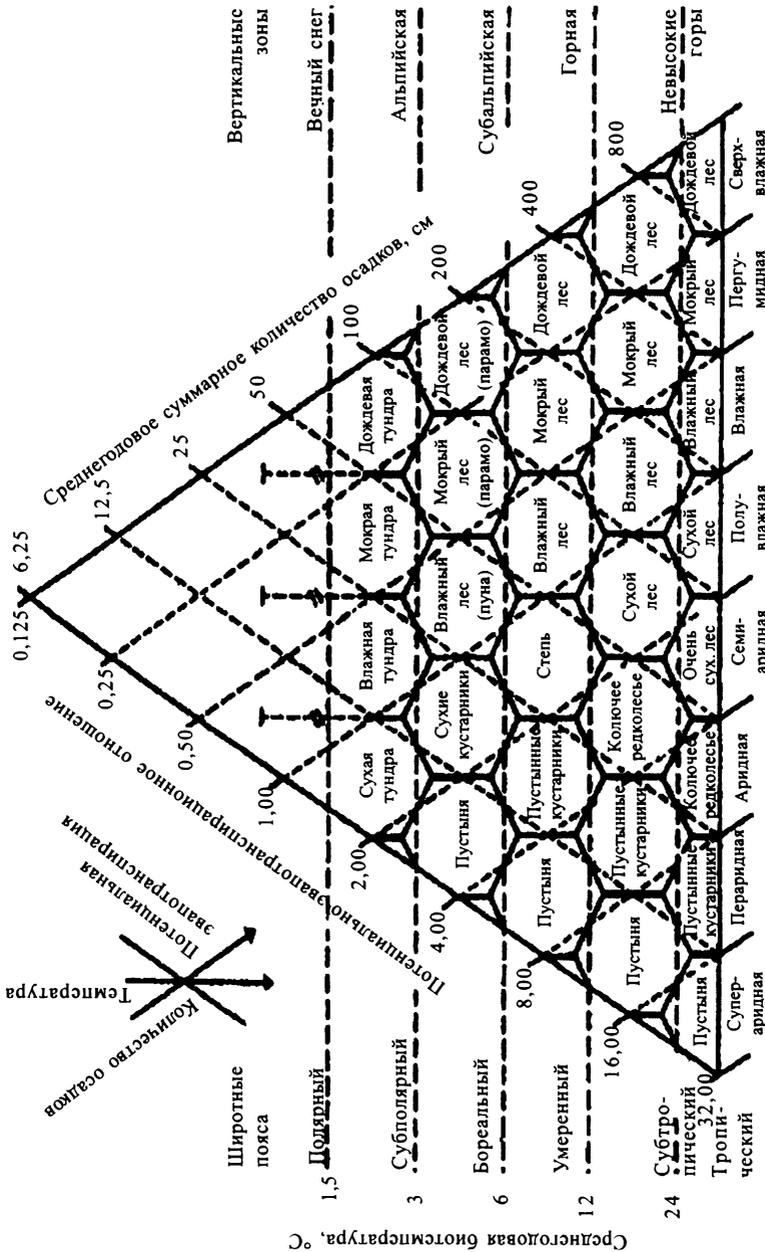


Рис. 2.2. Классификация природных объектов по Холлдриджу

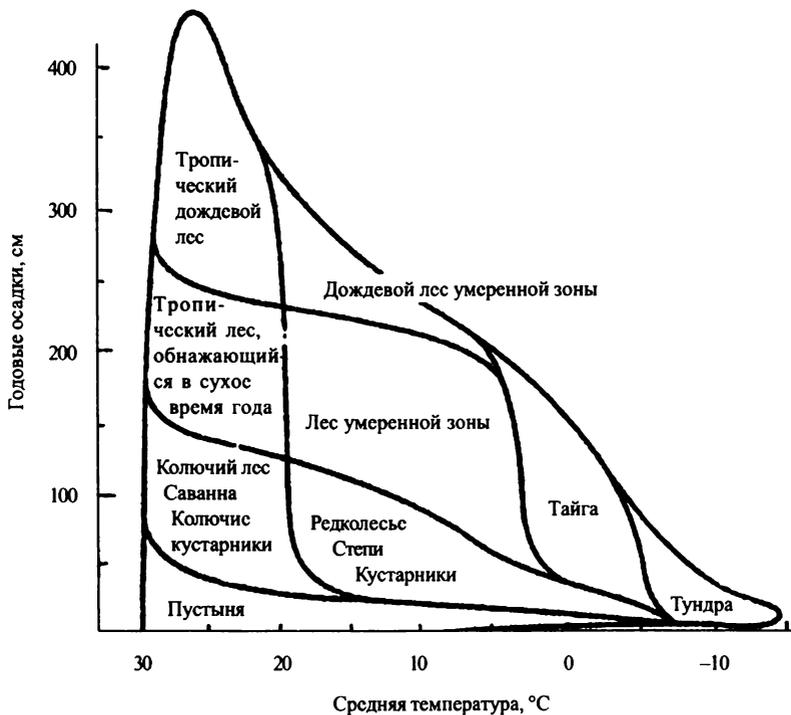


Рис. 2.3. Классификация по Уиттекеру

В. В. Ковальский выделяет зональные и аazonальные провинции.

Зональные провинции. В них комбинируются признаки природных зон по концентрациям и соотношениям химических элементов.

1. Таежно-лесной регион нечерноземной зоны. Реакции живых организмов определяются недостатком кальция, фосфора, калия, кобальта, меди, йода, бора; достатком марганца и цинка; относительным избытком стронция. Выражаются в виде эндемичных анемий, гипо- и авитаминозов, нарушения синтеза гормонов щитовидной железы, эндемичного бесплодия, эндемичной урвской болезни.

2. Лесостепной, степной регион черноземной зоны. Реакции определяются достатком кальция, кобальта, меди, йода, недостатком

Таблица 2.2

Периодическая система экологических условий суши*

Тепловые пояса	Природные зоны и ландшафты (в скобках средние коэффициенты увлажнения**)							
	Ультрааридные (< 0,5)	Аридные (0,4)	Субаридные (0,6)	Медвальные (1,0)	Субгумидные (1,4)	Гумидные (2,3)	Ультрагумидные (> 3,0)	
Полярный	Полярные каменные пустыни	Накипнолишайниковые пустыни	Сухие мохо-волишайникововодорослевые	Мохотравяные	Влажные мховодорослевые	Снежнородослевые	Ледяные пустыни	
Субполярный	Холодные пустыни	Холодные полупустыни	Сухие тундры	Кустарничковые тундры	Влажные тундры	Мокрые тундры	Тундровые болота	
Умеренный	Пустыни	Полупустыни	Степи	Лесостепь	Светлохвойнолиственные леса	Темнохвойнолиственные леса	Перевалочные луга	
Субтропический	Пустыни	Полупустыни	Степи с кустарниками	Жестколиственные леса	Светлые леса	Влажные леса	Субтропические болота	
Тропический	Пустыни	Полупустыни	Степные саванны	Лесные саванны	Светлые тропические леса	Влажные тропические леса	Экваториальные тропические болота	

* В связи с наличием субполюсов и геологических вариаций земной поверхности, эта таблица не исчерпывает всех возможных вариаций геологических условий, а демонстрирует общую закономерность их изменений.

** Коэффициент увлажнения — отношение количества осадков к испарению.

калия, марганца, фосфора. Выражаются в увеличении щитовидной железы, эндемичного бесплодия, остеодистрофии крупного рогатого скота.

3. Сухостепной, полупустынный, пустынный регион. Реакции определяются повышенным содержанием сульфатов, часто бора, иногда молибдена, недостатком меди, марганца. Выражаются в виде понижения активности окислительных ферментов, демиелинизации центральной нервной системы, нарушения координации движений, судорог, параличей, эндемичной атаксии, эндемичных энтеритов, часто пневмонии.

4. Горные районы. Реакции живого разнообразны и определяются изменчивой концентрацией и соотношением многих химических элементов.

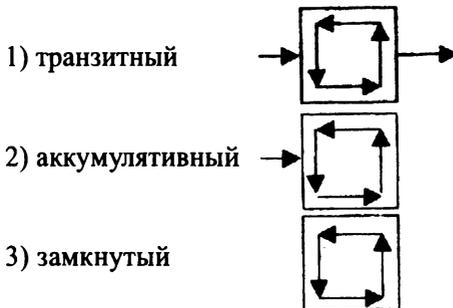
А з о н а л ь н ы е п р о в и н ц и и. Естественные и техногенные, несоответствующие характеристики регионов:

- богатые кобальтом — задержка синтеза витаминов;
- богатые йодом и марганцем — возможно усиление эндемичного зоба;
- богатые свинцом — эндемичные заболевания нервной системы: цефалгии, миалгии, ишиалгии, гастралгии; гингвиты, гиперменоррея;
- обогащенные молибденом — молибденовая подагра, молибденовый токсикоз;
- избыток стронция и калия — рахит, хондриодистрофия;
- обогащенные селеном — селеновые токсикозы;
- обогащенные ураном — адаптивное выделение урана из организма; эндемичных заболеваний у животных не обнаружено; отмечаются морфофизиологические изменения у растений;
- избыток фтора — эндемичные флюорозы;
- обогащенные медью — эндемичная анемия; гепатиты; у животных возможен цирроз печени; нарушен обмен кальция — эндемичная иктерогемоглобинурия;
- богатые никелем, магнием, стронцием, бедные кобальтом, марганцем — эндемичная остеодистрофия;
- богатые никелем — никелевая экзема, дерматиты;
- обогащенные литием — тератологические изменения у растений;

— обогащенные хромом — эндемичный хромовый токсикоз;
 — обогащенные марганцем — эндемичные болезни растений;
 — недостаток фтора — эндемичный кариес зубов, недостаток цинка — эндемичный зимне-весенний паракератоз крупного рогатого скота.

• **Функциональные классификации.** Идею использовать для классификации экосистем потоки энергии и вещества следует признать наиболее адекватной для экологии.

Геолог А. Г. Панфилов предложил выделить три основных типа экосистем, положив в основу судьбу вещества в природном объекте:



В предложенной классификации нетрудно узнать известные в термодинамике типы систем — изолированные, замкнутые, открытые.

Развивая эту идею, Ю. А. Исаков в 1978 г. сделал попытку построить более сложную классификацию с выделением не только типов, но и классов, семейств, родов и видов экосистем. К признакам, характеризующим функционирование экосистем, автор относит следующие: общую биомассу, фитомассу, зоомассу, сезонную и многолетнюю динамику биомассы, соотношение надземной и подземной частей, количество поступающих и выносимых веществ из экосистемы как через биоту, так и абиотическим путем, скорость обновления компонентов биомассы, ежегодный прирост и опад, источник и качество энергии для экосистемы. Ему удалось выделить семь типов экосистем: транзитные, полуавтономные, автономные, аккумулятивные водные, аккумулятивные наземно-водные, аккумулятивные наземные с избытком солей, аккумулятивные наземные с недостатком солей, а также 17 классов и 30 семейств.

Выделение типа основывается на пяти признаках, класса — на четырех, семейства — на десяти. Род отличается многими признаками, набор которых, видимо, не всегда сравним в разных семействах, а тем более классах и типах. Вид экосистемы, возможно, определяется растением-эдификатором. Дальнейшая разработка такого варианта классификации экосистем представляет определенный интерес.

Несколько иным путем пошел Ю. Одум. Им предложена классификация экосистем по источникам и уровню поступления энергии (табл. 2.3)⁹.

Каких-либо особых комментариев данная классификация не требует.

Таблица 2.3

Классификация экосистем по источникам и уровню поступления энергии (по Ю. Одуму)

Тип экологической системы	Ежегодный приток энергии, ккал/м ² *
Несубсидируемые природные, получающие энергию от Солнца	1 000—10 000
Природные, движимые Солнцем, субсидированные другими естественными источниками	10 000—40 000
Движимые Солнцем и субсидированные человеком	10 000—40 000
Индустриально-городские, движимые топливом (ископаемым, другим органическим, ядерным)	100 000—3 000 000

* Средние значения, основанные на интуиции.

Понятие «окружающий мир» появляется при первом разделении нерасчлененного мира (см. лекцию 1). В экологии он определяется через понятия среды обитания, условий жизни, экологического фактора.

⁹ См.: Одум Ю. Указ. соч.

Среда обитания

В этот термин вкладывают по меньшей мере три значения¹⁰:

- 1) пространство, окружающее живые организмы, которое может быть выражено в вещественной, энергетической, информационной формах;
- 2) природные тела, процессы, явления, с которыми живое находится в прямых или косвенных взаимоотношениях;
- 3) совокупность природных, природно-антропогенных, социальных и духовных сфер жизни человека.

Первое значение является самым общим, а два других фактически конкретизируют его для нужд экологии и отдельного вида — человека. Можно только несколько уточнить сферу применения этого понятия в экологии. Чаще всего оно употребляется для определения фазового состояния окружающего пространства: вода — среда обитания водных организмов, почва — среда обитания почвенных организмов; и т. п. Фактически это первый шаг в детализации самого общего представления: планета Земля — среда обитания живой материи.

Условия жизни

Данный термин оттеняет другую сторону окружающего живые организмы пространства. Говорят об аэробных и анаэробных, почвенных, климатических, экстремальных, природных, социальных, биологических, политических, физических и других условиях жизни, т. е. подчеркивается их функциональная особенность, направление воздействия в данный момент. Можно сказать, что понятие отражает временной аспект общего пространства-времени, окружающего живые организмы.

В конкретных задачах среда обитания и условия жизни всегда выражаются в виде набора каких-либо количественных и качественных показателей, определяемых как факторы.

¹⁰ См.: Реймерс Н. Ф. Природопользование. М., 1990.

Экологический фактор

Понятие фактора не принадлежит одной экологии. Она использует его, придавая соответствующую окраску.

Наиболее общее представление разработано в математике, где фактор есть выражение корреляции между векторными переменными и определяется как косинус угла между ними. Корреляция позволяет судить о силе и направлении взаимной зависимости выбранных характеристик (переменных). Сила связи меняется во времени по синусоиде от +1 до -1. Положительная корреляция означает, что выбранные переменные меняются в одном направлении, отрицательная — в противоположных, а при нулевой можно говорить об их независимости.

В других науках фактор рассматривается как движущая сила процессов или условие, влияющее на них, существенное обстоятельство в каком-либо процессе или явлении.

Экология имеет дело с переменными, характеризующими живое и его окружение. В одних случаях движущей силой является живая компонента, в других — окружающая его среда. Поэтому переменные, рассматриваемые как воздействие, могут меняться местами в зависимости от решаемых задач. Например, при изучении влияния климата на распространение лесной растительности как воздействие будут рассматриваться характеристики климата и, наоборот, при исследовании роли леса в формировании климатических процессов движущей силой будут выступать характеристики лесной растительности. Поэтому экологический фактор может быть определен следующим образом:

Экологический фактор есть выражение корреляции между переменными, выступающими как характеристики живого и окружающей его среды.

Фактор как движущая сила процессов (условие, влияющее на них, существенное обстоятельство, воздействие) является частным выражением этой корреляции в конкретных задачах. Поэтому физические, химические, биологические, социальные и другие воздействия, рассматриваемые в рамках конкретной экологической системы, всегда выступают как экологические.

Иногда используют понятие элементарного экологического фактора. Под ним понимается любое воздействие, оказывающее прямое влияние.

Классификация экологических факторов

Существует довольно значительное количество попыток классификации факторов. В большинстве случаев они построены на принципе антиномий и, строго говоря, не имеют отношения к классификации. Обычно выделяют следующие факторы: биотические — абиотические, внутренние — внешние, прямо действующие — косвенно действующие, космические — земные, элементарные — комплексные, природные — антропогенные и т. д.

Использовать идею адаптации, т. е. определенной корреляции между живым и средой его обитания, для классификации экологических факторов предложил А. С. Мончадский¹¹. Его подход точно соответствует сути экологии и ее основному понятию. В рамках этой идеи выделяют следующие факторы.

- **Первичные периодические факторы.** Им свойственна правильная периодичность: суточная, сезонная, годовая как прямое следствие положения Земли в структуре Солнечной системы и космоса. Определяющим для живого являются периодические изменения прихода солнечной радиации на тот или иной участок земной поверхности. Адаптация живого к этой группе воздействий имеется везде, куда проникает солнечный свет. В глубоководных и подземных местообитаниях такой адаптации не наблюдается. Конечная ответная реакция живых организмов на эту группу воздействий заключается в изменении ареалов.

- **Вторичные периодические факторы.** На Земле солнечный луч встречается с большим разнообразием поверхностей: вода и суша, склоны гор разной экспозиции и крутизны, лесная

¹¹ См.: Мончадский А. С. Классификация факторов окружающей среды // Зоол. журн. 1958. Т. 37, вып. 5. С. 680—690.

и луговая растительность, пашни, пустыни, снег и т. д., что приводит к различной его трансформации в каждом конкретном месте. Следствием является различная температура воды и воздуха, меняющаяся влажность воздуха, содержание газов в воде и т. д. Живое отвечает на это различными морфофизиологическими, поведенческими и другими изменениями. Именно эти воздействия обуславливают конкретные условия существования живых организмов. Конечный итог выражается в неравномерном распределении живого по поверхности Земли и колебаниях численности отдельных видов в конкретных местообитаниях.

• **Непериодические факторы.** Они существуют всегда, но проявляются без какой-либо периодичности. К ним относятся явления, получившие название стихийных: грозы, землетрясения, пожары, извержения вулканов и т. п. Живое не имеет адаптивных реакций на такие воздействия.

Деятельность человека рассматривается в экологии как антропогенное (антропическое) воздействие. Наиболее существенную попытку его определить и классифицировать сделал И. П. Лаптев¹². Данное им определение формулируется следующим образом:

Порожденные деятельностью человека тела, вещества, процессы и явления, воздействующие на природу совместно с естественными, называются антропогенными факторами.

Воздействие человека предлагается классифицировать по следующим основным признакам:

- природа воздействия (механические, физические, химические, биологические и т. д.);
- общие особенности (первичные, вторичные);
- время происхождения и действия (произведенные в прошлом и в настоящее время);
- длительность действия;
- способность накапливаться;
- способность к миграции;

¹² См.: *Лаптев И. П.* Теоретические основы охраны природы. Томск, 1975.

- масштабы охватываемого пространства;
- стойкость вызываемых изменений;
- виды деятельности человека.

Видимо, можно согласиться с предложенным определением антропогенного воздействия, а в классификации лучше использовать идею А. С. Мончадского. Какие бы оттенки воздействия человека на окружающий мир мы ни стремились включить в классификацию, всегда есть опасность чего-нибудь не учесть. В то же время можно совершенно точно сказать, что любые воздействия человека на окружающий мир могут иметь периодический или случайный (непериодический) характер. В зависимости от размера охватываемого воздействием человека пространства, включающего живую и неживую компоненты, ответная реакция оценивается по состоянию живой компоненты этого пространства и выражается в виде изменения: ареалов видов, численности живых организмов в конкретном местообитании, нормы реакции различных органов и функций отдельного организма.

Ответная реакция самого человека на действия, производимые им в окружающем мире, проявляется в виде увеличения или уменьшения заболеваний (смертности), а в конечном итоге — изменения сроков продолжительности жизни, что и отражается в степени заселенности той или иной территории.

Правила действия экологических факторов

При всем разнообразии природных и антропогенных воздействий — физических, химических, биологических, социальных, экономических и т. п., оказывать свое влияние они могут тремя основными способами: периодически, ступенчато, импульсно.

Повторяемость процессов в окружающей среде и соответствующие изменения ответных реакций живого дают надежную основу для прогнозирования. Можно сказать, что точность экологических прогнозов определяется степенью синхронизации периодичности воздействия и ответной реакции живого.

Ступенчатая и импульсная формы воздействия являются главными «нарушителями» процесса синхронизации. Внезапность изменения одной переменной и невозможность такой же мгновенной ответной реакции, регистрируемой по другой переменной, приводят к необходимости выделения некоторого промежутка времени, в течение которого происходит процесс усвоения и переработки воздействия. Он носит название переходного периода. Это время смены принципов, на которых строятся взаимосвязи между живыми организмами и их окружением, осуществляется выбор пути становления и дальнейшего развития. В переходный период в полной мере проявляется действие принципа временной независимости, а правило лимитирующего действия фактора перестает действовать.

Разнообразие проявлений внешней среды создает впечатление, что живое отвечает таким же разнообразием ответных реакций. Обычно под этим понимаются ответные реакции разных уровней иерархии: генетического, биохимического, физиологического, морфологического, поведенческого, популяционного, биоценозного. Поэтому это есть разнообразие иерархии, а не разнообразие ответа. Общий же характер ответной реакции для каждой ступени иерархии однотипен и выражается, по образному выражению Ю. Н. Куражковского, «премудрой кривой» (рис. 2.4).

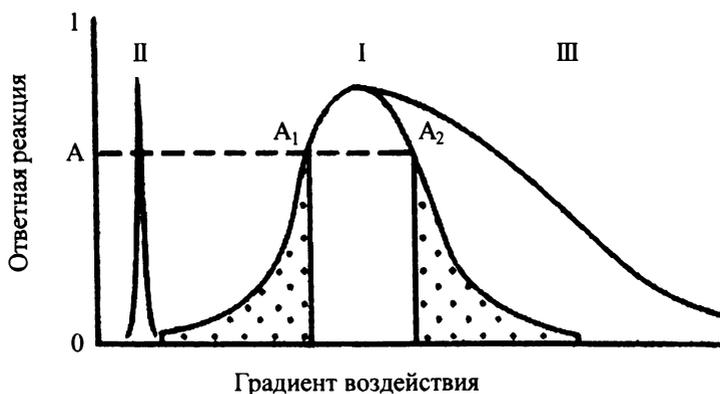


Рис. 2.4. Графическое выражение ответной реакции одной переменной при возрастающем действии другой:

I — теоретический (идеальный) ответ; II, III — предельные (реальные) случаи ответа

Анализ теоретического (идеального) изменения одной переменной при возрастающем действии другой позволяет сделать некоторые заключения.

1. Ответная реакция нелинейна.

2. Существует диапазон выносливости изменений одной переменной при бесконечном увеличении действия другой. Если ответная реакция измеряется по живой компоненте, вводится понятие пределов выносливости (толерантности). Для характеристики широты диапазона применяются термины *стенотермный* (узкий) и *эврибионтный* (широкий). Например, по отношению к температуре — *стенотермный* и *эврибионтный*; к комплексу воздействий — *стенобионтный* и *эврибионтный*; и т. п.

3. Один и тот же ответ можно получить на разном фоне воздействия. Поэтому небольшое повышение воздействия в одном случае приведет к увеличению ответа (см. рис. 2.4, кривая I, точка A₁), в другом к его уменьшению (см. рис. 2.4, кривая I, точка A₂). Понимание этой особенности ответной реакции важно при разработке различных норм (ПДК, ПДВ и др.), т. к. мозаичность природных условий на поверхности Земли создает исходно неодинаковый фон, и поэтому, строго говоря, предельно допустимые концентрации и выбросы должны быть свои для каждой конкретной территории.

4. Существует диапазон изменений одной переменной, при котором другая дает предельный ответ (см. рис. 2.4, незаштрихованная область). Этот диапазон рассматривается в экологии как зона оптимальности.

5. Как недостаток, так и избыток воздействия снижают уровень ответа, что является одним из основополагающих обобщений в экологии и известно как *правило лимитирующего действия фактора (ов)* (см. рис. 2.4, заштрихованная область).

Следует отметить, что оно справедливо как для анализа одного воздействия, так и для рассмотрения совокупности воздействий. В последнем случае лимитирующим будет выступать тот фактор, который находится в минимуме, хотя других будет достаточно (закон минимума Ю. Либиха), или же тот, которого будет слишком много. Проблема загрязнений отдельных территорий связана с из-

быточным накоплением, а следовательно, и угнетающим воздействием на живое избытка различных химических соединений.

При применении этого правила в практических задачах необходимо иметь в виду следующее.

- В переходный период определить лимитирующий фактор невозможно, т. к. в этот момент происходит разрыв связей и отдельные компоненты (блоки, части) ведут себя достаточно автономно. Проявляется действие принципа временной независимости. По мере восстановления прежних связей или формирования новых начинается опять проявляться правило лимитирующего действия фактора. Другими словами, правило лимитирующего действия фактора(ов) есть правило стационарного состояния процессов.

- Воздействия взаимодействуют, т. е., кроме корреляции между живым и его окружением, существует еще проблема взаимодействия как внутри живого (например, внутри- и межвидовые отношения), так и в окружающей среде (взаимодействие света, тепла, влаги, содержания газов и т. д.). Именно эта особенность привела к необходимости выделения элементарного экологического фактора (см. выше).

- Другой аспект данного явления — возможность частичной замены одного воздействия на другое. Например, при засухе можно уменьшить количество необходимой для полива воды внесением больших количеств азотных удобрений. На практике это означает появление новых проблем, решение которых может потребовать еще больших усилий.

- Невозможность выделить в чистом виде независимые воздействия приводит к проблеме комплексного описания взаимодействий. Она не сводится к простому увеличению числа выделяемых аспектов, т. к. неясно, происходит при этом слияние свойств и выявление нового или их простое увеличение (скручивание), ведущее к увеличению сведений о корреляциях, но новые свойства не проявляются. Одно из решений этой задачи состоит в рассмотрении проблемы комплексности как проблемы иерархии взаимодействий.

Основная ценность правила лимитирующего действия факторов состоит в том, что появляется возможность представлять взаимо-

отношения живых организмов и среды с позиции «узких мест». Поиск таких «узких мест» в конкретных природных ситуациях составляет одну из главных исследовательских задач теоретической экологии. Накопленные к настоящему времени сведения позволяют сформулировать некоторые обобщения, которые могут быть полезны при решении конкретных проблем.

Если вид обладает широким диапазоном выносливости к мало меняющимся воздействиям, то вряд ли они станут лимитирующими, и наоборот, если известно, что вид обладает узким диапазоном выносливости к какому-нибудь сильно изменчивому воздействию, то оно, вероятнее всего, и будет лимитирующим.

Главное внимание следует уделять тем воздействиям, которые функционально важны в рамках решения конкретной задачи.

Наблюдения и анализ экологических взаимосвязей в природе показали, что в отношении живых организмов это правило может быть дополнено рядом положений:

— организмы могут иметь широкий диапазон выносливости в отношении одного воздействия и узкий в отношении другого (неравноценность факторов);

— организмы с широким диапазоном выносливости ко многим воздействиям обычно широко распространены (космополиты), а с узким диапазоном имеют небольшой ареал (реликты, эндемы);

— если условия по одному воздействию неоптимальны, то может измениться и диапазон выносливости к другим воздействиям (экологический и физиологический оптимумы);

— период размножения является обычно критическим, многие воздействия становятся лимитирующими именно в это время.

6. Симметричность ответной реакции возможна только теоретически. Наиболее близкое приближение к ней происходит при периодическом воздействии. Ступенчатое и импульсное воздействия достаточно сильно изменяют характеристики как левой, так и правой части «премудрой кривой» (см. рис. 2.4, кривая III). Наиболее сильному изменению подвергается правая часть этой зависимости, т. к. после достижения предельного ответа возможно установление на этом уровне нового стационарного состояния взаимосвязей, пол-

ное их уничтожение (смерть), а также проявление всего разнообразия ответов между этими крайними вариантами.

Другой крайний вариант ответа (см. рис. 2.4, кривая II) является выражением известного в физиологии нервной системы закона «все или ничего». В природных условиях подобную ответную реакцию можно наблюдать при внезапном сползании склона горы, полном, облавном уничтожении животных, при применении больших доз ядохимикатов и т. п.

Анализ рассмотренных выше понятий экологической системы и экологического фактора показывает, что экология использовала в качестве базового общенаучные понятия системы и фактора, достаточно сильно трансформировав их для своих целей. Этот же подход используется и для формирования всей понятийной области экологии: экологическая катастрофа, экологический кризис, экологическая политика, экологический туризм, экологический риск и т. д.

Рассмотрим в качестве примера трансформацию при применении в экологии еще двух понятий, достаточно часто встречающихся в средствах массовой информации, — экологическая катастрофа и экологический кризис.

• **К а т а с т р о ф а** (в переводе с гр. «переворот»). Следуя этому значению, экологическую катастрофу следует понимать как переворот во взаимосвязях живых организмов и окружающей их среды. Причины такого явления могут быть различны.

В настоящее время существует два основных взгляда на экологическую катастрофу¹³:

1. Экологическая катастрофа — природное явление, фаза развития биосферы, во время которой происходит смена видов живых организмов. Одни вымирают, другие получают возможность захватить (заселить) освободившееся место.

2. Экологическая катастрофа — авария технических устройств (прорыв плотины, разлив нефти и т. п.), приводящая к остро неблагоприятным изменениям в среде и, как правило, к массовой гибели живых организмов и экономическому ущербу.

¹³ См.: Реймерс Н. Ф. Указ. соч.

Нетрудно заметить, что эти два взгляда различаются только причиной, вызвавшей изменения в окружающей живые организмы среде. В первом случае считается, что это природные явления, а во втором — результат деятельности человека. В обоих случаях следствия оцениваются по состоянию живых организмов. Следовательно, если искать разницу в этих взглядах, надо понять, чем отличаются природные аварии от аварий, связанных с деятельностью человека.

Поставим мысленный эксперимент. Допустим, что нам представилась возможность миллиард лет назад установить на Луне кинокамеру и что она каждый миллион лет фиксировала состояние поверхности Земли. В настоящее время космонавты доставили ее на Землю. На экранах своих телевизоров мы увидели бы фантастический фильм. Современные знания в области геологии, палеонтологии, географии, биологии позволяют в какой-то (видимо, весьма приближенной) степени восстановить эту картину.

Формирование океанов и суши, движение материков, образование и изменение горных хребтов, появление и исчезновение рек, озер, морей. Удивительный мир неизвестных нам растений и животных, стремительно захватывающих всю Землю и так же быстро исчезающих. Непрерывное извержение вулканов, землетрясения, грозы, ураганы, пожары, появление и исчезновение ледниковых покровов — вот далеко не полный перечень того, что мы смогли бы наблюдать. Другими словами, мы увидели бы непрерывную череду сильнейших экологических катастроф.

Сократив в последний миллион лет интервал съемок, допустим, до 10 тыс. лет, мы стали бы замечать появление новых проявлений экологических катастроф: распаханная земля, перегороженные реки, уничтоженные леса, компактное повсеместное поселение одного вида, которого мы сами назвали человеком. При этом общий фон глобальных геологических, географических процессов (катастроф) не изменился. Увеличив разрешающую способность в последнее тысячелетие до ста лет, мы смогли бы зафиксировать появление и исчезновение отдельных скоплений масс людей, их быстрое перераспределение по поверхности Земли. В дальнейшем уменьшении интервала нет надобности, т. к. это уже наше время, и сейчас

воздействие человека меняет состояние окружающей его среды в промежутки времени менее ста лет (например: «была гора Высокая, стала яма глубокая» — Нижний Тагил; была степь раздольная, стал пятисотметровый котлован — Коркинский угольный разрез; равнинная река Волга превращена в каскад мелководных водохранилищ и т. д.).

Проведенный мысленный эксперимент помогает понять, что воздействия человека на окружающий мир принципиально отличаются от тех процессов, которые совершаются в природе, только они, осуществляясь локально, но повсеместно, существенно усиливают скорость изменения окружающего живые организмы мира, тем самым ускоряя соответствующие процессы в самом живом мире. Глобальные изменения (экологические катастрофы) необратимы. Поэтому можно сделать заключение, что экологические катастрофы — это одно из состояний природы, связанное с необратимыми изменениями в ней.

Природные катастрофы происходят постоянно и в наше время. Почти каждый день средства массовой информации сообщают о землетрясениях, циклонах, тайфунах, извержениях вулканов, засухах, «небывалых» ливнях, эпидемиях и т. д. Все эти явления есть не что иное, как проявление непрекращающегося процесса активной жизни нашей планеты. Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что естественный фон экологических катастроф человек в XX в. усилил своей деятельностью. Достаточно вспомнить две мировые войны, Хиросиму и Нагасаки, атомные полигоны, сотни тысяч тонн радиоактивных захоронений в океанах, аварии в Челябинске, Чернобыле и в Бхопале. Это только то, что уже проявилось. Главное в другом: в XX в. человечество создало мощную материально-техническую базу самоуничтожения. Она стоит на трех основных китах: 1) атомное оружие и атомная энергетика; 2) химическая промышленность (производство отравляющих веществ, ядохимикатов, бытовой химии); 3) биотехнология (создание организмов с заданными свойствами).

В основе этого фундамента самоуничтожения лежат крупнейшие достижения научной мысли XX в.: расщепление атомного ядра,

достижения в области химического катализа, расшифровка генетического кода.

Глубокий прорыв научной мысли в область незнаемого обернулся для человечества очень реальной возможностью самоуничтожения. Интересно, что время осознания опасности использования достижений науки сокращается. Для понимания опасности использования атомной энергии как в мирных, так и в военных целях потребовалось около 80 лет: от открытия Беккерелем явления радиоактивности до Чернобыльской трагедии. Опасность беспредельного увеличения химических соединений, отсутствующих в природе, осознана за 25—30 лет: от синтеза ДДТ (30-е гг.) до книги Р. Л. Карсон «Безмолвная весна» (50-е гг.). Расшифровка генетического кода и открывающиеся при этом возможности создания организмов с заданными свойствами осознаны сразу же, что позволило поставить под контроль исследования в этом направлении, но не избавило человечество от перспективы прекратить свое существование от «неизвестных» эпидемий. В настоящее время вполне реально обсуждается создание «пси-оружия», отрицательные последствия применения которого осознаны уже на уровне идеи.

Любопытство человека безгранично, и он всегда будет стремиться познать суть процессов, протекающих в окружающем мире и в нем самом. Глобальность отрицательных следствий возможного применения научного знания выдвигает на первый план вопрос о морально-этических нормах людей, ответственных за использование достижений научной мысли.

• **К р и з и с** (в переводе с гр. означает «решение», «поворотный пункт», «исход»). В широком смысле экологический кризис понимается как фаза развития биосферы, на которой происходит качественное обновление разнообразия живых организмов: вымирание одних видов и появление на арене жизни других. В этом плане понятия кризиса и катастрофы совпадают, т. к. смены флор и фаун коррелируют с крупными природными событиями. Достаточно вспомнить, что геохронология основных этапов истории Земли разработана на основе детального анализа изменений видового состава живых организмов.

В узком смысле экологический кризис понимается как напряженное состояние взаимоотношений между человеком и природой. В истории человечества такие состояния возникали неоднократно. Само появление прямоходящих антропоидов следует считать поворотным пунктом (кризисом) в истории Земли, т. к. их дальнейшая эволюция отмечена непрерывным усилением воздействия на окружающую среду и, как следствие этого, исчезновением других видов растений и животных. Сопоставление сведений о древних миграционных потоках людей и вымирании крупных животных дает основание считать виновником некоторых экологических кризисов человека (табл. 2.4).

Таблица 2.4

*Появление человека и исчезновение в это время
крупных животных (по Н. Ф. Реймерсу)*

Появление человека		Виды животных, исчезнувших в это время
Географическое место	Время, тыс. лет	
Африка, Юго-Восточная Азия, Европа	до 40,0	Жираф с красными рогами
Австралия	20,0—13,0	Гигантский сумчатый грызун
Север Евразии и Северной Америки	13,0—11,0	Мамонт, древний слон
Центральная Америка	11,0—10,5	Саблезубый тигр
Южная Америка	10,5—2,0	Гигантский ленивец, глиптодонт
Мадагаскар	1,0—0,4	Гигантский лемур

Современное напряженное состояние взаимоотношений человека и природы есть следствие как природных процессов, так и интенсивного развития промышленного и сельскохозяйственного производства, создания большого количества различных веществ, в том числе и таких, которые не могут быстро включаться в существующие на Земле круговороты вещества. Результатом является резкое, прежде всего геохимическое, изменение окружающего мира, что

и оценивается человеком как неблагоприятное состояние, или экологический кризис. Но если катастрофа — необратимое явление, то кризисная ситуация может быть обратима, особенно при небольших, локальных изменениях окружающего нас мира: засушливое лето, очень холодная зима, возврат холодов в начале лета, ранние заморозки в конце лета и т. д.

Анализ русских исторических источников позволил Е. П. Борисенкову и В. М. Пасецкому выявить некоторые закономерности этих процессов на европейской части нашей страны за прошлое тысячелетие (табл. 2.5)¹⁴.

Установлено общее увеличение экстремальных природных явлений от X к XIX в., даже если принимать во внимание более тщательную регистрацию этих явлений в последние столетия. Показано, что для нашей страны основной причиной неблагоприятия (кризисной ситуации) являются засухи. Расплата же за все эти природные катаклизмы одна — голод. Фактически за истекшее тысячелетие, при значительно лучшем состоянии природы, чем в настоящее время, каждый второй-третий год на Руси был голодным.

Современный экологический кризис является глобальным, охватывает всю поверхность Земли, и потому выход из него является задачей для всего человечества. Таким образом, в отношении понятийного аппарата современной экологии можно сформулировать следующее обобщение.

Современная экология не имеет собственного, только ей присущего понятийного аппарата. Она использует понятия из любой области знаний, трансформируя их для своих задач, предупреждая о таком использовании определяющим словом **экологический (ая)**.

В заключение формулируем основные положения, развиваемые в лекции.

- Естественные науки занимаются изучением земных природных объектов, которые могут быть представлены в виде различных систем.

¹⁴ См.: Борисенков Е. П., Пасецкий В. М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М., 1988.

Таблица 2.5
 Экстремальные природные явления, зарегистрированные в русских исторических источниках X—XIX вв.
 (по Е. П. Борисенкову, В. М. Пасецкому)

Природное явление	Количество зарегистрированных явлений по векам										Всего за тысячу лет
	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII	XIX	
Засуха	18	25	34	35	38	26	27	46	42	70	360
Нашествие вредителей	—	4	3	—	1	2	9	15	7	52	93
Мороз в конце лета	—	—	4	4	5	8	7	13	7	32	80
Холодная зима	16	17	18	25	30	31	32	32	41	51	293
Мягкая зима	—	2	15	14	8	9	20	7	27	28	130
Небывалое половодье	4	2	4	8	9	7	11	13	43	36	137
Возврат холодов в начале лета	—	1	3	4	4	6	14	18	10	45	105
Великая буря, гроза	2	2	18	14	25	30	34	31	31	59	136
Землетрясение	3	4	10	3	4	6	7	8	50	67	162
Эпидемия, эпизоотия	—	4	7	11	24	26	23	19	18	63	185
Голодный год	13	11	24	34	37	41	48	65	75	85	433

- Принцип системности есть метод исследования природного объекта.

- В экологии природный объект представляется в виде экологической системы, которая определяется как модель взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи. Границы экосистемы определяются условиями задачи.

- Биота и окружающая ее среда должны быть представлены в экосистеме набором характеристик, соответствующих друг другу (пространственно-временная совместимость).

- Общие закономерности взаимоотношений биоты с окружающей средой распространяются и на взаимодействие человека со своим окружением. Экологические проблемы составляют саму суть существования человека, поэтому их нельзя решить раз и навсегда — необходимо постоянно решать их.

- Экология не располагает в настоящее время собственными развитыми классификациями экологических систем. Она чаще пользуется классификациями, разработанными в других областях знания, приспособливая их для своих целей.

- Для характеристики окружающей живые организмы среды в экологии используются такие понятия, как среда обитания, условия жизни, экологический фактор. Понятие «среда обитания» отражает фазовое состояние пространства, окружающего живые организмы; «условия жизни» — функциональное назначение, направленность действия, временной аспект этого пространства; «экологический фактор» — количественные и качественные характеристики взаимосвязи живого со своим окружением.

- Понятие фактора не принадлежит только экологии. Наиболее общие представления разработаны в математике, где фактор есть выражение корреляции между векторными переменными. Экологический фактор есть выражение корреляции между живым и его окружением. Физические, химические, биологические, экономические, социальные и другие воздействия в рамках экосистемы рассматриваются как экологические факторы.

- Наиболее соответствует задачам экологии подход к классификации воздействий, предложенный А. С. Мончадским, т. к. он основан на выявлении корреляций между живым и его окружением.

- Общий характер изменения одной переменной при возрастающем действии другой позволяет сформулировать ряд положений по взаимосвязи живого и его окружения:
 - ответная реакция нелинейна;
 - выделяется диапазон выносливости и зона оптимальности по одной переменной при увеличении действия другой;
 - один и тот же ответ можно получить при разном исходном фоне;
 - как недостаток, так и избыток воздействия снижают уровень ответной реакции (правило лимитирующего действия фактора);
 - симметричность ответной реакции возможна только теоретически, наиболее сильному изменению в реальных ситуациях подвергается правая часть «премудрой кривой».

ЛЕКЦИЯ 3

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Место биосферы в структуре геологических оболочек Земли. — Границы биосферы. — Биосфера как экосистема. — Концепции биосферы. — Географическая концепция и ее основные положения. — Биогеохимическая концепция биосферы В. И. Вернадского. — Понятие живого вещества и его основные характеристики: масса, средний химический состав, запас свободной энергии. — Основная функция живого вещества и ее проявление. — Биогеохимические принципы эволюции биосферы. — Поле живого вещества. — Устойчивость биосферы. — Сравнительная характеристика географической и биогеохимической концепций биосферы

Жизнь создает в окружающей среде условия,
благоприятные для своего существования.

В. И. Вернадский

Отыщи всему начало, и ты многое поймешь.

Козьма Прутков

Учение о биосфере является самым крупным научным достижением XX в. Для понимания данного вывода необходимо различать технические и концептуальные прорывы в неизвестное.

Современная научная картина мира, в рамках которой происходит формирование стереотипов поведения людей индустриального общества, начала формироваться в XVII в. Отличительная черта этой картины мира — отсутствие в структуре мироздания живого как обязательного компонента. Вместе с живым из научного мировоззрения исчезли и нравственные критерии научного знания. Поэтому XX в. характеризуется великими техническими прорывами и такими же безнравственными их следствиями. Расщепление атома, химический синтез, расшифровка генетического кода, осво-

ение атмосферы и космоса и т. д. — великие свершения человеческой мысли. Радиоактивное и химическое загрязнения окружающей среды, генетическое изменение растений, животных, микроорганизмов, клонирование человека и т. п. — практические следствия этих технических прорывов — в полной мере поставили вопрос о необходимости нравственных критериев для самого научного процесса.

Какими бы впечатляющими ни были эти достижения, они не меняют представления о природе человека и его месте в структуре мироздания. Технические прорывы не выходят за рамки принятой научной картины мира.

Концептуальные прорывы связаны с изменением основополагающих представлений о пространстве, времени, энергии, веществе, информации и, в конечном итоге, о самом человеке и его месте в структуре мироздания. Такой концептуальный прорыв произошел в 20—30-е гг. XX в. в виде сформированного в нашей стране учения о биосфере В. И. Вернадского. На фоне технических прорывов он прошел незаметно, т. к. не обещал быстрого и сиюминутного решения практических задач, а указывал направление в котором следует двигаться научной мысли. Постепенное осмысление биосферных представлений В. И. Вернадского началось в 60—70-е гг. и продолжается до сих пор.

Основным положением учения о биосфере является представление о неразрывности связи живого со своим окружением. Новым оно является для физической научной картины мира, а в истории человеческого знания хорошо известно, различаясь интерпретациями в натурфилософии, религиях, обычаях разных народов.

Необходимо отметить интересную параллель: отчуждение живого из структуры мироздания и становление безнравственной в своей основе рыночной экономики совпадают по времени.

Термин «биосфера» появился в конце XVIII в. в научной среде школы Ж. Бюффона. Первоначальное понимание биосферы как маленьких бессмертных глобул жизни постепенно заменяется представлениями о биосфере как геологической оболочке. Ж. Ламарк



Эдуард Зюсс
(1831—1914)



Владимир Иванович
Вернадский (1863—1945)

был одним из первых, кто попытался это сделать. В XIX в., особенно во второй его половине, Э. Зюсс уже в полной мере ставил биосферу в один ряд с другими геологическими оболочками, понимая под ней совокупность всех живых организмов, находящихся на Земле.

В первой половине XX в. В. И. Вернадский, занявшись проблемами биосферы, уточняет определение Э. Зюсса и говорит о биосфере как области распространения жизни, включающей наряду с живыми организмами и среду их обитания, т. е. биосфера по определению может быть представлена только как экологическая система.

Место биосферы в структуре Земли. Границы биосферы

В геологических оболочках границы биосферы определяются условиями, при которых возможно существование живых организмов.

За верхнюю границу биосферы в атмосфере принимается озоновый слой, т. к. выше его мощный поток ультрафиолета убивает все живое. Полеты человека в космическом пространстве выше этой границы вносят неопределенность в данный вопрос.

Границы распространения живых организмов в литосфере определяются температурой. По современным данным живое не может

существовать при температурах выше $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самые термофильные бактерии живут в горячих источниках при температурах, близких к $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Открытие в Мировом океане гидротерм с температурами выше ста градусов и фиксация в их районе разнообразных форм жизни делает этот критерий неабсолютным.

Еще более неопределенная ситуация сложилась со средовыми границами биосферы. Хорошо известны живые организмы, освоившие не только кислородную, но и бескислородную среду обитания. Открыты водородные, метиловые, метановые, железобактерии и т. д., живущие в соответствующих средах. Нахождение грибов в ядерных реакторах говорит о способности живого осваивать и выскоорadioактивные условия. Трудно сказать, какие среды не могут быть подвергнуты атаке жизни, и вопрос о средовых границах жизни остается открытым.

Основные концепции биосферы

Исторически первой концепцией биосферы является географическая. Основу концепции составляет закон периодической зональности процессов и явлений на Земле как следствие космического положения планеты — расстояния от Солнца, скорости вращения, угла наклона земной оси. Учение о природных зонах А. Гумбольдта и В. В. Докучаева составляет главное обобщение этой концепции. Структура биосферы представлена в ней физико-географическими поясами, состоящими в свою очередь из географических зон, подзон, областей, различающихся по тепловому балансу. Выделяют семь основных поясов: полярный (арктический и антарктический), субполярный (субарктический и субантарктический), умеренный (северный и южный), субтропический (северный и южный), тропический (северный и южный), субэкваториальный (северный и южный), экваториальный. Соответственно каждому такому географическому подразделению соответствует свой растительный и животный мир. В экологии данный закон реализуется в периодической системе экологических условий суши (см. лекцию 2).



Александр Гумбольдт
(1769—1859)



Василий Васильевич
Докучаев (1846—1903)

Соотношение видового разнообразия живого мира с количеством тепла и влаги в каждом конкретном месте земной поверхности лежит в основе экологической оценки любого ее участка.

В рамках данной концепции рассчитаны радиационный и тепловой балансы Земли, разработаны различные формы районирования поверхности: физико-географическое, экономико-географическое, социально-географическое, климатическое, геоморфологическое, почвенное, геоботаническое, зоогеографическое и др. Это позволило сформулировать три эмпирических обобщения.

1. **П р и н ц и п Т и н е м а н н а.** При благоприятных условиях среды наблюдается большое число видов, каждый из которых представлен небольшим числом особей.

2. **П р а в и л о А л л е н а.** Отражает закономерность изменения размеров поверхности тела у теплокровных животных с изменением климатических условий. У животных, населяющих более холодные участки ареала, выступающие части тела — конечности, хвост, ушные раковины и т. п. — меньше, чем у представителей этого вида из более теплых местностей. Есть исключения: например, длина клюва птиц не подчиняется этому правилу.

3. **П р а в и л о Б е р г м а н а.** Отражает изменение размеров тела у теплокровных животных в связи с изменением температурного фактора. У животных одного вида или группы близких видов размеры тела больше в холодных частях ареала и меньше в более теп-

лых. Правило выражает адаптацию животных к температурному режиму разных климатических условий. У более крупных животных отношение поверхности тела к его объему меньше, чем у мелких. Поэтому и меньше расходы энергии для поддержания постоянной температуры тела при более низких температурах окружающей среды. Для животных с непостоянной температурой тела обычна обратная зависимость.

Географическая концепция биосферы не выходит за рамки земных процессов, т. к. привязана к нашим земным закономерностям. В рамках данной концепции решаются все территориальные экологические проблемы: районирование территории, составление различных кадастров, размещение населенных пунктов и территориально-производственных комплексов, распашка земель для сельскохозяйственного использования и т. д.

Различия в характеристиках живой компоненты экосистемы (видовой состав) и окружающего мира (температура, влажность и т. п.) являются источником идей о противостоянии живого и окружающего его мира, разных целевых установках, несовместимости, противоборстве и т. п.

Постоянное количество солнечной энергии, приходящее на поверхность Земли (солнечная постоянная), — начальный момент рассмотрения экологических взаимодействий в рамках географической концепции биосферы. Солнечная радиация формирует первый, главный энергетический поток, обеспечивающий экологические взаимодействия.

Представление о связи между живыми организмами и солнечным излучением возникло на ранних стадиях становления человечества. Мифы, легенды, сказки, предания отражают эту идею у всех народов Земли.

В начале 20-х гг. XX в. А. Л. Чижевский собрал и научно обработал большое количество сведений о связях между состоянием Солнца и живыми организмами¹.

¹ См.: *Чижевский А. Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.

Земля как нагретое тело создает второй поток электромагнитного излучения, имеющий значение для экологических взаимодействий.

Человек, осуществляя свою перерабатывающую функцию, формирует третий поток, который в экологии часто называют энергетической субсидией.



Александр Леонидович
Чижевский (1897—1964)

Баланс солнечной энергии на Земле

На верхнюю границу атмосферы поступает постоянно $8,29 \text{ Дж/см}^2 \cdot \text{мин}$ солнечной энергии. Поверхности Земли достигает только около двух третей этой энергии.

В ясный день солнечный свет, достигающий поверхности Земли, состоит примерно из 10 % ультрафиолета, 45 % инфракрасного излучения и 45 % видимого света.

Степень ослабления электромагнитных излучений Солнца в атмосфере нелинейна и зависит от длины волны (рис. 3.1).

Ультрафиолет с длиной волны меньше 300 мкм почти не проходит через озоновый экран, видимый свет ослабляется относительно равномерно, инфракрасное излучение поглощается избирательно в разных длинах волн, что связано с наличием в атмосфере термодинамически активных примесей (ТАП) и проявляется в парниковом эффекте. Важнейшими из них являются водяные пары, углекислый газ, озон, взвешенные частицы (аэрозоли).

Помимо оптического «окна», расположенного в интервале 2900—2400 Å, атмосфера прозрачна также для радиоволнового излучения в интервале длин волн от 1 см до 20 м. Излучение в остальных участках спектра полностью или почти полностью поглощается в атмосфере Земли (см. рис. 3.1).

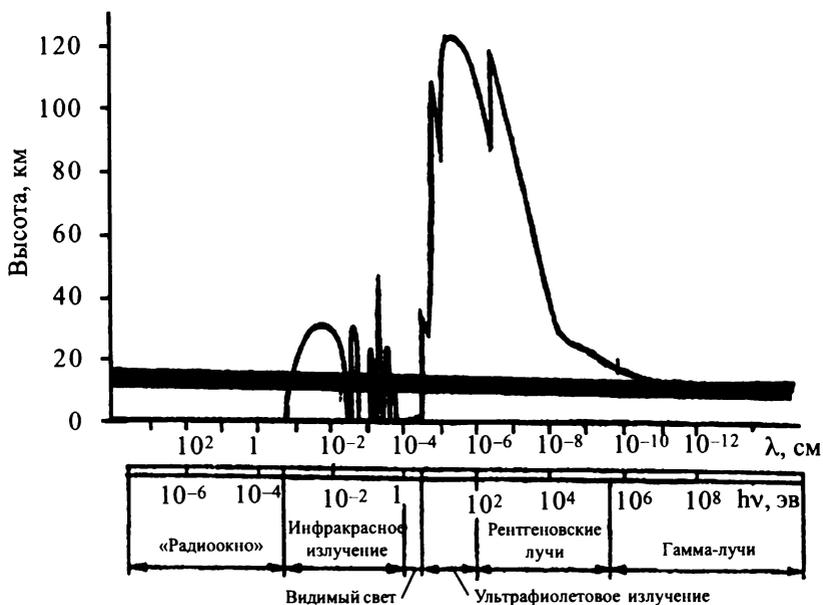


Рис. 3.1. Электромагнитные излучения космоса, достигающие поверхности Земли:

кривая соответствует ослаблению падающего излучения в 10 раз; черная полоса — зона озоновых слоев

• В о д ы в атмосфере содержится около 12,4 трлн т, что эквивалентно слою осажженной воды в 24 мм. Среднее годовое количество испарения и осадков примерно 780 мм, и поэтому водяной пар обновляется в атмосфере около 30 раз в год, или примерно каждые 11 дней. Водяной пар способен конденсироваться или сублимироваться на имеющихся в атмосфере частичках (аэрозолях), образуя туманы, облака с выделением большого количества скрытого тепла. Поэтому пар и особенно облачность резко влияют на потоки коротковолнового и длинноволнового излучения в атмосфере, внося самый большой вклад в парниковый эффект, т. е. способность атмосферы пропускать солнечную энергию до поверхности Земли и поглощать тепловое излучение подстилающей поверхности и нижних слоев атмосферы. Благодаря этому наиболее высокая температура создается у поверхности Земли. Образование осадков и их

выпадение происходит быстрее, чем испарение, вследствие чего атмосфера в целом далека от насыщения водяным паром, несмотря на то, что две трети ее нижней границы образованы поверхностью воды.

- **О з о н** в атмосфере содержится в переменных количествах (порядка одной миллионной доли), в основном на высотах 10—30 км, где он образуется под действием ультрафиолета из молекулярного кислорода в результате фотохимических процессов. Относительно большие (10—30 %) в течение суток естественные колебания атмосферного озона затрудняют выявление тенденций его изменения. Последствием этих процессов являются колебания падающей на поверхность Земли биологически активной ультрафиолетовой радиации.

Исследования на более чем 100 видах растений в контролируемых условиях (вегетационные камеры) показали, что около 20 % видов достаточно чувствительны к обычным дневным дозам ультрафиолета, у 60 % отмечается умеренная чувствительность, а остальные 20 % обладают резистентностью даже к четырехкратному увеличению дозы. Эксперименты с мышами показали, что ультрафиолетовая радиация снижает способность животных к отторжению УФ-индуцированной опухоли и усиливает предрасположение к появлению первичных опухолей.

- **А э р о з о л** и рассеивают солнечную радиацию, способствуют конденсации воды и тем самым усиливают нагрев атмосферы.

- **У г л е к и с л о д н ы й г а з** поглощает инфракрасные лучи, внося тем самым свой вклад в парниковый эффект, как и водяные пары.

Полное излучение Солнца и неба представляет сумму прямого и рассеянного света. Интенсивность полного излучения максимальна в условиях слабой облачности, не закрывающей солнечного диска, и падает с увеличением облачности за счет ослабления прямого излучения. Количество прямого излучения зависит от степени ослабления его в атмосфере, угла падения лучей и облачности.

Рассеянное излучение — результат взаимодействия прямого излучения с водяными парами, пылью и молекулами содержащихся в атмосфере газов. В пасмурные дни со сплошной облачностью этот вид излучения становится единственным. Интенсивность рассеян-

ного излучения зависит от высоты Солнца, степени прозрачности атмосферы, отражательной способности территории. Доля его наиболее высока зимой. По спектральному составу рассеянный свет несколько отличается от прямого: в области видимого участка спектра появляются максимумы при 450 и 420 нм и минимум при 430 нм, несколько повышается доля ультрафиолета. Рассеянный свет почти полностью поляризован, а имеющиеся экспериментальные данные позволяют считать такой свет достаточно мощным стимулятором роста и развития растений.

Мерой отраженного излучения является альbedo. Обычно его выражают в процентах от падающего. Величина зависит от характера поверхности (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Альbedo некоторых поверхностей Земли

Поверхность	Альbedo, %
Чистый сухой песок	90—95
Влажный, сырой, талый снег	40—50
Песок желтый	35
Глина влажная	16
Паровое сухое поле	8—12
Паровое влажное поле	5
Злаки в первой фазе развития	20
Злаки в период созревания	25
Заросли кустарников	10
Сплошной растительный покров	10—25

Другой фактор, определяющий альbedo, — состав излучения. Многие природные тела ведут себя как «серое» тело, т. е. осуществляют выборочное отражение и поглощение излучения определенных длин волн. Например, зеленый лист поглощает полностью ультрафиолет, в видимой области отражает главным образом зеленые лучи, почти полностью отражает инфракрасное излучение.

Общий баланс солнечной энергии на Земле может быть представлен следующим образом:

	%
Приход	100
Расход	
отражается	30
прямо превращается в тепло	46
затрачивается на испарение, осадки	3
расходуется на образование ветра, волн, течений	0,2
На процесс фотосинтеза	0,8

Приведенный баланс показывает, что основная масса солнечного излучения поступает в абиотическую компоненту и тратится на обеспечение положительной среднепланетарной температуры, которая в настоящее время составляет $+15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на высоте один метр над поверхностью земли и $+17,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поверхностном метровом слое океана.

В биотическую компоненту солнечная энергия поступает через процесс фотосинтеза, протекающего в зеленом листе, где и происходит превращение электромагнитного излучения Солнца в энергию химических связей (рис. 3.2).

Действия человека, связанные с усилением использования солнечной энергии (гелиоэлектростанции), крупномасштабным перераспределением вод суши (осушительная и обводнительная мелиорации больших территорий, создание водохранилищ, «переброска» вод северных рек на юг и т. п.), увеличением расхода солнечной энергии на интенсификацию процесса фотосинтеза на разных уровнях его организации («зеленая революция») и т. д., могут внести значительные изменения в естественный процесс реализации расходной части баланса, способствуя тем самым ускорению проявления экологических катаклизмов. В этом плане представление о солнечной энергии как экологически чистой не выдерживает критики.

Процесс начинается в реакционных центрах, состоящих из молекул хлорофилла. Здесь происходит образование первичных окислителя и восстановителя, которые затем инициируют цепь последовательных окислительно-восстановительных реакций, и в итоге



Рис. 3.2. Схема превращения солнечной энергии в биоте

солнечная энергия оказывается запасенной в химических связях таких соединений, как АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) и НАДФ.Н₂ (никотинамидадениннуклеотидфосфат). В дальнейшем эти соединения используются в цикле фиксации углекислого газа и превращения углерода в углеводы (цикл Кальвина). Образовавшиеся сахара служат источником энергии во всех клетках живых организмов и как субстрат для получения других органических веществ.

Основной путь преобразования сахаров, главным образом глюкозы, — гликолиз.

Гликолиз — ферментативный анаэробный процесс негидролитического распада углеводов до молочной кислоты. Обеспечивает клетку энергией в условиях недостаточного снабжения кисло-

родом у анаэробных организмов, а в аэробных условиях является стадией, предшествующей окончательному распаду углеводов до углекислого газа и воды в цикле трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Распад одной молекулы глюкозы по гликолитическому пути дает две молекулы молочной кислоты и «заряжает» две молекулы АТФ, что составляет около 5 % всей энергии, которая может быть получена при полном окислении. В гликолиз могут вовлекаться и другие сахара.

Ц и к л К р е б с а (цикл органических кислот) является общим заключительным этапом окислительного распада продуктов обмена углеводов, жиров, белков до углекислого газа и воды. Это основной источник энергии, обеспечивающий клеточные процессы и поставляющий органические вещества для биосинтетических реакций. Осуществляется в клеточных структурах — митохондриях. Цикл начинается с образования лимонной кислоты и заканчивается образованием щавелево-уксусной, двух молекул углекислого газа и 36 молекул АТФ. Промежуточные продукты цикла являются субстратами для других путей обмена веществ.

Для характеристики процессов превращения солнечной энергии на уровне организма и всего живого покрова планеты используется такое понятие, как продуктивность.

Скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема определяется как продуктивность живых организмов.

Различают валовую и чистую, первичную и вторичную продуктивность.

Валовая продуктивность — скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема с учетом всех расходов на собственные нужды.

Чистая продуктивность — скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема за вычетом всех расходов на собственные нужды.

Скорость образования органического вещества автотрофными организмами носит название первичной, а гетеротрофными — вторичной.

С 1964 по 1974 г. мировым сообществом ученых была реализована Международная биологическая программа (МБП), цель которой состояла в определении продуктивности различных природных образований — лесов, лугов, болот, морей и т. д. В результате получены сведения о естественных возможностях живого покрова нашей планеты создавать органическое вещество. Оказалось, что средняя чистая продуктивность Земли соизмерима с продуктивностью пустынь и составляет около $333 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$ (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Первичная (чистая) и вторичная продуктивности основных природных образований земной поверхности

Природные образования	Чистая продуктивность, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$		Вторичная продуктивность, 10^6 т/год
	Размах	Среднее	
Влажные тропические леса	1000—3500	2200	260
Тропические сезонно зеленые леса	1000—2500	1800	72
Вечнозеленые леса умеренного пояса	600—2500	1300	26
Листопадные леса умеренного пояса	600—2500	1200	42
Тайга	400—3000	800	38
Кустарниковые сообщества	250—1200	700	30
Саванна	200—2000	900	300
Луга, степи	200—1500	600	80
Тундра, высокогорье	10—400	140	3
Пустыни, полупустыни	10—250	90	7
Скалы, пески, ледники	0—10	3	0,02
Культурные земли	100—3500	650	9
Болота	800—3500	2000	32
Озера, реки	100—1500	250	10
Открытый океан	2—400	125	2500
Зоны апвеллинга	400—1000	500	11
Континентальный шельф	200—600	360	430
Рифы, заросли водорослей	500—4000	2500	36
Эстуарии	200—3500	1500	48

Невысокая средняя продуктивность поверхности Земли есть проявление общесистемного правила, гласящего, что энергетическая стоимость поддержания структуры зависит от ее размеров. В рамках экосистемной парадигмы его можно сформулировать следующим образом.

По мере увеличения размеров и сложности экологической системы растет та доля валовой продукции, которую надо расходовать на процессы самоподдержания системы, и падает та доля, которая может идти на дальнейшее увеличение размеров.

Когда уравнивается приход и расход энергии, рост системы прекращается. Количество живого вещества, которое может поддерживаться в этих условиях, называется максимальной поддерживающей емкостью среды. По экспертным оценкам оптимальная емкость для всей Земли, способная сохраняться длительное время, ниже максимальной, возможно, на 50 %.

В ходе работ по программе выяснилось, что доля валовой продукции, переходящей в чистую, зависит от широты местности и меняется от 40 % в зоне экватора до 75 % в высоких широтах. Поэтому к сформулированным ранее обобщениям можно добавить и это, обозначив его как правило зависимости от широты местности расхода продукции на собственные нужды.

Поток энергии, идущей от Земли как нагретого тела, составляет около 0,5 % солнечного излучения. Он образуется 1) из прямого нагрева Земли солнечным потоком; 2) за счет выделения тепла при гравитационном сжатии; 3) радиоактивного распада элементов; 4) выделения тепла в результате сухого трения слоев Земли.

В жаркий летний день количество тепла от Земли может быть таким же и даже превышать солнечный поток.

Разность между суммарным потоком излучения от Солнца и от Земли называется чистой радиацией. Она неодинакова над сушей и океаном. Между 40° с. ш. и 40° ю. ш. чистая радиация над океаном составляет около 1 млн ккал/м², а над сушей примерно 0,6 млн ккал/м² в год.

Энергетическая субсидия, или третий поток энергии, рассматривается в экологии как вспомогательная. К ней относят вся-

кий источник энергии, уменьшающий затраты на самоподдержание и увеличивающий ту долю энергии, которая может переходить в массу. Различают естественные субсидии и субсидии, связанные с деятельностью человека.

Естественные субсидии есть результат перераспределения солнечного и теплового потоков в отдельных местах земного шара. К ним относят приливно-отливные явления, ветер, дождь, выделение тепла в сейсмически активных зонах и т. п.

Человечество выступает как мощный трансформатор энергетических потоков на Земле. Выделение тепла, углекислого газа, аэрозолей и т. п. в процессе промышленного и сельскохозяйственного производства приводит к значительной трансформации естественных энергетических потоков в локальном и глобальном масштабах. Научиться управлять этими потоками, соизмерять их с естественными процессами в каждом месте земной поверхности — основная задача человечества.

Круговороты вещества на Земле — «ловушка» для энергии

Энергетические потоки не могут быть повторно использованы, т. к. в конечном итоге все виды энергии превращаются в тепло и уходят в мировое пространство. Энергия задерживается на Земле благодаря круговоротам, или циклам превращения вещества.

Земля в силу своих размеров не может удерживать гравитационными силами водород и гелий. Остальные элементы находятся в постоянном круговороте, проходя и через живые организмы.

Замкнутые пути, по которым циркулируют химические элементы, называются биогеохимическими круговоротами, или циклами.

Круговорот каждого элемента состоит из двух основных частей (фондов): большой, медленно движущейся массы, заключенной в какой-либо геологической оболочке — гидросфере, атмосфере, литосфере (резервный фонд); и небольшой, быстро движущейся массы, заключенной в живых организмах (обменный фонд).

В зависимости от того, в какой геологической оболочке сосредоточен резервный фонд того или иного элемента, выделяют два основных типа круговоротов: цикл газообразных веществ с резервным фондом в гидросфере и атмосфере; осадочный цикл с резервным фондом в литосфере.

Схемы круговоротов углерода, азота, воды, фосфора, серы и т. д. приводятся в любом учебнике по экологии. Их интересно рассматривать, обнаруживая при этом отличия в степени детализации отдельных звеньев в зависимости от специальности авторов. Значительно важнее понять общее направление мысли при моделировании круговоротов вещества. Один из возможных вариантов показан в табл. 3.3.

Любой круговорот может быть охарактеризован тремя основными показателями: 1) скоростью, 2) временем оборота и 3) коэффициентом рециркуляции.

- Часть общего количества химического элемента или соединения, которая входит или выходит из оборота за конкретный промежуток времени, определяет его **с к о р о с т ь**.

- **Время оборота** — величина, обратная скорости, т. е. время, необходимое для полной замены всего количества элемента или соединения, находящегося в цикле.

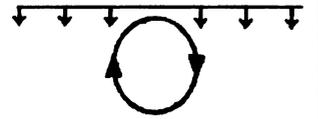
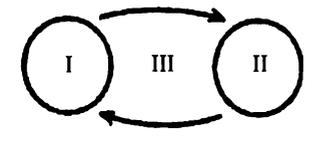
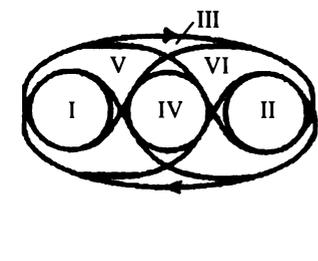
- **Коэффициент рециркуляции** определяется как отношение возвращаемой в круговорот доли к общему потоку вещества через цикл. Он характеризует долю возврата.

Существует довольно много расчетов скоростей обмена и времени оборота как для отдельных элементов, так и для таких соединений, как вода. Например, по данным М. М. Львовича, Мировой океан (практически вся гидросфера) обновляется за 2,7 тыс. лет, подземные воды за 5 тыс. лет, почвенная влага за один год, а влага атмосферы за 11 дней.

Последовательная детализация средних характеристик — скорости, времени оборота и коэффициента рециркуляции — в абиотической, биотической, антропогенной компонентах общего круговорота является логикой усложнения модели в пределах Земли. Замкнутость земных круговоротов вещества относительная, т. к. ежегодно Земля получает из космоса около 10 тыс. тонн космичес-

Таблица 3.3

Основные этапы усложнения модели круговоротов вещества на Земле

<p>Поток солнечного облучения</p> 	<p>Базовая модель круговорота веществ и потока энергии. Характеризуется средними показателями скорости и времени оборота. Коэффициент рециркуляции равен 1. Существующие в литературе схемы круговоротов воды, CO₂, отдельных элементов отражают данную модель</p>
	<p>Первый этап усложнения модели. Выделяются три круговорота со своими характеристиками скорости, времени оборота и коэффициента рециркуляции:</p> <ul style="list-style-type: none"> I — круговорот элементов в биоте, область интересов преимущественно биологии; II — круговорот элементов в абиотической компоненте, область интересов преимущественно геологии и географии; III — круговорот, отражающий связь живого со своим окружением, область интересов экологии
	<p>Второй этап усложнения модели связан с детализацией связей биотической и абиотической компоненты. Выделение процессов, замыкающих биотическую и абиотическую компоненты самих на себя, и процессов, осуществляющих связь между ними. Точки A₁, A₂ отражают роль обеих компонент в трансформации атмосферы, гидросферы, литосферы и появление нового образования — почвы (педосферы)</p>
	<p>Третий этап усложнения. Введение в модель антропогенного цикла (IV) приводит к резкому усложнению модели, т. к. сразу же появляются дополнительные циклы (V, VI и др.), отражающие особенности связей человека с биотической и абиотической компонентами круговорота. Детализация контактов антропогенных и природных циклов усложняет картину, но принципиально не меняет модель</p>

кой пыли и метеоритного вещества, а со своей стороны теряет водород и гелий. Освоение человеком космического пространства также связано с потоками вещества с Земли и из космоса.

В будущем потребуется усложнение модели круговорота и введение в него круговорота энергии, т. к. согласно принципу сохранения поток энергии, пронизывающий Землю, должен быть замкнут через процессы, протекающие в космосе. Введение информационного аспекта усложнит механизмы контактов биотической, абиотической и антропогенной компонент общего круговорота веществ, но принципиально не изменит саму модель.

Связующая роль почвенного покрова (см. табл. 3.3, точки A_1 , A_2) проявляется в следующих основных процессах:

- образование органических кислот (от простой угольной до сложных фульво- и гуминовых), ускоряющих процесс разрушения минералов;
- трансформация поверхностных вод в грунтовые с изменением их химического и газового состава;
- изменение в поглощении и отражении солнечного света;
- аккумулялирование вещества и энергии для организмов суши;
- формирование речного стока;
- регулирование влагооборота и газового режима;
- накапливание различных загрязнений в результате деятельности человека;
- биологическая эволюция, где почва выступает как «память» природы.

Еще в XIX в. было замечено, что живые организмы предпочитают использовать для своих нужд химические элементы, уже побывавшие в живом, нежели те, что еще не прошли через живое (закон бережливости К. Бэра).

• Скорость оборота биотической части общего круговорота в условиях суши может быть определена по отношению сухого вещества подстилки к сухой массе опада за год. Чем больше этот коэффициент, тем медленней круговорот. Наблюдения многих исследователей установили определенную закономерность в его изменении. Наибольшее значение он имеет в заболоченных лесах (50) и тундрах (20—50); снижается в таежных лесах (10—17) и на целый

порядок уменьшается в степях (1,0—1,5). Наименьшее значение регистрируется в тропических лесах (0,1), саваннах (0,2), субтропиках (0,7). Исключительно быстрый круговорот веществ в тропических лесах приводит к тому, что в почвах практически не происходит накопление органического вещества, и поэтому достаточно убрать лес, как сразу же образуется пустыня.

В настоящее время считается, что большая часть пустынь, расположенных в тропической и субтропической областях земной поверхности, есть результат деятельности наших далеких предков.

Как уже указывалось выше, запасенная в процессе фотосинтеза солнечная энергия в конечном итоге реализуется в виде функции размножения. Согласно закону Мальтуса, увеличение потомков любого вида происходит в геометрической прогрессии. На основе избыточности потомства происходит формирование пищевых цепей и расселение (растекание) по поверхности Земли (агрессия жизни). Оба процесса будут рассмотрены в следующих лекциях.

Представленные выше взаимосвязи между потоком солнечной энергии и круговоротом вещества можно суммировать в виде общей схемы (рис. 3.3).

Разнообразие природных условий, создаваемое внешними (космическими) и внутренними (земными) процессами, обуславливает неравномерность распределения живых организмов на поверхности Земли. Наибольшее разнообразие форм жизни сосредоточено в зоне береговых линий различных водоемов — морей, озер, рек, т. к. здесь встречаются виды, освоившие воздушную, водную и твердую среду.

Биогеохимическая концепция биосферы

В. И. Вернадского

Название концепции отражает синтез всего естественно-научного знания: б о — учение о живом, г е о — учение о геологических и географических процессах. Связь химии и физики в настоящее время исключительно тесная, и поэтому правильнее было бы назвать концепцию биогеофизикохимической. Если учесть, что человек является одним из биологических видов, то в эту концеп-



Рис. 3.3. Схема связей энергетического потока от Солнца и круговоротов вещества на Земле

цию он входит автоматически — как часть живого, а вместе с ним в этот синтез вовлекается все гуманитарное знание, которое занимается изучением различных аспектов проявления человеческой сущности. Поэтому эту концепцию можно рассматривать как самый крупный синтез естественно-научного и гуманитарного знания XX в., лежащий в основе новой натуралистической картины мира (см. лекцию 1). В настоящее время идет интенсивное освоение научного наследия В. И. Вернадского. Разрабатываются отдельные

ветви его учения о биосфере: энергетическая, информационная и социальные аспекты теории биосферы. Энергетический аспект учения о биосфере активно разрабатывается В. Г. Горшковым и другими исследователями в Санкт-Петербургском техническом университете². Проведен детальный анализ потоков солнечной и тепловой энергии на Земле, энергетического обеспечения размеров организмов, способов передвижения и т. п. А. С. Пресманом в 1960—1970-х гг. на основании литературных данных и собственных исследований сформулирована концепция об универсальной роли электромагнитных полей (ЭМП) как носителей информации³. Показано, что по мере усложнения живых организмов возрастает и их чувствительность к ЭМП.

Естественные ЭМП реализуются в широком спектре частот: медленно изменяющиеся геомагнитные и геоэлектрические поля; колебания с коротким периодом от 0,002 до 5 Гц; «шумановские» колебания с частотами 8, 14, 20, 26 Гц; «атмосферики» в диапазоне 10—10¹⁴ кГц; радиоизлучение Солнца и Галактики 10—10⁶ МГц. Важно то, что средний уровень большинства ЭМП периодически изменяется. Выделяются 6—7- и 27-суточные, сезонные, 11-летние и другие циклы. Ритмичность этих процессов синхронизирует взаимодействия как внутри живого, так и между живым и его окружающей средой (табл. 3.4).



Деннис Медоуз

Электромагнитные поля, рассматриваемые как носители информации об организованности космоса, могут стимулировать возникновение и развитие живого на Земле. Получены некоторые экспериментальные основания возможности образования достаточно сложных биоструктур в гидросфере под влиянием этой информации (табл. 3.5.).

Социальные концепции биосферы известны под названием экологических

² См.: Горшков В. Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Сер. геогр. 1990. Т. 7.

³ См.: Пресман А. С. Электромагнитные поля в биосфере. М., 1971.

Таблица 3.4

Глобальная синхронизация ритмов на разных уровнях иерархии живого посредством ЭМП земного и космического происхождения (по А. С. Пресману)

Ритмы	Синхронные в этих ритмах биопроцессы	Выявленные и вероятные синхронизирующие ЭМП
Суточные (солнечные и лунные)	Обмен веществ, размножение, поведение, патологические процессы	Суточные вариации геомагнитного и гелиоэлектрического полей, уровня интенсивности ЭМП «атмосфериков»
Многодневные (6—7, 12—14, 28—32)	Физико-химические свойства ДНК, периодичность роста, кровяное давление, пульс, мышечная сила, состав крови, патология	Полярность магнитного поля Солнца, 27-суточная периодичность слабых магнитных бурь и бурь и солнечных радиоизлучений, вариации магнитной активности Земли
Годовые и многолетние (1, 6, 7, 11, 22, 44, 88)	Сезонные вариации физиологических процессов и поведения, вариации численности популяций	Цикличность геомагнитной активности в связи с солнечной
Столетние и тысячелетние (100—110, 180, 1185)	Циклические изменения качественного и количественного изменений фауны и флоры	Цикличность изменения ЭМП биосферы, связанного с солнечными циклами большой длительности
Миллионнолетние (20—200)	Циклы (эпохи) эволюционных преобразований и «биологических» катастроф	Длительные периоды и циклы изменения напряженности геомагнитного поля и его инверсий

моделей мира будущего. Общественный интерес к данным аспектам учения о биосфере сильно возрос после фундаментальной работы, выполненной в 1970—1972 гг. группой молодых исследователей Массачусетского технологического института и других научных учреждений США под руководством Д. Медоуза и известной под названием «Пределы роста» (1991).

Основной вывод проведенного исследования: чем дольше будут сдерживаться фундаментальные изменения в стратегиях развития, тем менее привлекательным будет конечный результат.

Таблица 3.5

*Экспериментальные основания влияния естественных
электромагнитных полей на процессы образования
химических и первичных биологических структур в гидросфере
(по А. С. Пресману)*

Процессы структурообразования	Стимуляция подобных процессов в экспериментах с искусственными ЭМП	Естественные ЭМП, которые могли бы стимулировать такие процессы в гидросфере
Формирование пептидных цепей из аминокислот	Образование цепочек из микро-частиц под действием ЭМП 1—100 МГц	Галактические радиопомехи и радиоизлучение Солнца в диапазоне частот от 10 до 10 ⁴ МГц
Свертывание пептидных цепей в спирали	Вращение плоскости поляризации в экстрактах животных тканей под действием ЭМП 1875—3000 МГц	Когерентные юсмические излучения, лазерные линии ОН с круговой поляризацией на частотах 1612, 1720 МГц и др.
Свертывание пептидных спиралей в клубки	Изменение активности гамма-глобулина, связываемое с переходом «спираль — клубок» под действием импульсных ЭМП в диапазоне 10—200 МГц	Излучение пульсаров в радиодиапазоне с частотами от 40 до 230 МГц
Образование протоклеток	Под действием слабых токов в морской воде образуются «биоподобные» структуры	Теллурические токи в морях и океанах порядка 10 ⁵ —10 ⁸ А/см
Объединение протоклеток	Группирование (в солевом растворе) примитивных клеток в клеточную массу под действием слабых переменных токов	Теллурические токи в морях и океанах

Коренные изменения в стратегиях развития связаны прежде всего с мировоззренческими установками. Физическая картина мира должна смениться натуралистической, дающей более широкий спектр представлений о структуре и эволюции природы. Начало формирования этой картины мира закладывает учение о биосфере В. И. Вернадского.

Структура биосферы в рамках биогеохимической концепции

Биогеохимический подход позволяет произвести редукцию огромного разнообразия природных тел, процессов и явлений к нескольким основным типам вещества. Вся совокупность живых организмов рассматривается как определенный тип вещества, и тем самым появляется возможность сравнивать его по функциям с другими.

В биогеохимической концепции биосферы выделяют следующие типы вещества: 1) живое — однородное и неоднородное; 2) биокосное — почва, некоторые минералы; 3) косное — биогенное; минералы; вещество в радиоактивном распаде; вещество в рассеянных атомах; космическое вещество (пыль, излучения).

Основу биосферы как геологической оболочки составляет живое вещество, понимаемое как совокупность химических элементов, сосредоточенных во всех живых организмах, вместе взятых.

• Живые организмы, выступая как некая совокупность химических элементов, обладают определенной массой. По разным подходам она оценивается в 10^{12} — 10^{13} тонн. Дискуссионным является вопрос об изменении массы живого вещества в геологической истории Земли. Существуют две точки зрения на эту проблему:

1. Масса живого вещества есть величина постоянная.
2. Масса живого вещества постоянно увеличивается.

Первая исходит из предположения о неизменности прихода солнечной энергии на поверхность Земли (солнечная постоянная) как следствия космического положения планеты. Допускается кратковременное (по геологическим масштабам) изменение массы живого вещества, связанное с перераспределением воды и суши, а также с естественными колебаниями солнечной постоянной.

Вторая связывает увеличение разнообразия жизни в ходе геологического времени с соответствующим увеличением массы. Увеличение разнообразия живого отмечается в биологии как эмпирическое обобщение. Следует отметить, что прямой связи между увеличением массы и разнообразием нет, т. к. согласно принципу

сохранения при постоянном количестве энергии увеличение разнообразия одних живых организмов возможно только за счет уменьшения численности других.

Масса живого вещества дискретна. Она представлена большим разнообразием форм. Еще в 1960-е гг. академик В. А. Амбарцумян подметил параллелизм в последовательности формообразования галактик и в живом веществе. Полиморфизм в живой природе и космосе реализуется на основе структурной симметрии (табл. 3.6).

Таблица 3.6

*Формы структурной симметрии,
реализуемые в космосе и живом веществе*

Объекты	Форма симметрии					
	Шаровая	Эллипсоидная	Радиальная	Спиральная	Билатеральная	Неправильная
Галактики	+	+	+	+	+	+
Вирусы	+	+	+	+	+	+
Бактерии	+	+	+	+	+	+
Простейшие	+	+	+	+	+	+
Растения	+	+	+	+	+	+
Беспозвоночные			+	+	+	+
Позвоночные					+	+
Колонии, сообщества и другие группы						+

Все виды симметрии проявляются в мире вирусов, бактерий, простейших. В ходе усложнения живых организмов происходит уменьшение числа проявленных симметрий. Так, все формы позвоночных животных основаны только на билатеральной симметрии, а все формы групповых объединений (популяции, кланы, семьи, стаи и т. п.) — на неправильной. Размеры живых организмов находятся в диапазоне девяти порядков от 20 нм до 100 и более метров.

• Второй характеристикой живого вещества является средний химический состав. Единственный элемент, который находится в значительных количествах во всех сферах Земли, — кислород (табл. 3.7).

Таблица 3.7

*Химический состав основных сфер Земли (в весовых %)**

Элемент	Земля в целом	Земная кора	Атмосфера	Гидросфера	Живое вещество
H	—	—	—	10,8	8,0
Fe	39,8	6,4	—	—	—
Si	14,5	26,5	—	—	0,2
O	27,7	46,0	23,3	85,3	70,0
C	0,04	0,1	0,04	0,01	18,0
Ca	2,32	4,8	—	—	0,48
K	0,14	1,2	—	—	0,2
N	—	0,01	75,3	—	0,5

* Содержание элементов < 0,01 % не показано.

В живом веществе находятся все элементы, отмеченные в таблице Д. И. Менделеева, но количественно преобладают всего четыре: кислород, водород, углерод, азот. На них приходится примерно 96 % общей массы.

По-видимому, за 3,8 млрд лет существования живого вещества содержание этих элементов существенно не менялось, а основные колебания в химическом составе связаны с содержанием других элементов, прежде всего кальция и кремния. Специфика химического состава отдельных групп живых организмов формируется не на химических элементах, а на органических веществах: белках, жирах, углеводах и др.

• Третьей характеристикой живого вещества является запас свободной энергии. По этой характеристике в неорганическом мире с живым веществом могут быть сопоставлены только

незастывшие лавовые потоки. Но они недолговечны. Живое же вещество оказывает непрерывное воздействие на окружающий его мир.

Свободная энергия живого вещества есть солнечная энергия, превращенная в энергию химических связей в процессе фотосинтеза зеленых растений и растекающаяся по поверхности Земли благодаря способности живого регулировать проявления собственных процессов.

Эта способность проявляется через функцию размножения, которая обеспечивает растекание (заселение, агрессию) живого по поверхности. Процесс заселения планеты — одно из следствий геометрической прогрессии размножения живых организмов, он ограничивается размерами самой планеты. В. И. Вернадский предложил формулу, связывающую скорость заселения с величиной поверхности Земли, длиной экватора, геометрической прогрессией размножения и размерами живых организмов:

$$V = \frac{46383,935 \cdot \lg 2^{\Delta}}{18,70762 - \lg K} \text{ см/с,}$$

где 46383,935 — отношение длины экватора к числу секунд в сутках; 18,70762 — логарифм поверхности Земли; Δ — показатель геометрической прогрессии размножения вида; K — коэффициент плотности жизни, определяемый как отношение площади поверхности Земли к максимальному количеству организмов на один гектар.

Используя эту формулу, В. И. Вернадский рассчитал скорости заселения для 25 видов живых организмов разного размера. Размах колебаний оказался очень большим: организмы с размерами бактерий заселяют Землю со скоростью 33 100 см/с, а размером со слона — 0,096—0,1 см/с.

Скорость заселения земной поверхности тем или иным видом — характеристика его геохимической функции. Чем больше скорость заселения, тем сильнее вид оказывает влияние на окружающую среду. Поэтому основной вклад в изменение геохимического окружения вносят микроорганизмы.

Проявление базовых характеристик живого вещества на внутриорганизменных уровнях организации связано с особенностями их представления в конкретных задачах. Они могут выступать в виде характеристик формы, процесса, строения.

На разных уровнях организации живого все три базовых характеристики проявляются в форме других показателей (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Проявление базовых характеристик живого вещества на основных уровнях его организации

Уровень организации	Основные характеристики		
Живое вещество	Масса	Средний химический состав	Запас свободной энергии
Биоценозный	Список видов	Химический состав отдельных биоценозов	Стратегии видов (k, r)
Популяционно-видовой	Численность (плотность)	Химический состав отдельных видов	Радиус репродуктивной активности
Организменный	Масса	Химические особенности особи	Количество потомков

Основная функция живого вещества

Выявление особенностей проявления свободной энергии живого вещества позволило В. И. Вернадскому сформулировать представление об его геохимической функции в структуре Земли как единственной для всех живых организмов.

- Живое вещество производит на Земле непрерывную, не прерывающуюся ни на мгновение работу по переработке своего окружения, по его изменению.

Выявление этой функции живого вещества ставит биосферу в несколько особое положение в структуре геологических оболочек. В механизме формирования земной коры она выполняет роль самой активной его части, постоянно оказывая влияние на газовый

состав атмосферы, процесс минерало- и почвообразования, состояние гидросферы.

- Осуществляется геохимическая функция живого вещества через процессы питания, дыхания и размножения особей всех видов живых организмов.

Процесс переработки окружающей среды живыми организмами начинается с превращения в зеленых растениях электромагнитного излучения Солнца в энергию химических связей (фотосинтез), усиливается разнообразием пищевых взаимодействий живых организмов (продуценты — консументы — редуценты) и регулируется размножением (численность вида).

- Глобальные следствия питания отдельных особей выражаются в концентрационной функции живого вещества в целом. Концентрационная функция живого вещества — процесс отбора организмами из окружающей среды определенных химических элементов.

В. И. Вернадский выделяет два основных типа этого процесса.

1. Концентрационная функция первого рода: захват живыми организмами тех химических элементов, соединения которых встречаются во всех живых организмах. К ним он относит: H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe.

2. Концентрационная функция второго рода связана с сильно выраженной концентрацией отдельными группами живых организмов определенных элементов. Не все элементы необходимы организмам в одинаковых количествах, не все накапливаются в них в равной степени. А. П. Виноградов (1949) отметил несколько наиболее общих закономерностей поглощения элементов организмами:

- подвижные элементы, даже содержащиеся в малых количествах в окружающей среде (например, йод, литий, фтор и др.), концентрируются в живых организмах в значительных количествах; элементы с высоким содержанием в среде, но малоподвижные не накапливаются в организмах (например, титан, цирконий и др.);

- химический элементарный состав живого вещества является периодической функцией атомного номера элемента в таблице Менделеева, причем в ряду элементов с четным номером каждый

шестой элемент после кислорода ($2 + 6 + 6 + 6...$) характеризуется повышенной способностью к концентрации в живых организмах (железо, стронций, барий и т. д.);

— в ряду элементов с нечетным атомным весом подобный «пик» дает каждый шестой элемент начиная с водорода ($1 + 6 + 6...$): марганец, рубидий, цезий и т. д.; для всех этих элементов в природе имеются свои организмы — концентраторы;

— с возрастанием порядкового номера в группе периодической системы увеличивается ядовитость элемента, что сказывается на уменьшении его содержания в организмах (например, в III группе цинк — обычный элемент, кадмий обладает токсичностью, еще в большей степени токсична ртуть);

— наибольшая концентрация элементов свойственна простейшим организмам — представителям древних форм (например, тропические губки и красные водоросли концентрируют до 1 % йода, железобактерии — до 20 %, а *Foraminifere* — до 11 % железа).

Живое вещество не представляет собой однородной массы. Оно реализовано на Земле в виде огромного разнообразия организмов разных биологических видов. В рамках учения о биосфере неоднородность живого вещества может быть классифицирована по разным направлениям: В. И. Вернадский предложил выделять однородное (видовое) и неоднородное (биоценозное) живое вещество; Д. Л. Панфилов — репродуктивное и соматическое; по способу питания его можно классифицировать на автотрофное и гетеротрофное; по отношению к газовой среде — на аэробное и анаэробное.

По мере выявления основополагающих различий между крупными частями живого вещества (например, между водными и наземными организмами и т. п.) этот перечень будет увеличиваться.

• Глобальные следствия дыхания живых организмов на уровне живого вещества интегрируются в газовую функцию биосферы. Она реализуется в виде различных частных функций — кислородной, азотной, углекислотной, углеводородной, сероводородной и т. п.

Газовый состав атмосферы (особенно ее нижней части — тропосферы) самым тесным образом связан с деятельностью живого

вещества. Основными компонентами здесь являются кислород и азот (см. табл. 3.7).

Кислород. Факты, собранные исследователями земных процессов, дают основание сделать эмпирическое обобщение, касающееся судьбы кислорода атмосферы.

Кислородный состав современной атмосферы — результат процесса фотосинтеза, протекающего в клетках зеленых растений, и дегазации глубинных океанических вод.

Фотосинтетический кислород поставляет в атмосферу водная и континентальная растительность. Получается этот кислород за счет фотолиза воды в зеленой клетке растительного организма. Изотопный состав фотосинтетического кислорода отвечает таковому воды. Кислород современной атмосферы на 2,3 % тяжелее, чем если бы он был только фотосинтетического происхождения. Такая ситуация заставляет предположить наличие еще как минимум одного источника кислорода, по мощности близкого к фотосинтетическому. Анализ данных по содержанию и изотопному составу кислорода в вулканических извержениях и морской воде позволили ученым установить, что таким вторым источником является магматический кислород, изотопный состав которого и утяжеляет нашу атмосферу. Расчеты показывают, что поступление кислорода при всякого рода излияниях магмы (под водой и на суше) по мощности соизмерим с его поступлением через процесс фотосинтеза. Океан выступает основным промежуточным накопителем магматического кислорода.

Азот. Главный по объему и массе газ атмосферы. В геохимическом плане его роль практически не изучена. В земной коре азот известен в виде ионов NO_3^- и NH_4^+ . Соли азотной кислоты встречаются редко, легкая растворимость в воде не способствует сохранению их в ископаемом состоянии. Месторождения нитратных минералов (селитр) известны в пустынях Чили, Индии, Египта, в пустыне Сахара и некоторых других районах мира.

Больше всего азота, кроме атмосферы, содержится в живых организмах. Без азота жизнь в том виде, как она нам известна на Земле, невозможна. Существует целая группа живых организмов, способ-

ная поглощать азот прямо из атмосферы, — азотфиксаторы. С них начинается биотический круговорот азота. Возможен и другой путь превращения инертного атмосферного азота в доступные растениям ионные формы. Установлено, что при грозовых разрядах воздух ионизируется с образованием активных ионов азота. Взаимодействие с водой приводит к образованию азотной и азотистой кислот, которые выпадают вместе с дождями на Землю.

Азотная кислота — одна из самых сильных минеральных кислот. Попав на поверхность Земли, она не только сама становится источником азота у растений, но и вступает в обменные реакции с твердой фазой почвы, переводя зольные элементы из недоступных в доступные. На Земле за год регистрируется около 10 тыс. гроз. В результате описанного выше процесса на один гектар площади поверхности Земли за год выпадает в среднем до 15 кг азотной кислоты.

• Глобальные следствия размножения на уровне живого вещества интегрируются в транспортную функцию живых организмов, т. к. оно обеспечивает непрерывность существования живого вещества и, следовательно, биосферы в целом. В. И. Вернадский сформулировал три основных обобщения, касающихся размножения живых организмов в связи с геохимической функцией живого вещества.

1. Размножение живых организмов осуществляется в геометрической прогрессии (закон Мальтуса). Следствием из данного обобщения является положение о том, что потомков всегда больше, чем предков. Ч. Дарвин из этого правила приходит к представлениям о конкурентных взаимоотношениях между живыми организмами и на этой идее разрабатывает основные положения своей теории естественного отбора. В. И. Вернадский обращает внимание на другой аспект этого обобщения: много потомков дает возможность расселиться (растечься) по поверхности Земли. Внутривидовые конкурентные отношения при этом снимаются, но зато проявляется агрессия жизни.

2. Процесс размножения живого ограничивается только внешними условиями: наличие пищи, света, температурные

условия и т. д. Внутри самого живого нет запретов на реализацию геометрической прогрессии. Скорость растекания живого, а следовательно, и переработка им среды ограничиваются внешними условиями.

3. Темп размножения зависит от размеров организмов. Мелкие организмы размножаются быстрее крупных. Глобальное следствие такого положения заключается в том, что основной вклад в переработку среды обитания вносят мелкие организмы.

Человек, являясь частью живого вещества, также участвует в реализации его геохимической функции и обязан подчиняться общим правилам.

Эволюция биосферы

В. И. Вернадский, исходя из геохимических функций живого вещества, сформулировал три основных биогеохимических принципа эволюции биосферы как целостного образования.

- **Первый принцип** вытекает из факта устойчивости геологических процессов в ходе исторического времени.

|| Биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему выражению.

Вовлекая неорганическое вещество в биотический круговорот, живое способно со временем проникать в ранее недоступные области и тем самым увеличивать свою перерабатывающую активность. Освоение новых областей осуществляется за счет увеличения разнообразия форм живых организмов. По предположению палеонтологов число родов высших растений увеличилось с одного в силуре до 36 в девоне, от 150 до 300 в карбоне — триасе (О. П. Фесуненко).

Данный принцип является измененной формулировкой закона сохранения вещества, и его можно назвать правилом постоянства химического базиса эволюции живого вещества.

- **Второй принцип** связывает воедино эволюцию биосферы в целом и отдельных видов.

Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.

Увеличение биогенной миграции атомов связано с изменением видового состава живого вещества. Из этого принципа следует, что в любой момент времени живое вещество состоит как минимум из трех основных групп видов.

1. Базовая группа, обеспечивающая в данное время всю основную работу по переработке среды. Виды, составляющие эту группу, ответственны за общую структурно-функциональную организацию живого вещества и реализуют ее в соответствии со своими особенностями в питании, дыхании, размножении.

2. Группа новых видовых форм, выступающая как «возмутитель» спокойствия. Судьба их будет определяться уровнем вклада в общую геохимическую функцию живого вещества. Возможны различные сочетания функций питания, дыхания, размножения, а следовательно, и соответствующее место в общей структуре живого вещества: от прекращения существования на уровне неоформившейся видовой формы — до доминирующего положения.

3. Группа «стареющих» видов, покидающих арену жизни, т. е. они уже не способны вносить соответствующий вклад в переработку среды.

Биология и палеонтология располагают значительным фактическим материалом, позволяющим рассмотреть историю живого вещества в рамках этого принципа, что даст возможность глубже понять проблемы адаптации и эволюции живых организмов.

Данный принцип можно назвать правилом направленности эволюционных изменений.

Представляет интерес вопрос о выделении человека из животного мира в рамках данного биогеохимического принципа.

Обычно обсуждение проблем происхождения человека связывают с именами Ч. Дарвина и Ф. Энгельса. Основные заслуги Ч. Дарвина состоят в доказательстве родства человека с животным миром. Его капитальный труд «Происхождение человека

и половой отбор» до сих пор остается наиболее полной сводкой доказательств родства человека и животных. Ф. Энгельс связал выделение человека из животного мира с его трудовой деятельностью. Но почему совершенствование в использовании передних конечностей и мыслительной деятельности оказалось эволюционно перспективным? Ответ на этот вопрос дает второй закон эволюции биосферы В. И. Вернадского. Применительно к человеку его можно сформулировать следующим образом.

Постоянное совершенствование использования передних конечностей и мыслительной деятельности оказалось эволюционно перспективным, потому что каждый новый этап в этом процессе приводил к усилению общей перерабатывающей функции биосферы в целом.

Рассмотрим основные этапы эволюции трудовой деятельности человека с этих позиций. С мускульной силы одной особи и силы солидарности (предки вели стадный образ жизни) начиналось движение к современному человеку. Камень, кость, дерево... — простые и составные орудия из этих материалов явились первыми шагами в усилении переработки окружающей среды. Освоение огня явилось тем переломным моментом в эволюции человека, когда был сделан решающий рывок из животного мира. Тепло огня дало возможность расселиться по всей Земле, пережить оледенения и тем самым расширить сферу своего воздействия. Свет огня продлил день, дал свободное время и, видимо, стимулировал развитие речи. Огонь явился сильнейшим фактором дифференцировки трудовой деятельности и тем самым усиления переработки окружающей среды. Появилась возможность более активной охоты для молодых и сильных членов племени, а старики, женщины и дети стали вести домашнее хозяйство. Увеличились возможности передачи накопленного индивидуального опыта от старых к молодым членам общины. Переход на вареную и жареную пищу не только изменил желудочно-кишечный тракт, но и потребовал больше исходного сырья. Чем глубже переработка пищевых продуктов, тем больше отходов. Огонь позволил начать получение материалов (медь, бронза, железо и т. д.), отсутствующих в чистом виде в природе. До насто-

ящего времени большинство перерабатывающих технологий связано с огнем.

Даже указанных последствий освоения огня достаточно для того, чтобы перерабатывающая функция тех групп людей, которые его освоили, настолько сильно возросла, что они стали недосыгаемы для других в борьбе за жизненный успех. Возможно, огонь косвенно способствовал переходу к оседлости и земледелию.

Одомашнивание животных и земледелие, освоение ветра, рек, морей, изобретение пороха, освоение энергии пара, электричества, атома — все это ступени усиления перерабатывающей функции человека, и нет ни одного исключения из правила. Человек становится главной перерабатывающей силой на Земле. В XX в. это приводит к тому, что необдуманые действия начинают угрожать самому существованию человека как биологического вида. Необходимость сначала думать, а потом делать выдвигает на первый план мысль — как основу следующего этапа усиления переработки окружающей среды.

Биосфера эволюционирует в ноосферу, сферу разума — вывод, сделанный В. И. Вернадским еще в первой половине XX в. на основании осмысления геохимической функции живого вещества.

• Третий принцип основывается на геометрической прогрессии размножения живых организмов.

|| В течение всего геологического времени заселение планеты было всегда максимально возможным.

Данный принцип не нуждается в каком-либо разъяснении. Его можно рассматривать, как правило полной заселенности Земли во все геологические времена.

Поле живого вещества

В свое время А. Эйнштейн отметил, что физическая картина мира складывается из двух элементов — частиц и полей. Выясне-

ние вопроса, что из этих двух элементов общее, а что частное, приводит к двум парадигмам:

1. Поле является частью любого материального объекта.
2. Любой материальный объект есть часть какого-либо поля.

Каждая из этих парадигм имеет своих сторонников и противников. Не вдаваясь в подробный анализ проблемы, отметим, что для экологии важен сам факт неразрывности связи поля и материального объекта.

Идея биологического поля осознана эмбриологом А. Г. Гурвичем еще в начале XX в. К 1930-м гг. она распространилась во всем мире как эмбриологическая, а не общебиологическая концепция. Как правило, концепция биологического поля не выходила за рамки учения об изменении формы живых организмов. Иначе подходил к понятию «поле» В. И. Вернадский. Впервые в 1921 г. в лекции, прочитанной в Доме литераторов в Петрограде, он применил понятие «поле» относительно всего живого⁴. Для него концепция поля живого вещества есть нечто само собой разумеющееся, неоспоримое.

Воспринимая природу как единое организованное целое, а науку как метод его познания, В. И. Вернадский не нуждался в доказательствах неразрывности связи полевой и материальной субстанции. Для него вопрос заключался в выяснении особенностей проявления полевых и вещественных связей между живым веществом и его окружением. В. И. Вернадский выделяет поле биосферы и поле живого вещества.

При рассмотрении вопроса об экологических факторах (см. лекцию 2) использовалось такое предельное понятие, как среда обитания живых организмов. В учении о биосфере появляется новое понятие — «поле», по своему рангу равное ему. Необходимо рассмотреть вопрос об их соотношении.

Собирательное значение понятий «поле» и «среда» известно человечеству с незапамятных времен, но лишь в XVII—XVIII вв. начинается процесс осознания смысла этих понятий. Исходным бу-

⁴ См.: Вернадский В. И. Избранные сочинения. Т. 5. М., 1965.

дет вопрос, почему пространство, занятое косным, люди назвали полем, а для живого использовали другое слово — среда.

В самом общем определении под понятием «поле» подразумевается часть пространства, в пределах которого действует что-либо. Напомню, что понятие среды обитания тоже определяется как пространство, окружающее живые организмы (см. лекцию 2). Поскольку понятия «поле» и «среда» суть характеристики пространства, то в этом смысле они являются синонимами. Разница, видимо, в оттенках того пространства, которое они описывают.

В. И. Вернадский неоднократно указывал на исключительное значение идеи Э. Зюсса выделить «особую оболочку земной коры — биосферу», рассматривая ее как геологическое проявление ранее высказанной биологами мысли об «определенной организованности», существующей между живым и его окружением. Он считал, что понятие «биосфера» заменило для живого неопределенное понятие «среда» в том смысле, что средой называлось и космическое пространство (космическая среда), и пространство, занятое жизнью (среда жизни). Владимир Иванович считал, что, говоря о среде жизни на Земле, речь должна идти не о космической среде, а о земной оболочке, переработанной жизнью и космическими излучениями. Свою точку зрения он объясняет тем, что при «расширенном толковании» среды жизни теряется значение самих организмов в создании этой среды, в результате чего она «не смогла научно изучаться». Другими словами, В. И. Вернадский понял, что необходимо выделять из неопределенной окружающей среды поле существования жизни, которым он и считал биосферу (см. определение понятия «биосферы»).

Как уже отмечено выше, в философском смысле среда и поле синонимы. С естественно-научной точки зрения разница между ними в том, что поле есть определенным образом организованная среда (Г. Гегамян, 1989, личное сообщение). В этом смысле

биосфера есть наибольшая для Земли организованная самими живыми организмами среда их существования. Она является связующим звеном между живым и косным на уровне живого вещества.

Взаимодействие живого с окружающей его средой на других уровнях организации осуществляется через свои поля существования жизни, которые будут охватывать то пространство, которое соответствует выделенному уровню. Для экологии это означает, что каждые биоценоз, популяция, особь, субклеточные структуры имеют собственные поля существования, т. е. собственную, определенным образом организованную с их участием среду, через которую и осуществляется взаимодействие. Это положение проливает свет на вопрос, почему надо каждый раз для решения экологических проблем выделять конкретную экосистему с соразмерными пространственно-временными характеристиками живого и его окружения.

Подводя итог, можно сказать, что понятие «среда» применяется для рассуждений о сущности взаимодействий между живым и его окружением, а понятие «поле» тогда, когда необходимо выявление конкретных действующих сил, т. е. это деятельностное определение среды, получающее дальнейшее развитие в понятии экологического фактора.

Живые организмы, входящие в биосферу, отмечал В. И. Вернадский, «резко отличаются от остальных переменных биосферы» своей автономностью, которая «...является выражением того факта, что термодинамическое поле, им свойственное, обладает совершенно иными параметрами, чем те, которые наблюдаются в биосфере... Они обособлены в биосфере, и ее термодинамическое поле имеет для них значение только в том смысле, что определяет область существования этих автономных систем, но не внутреннее их поле». И далее: «Эмпирически живые организмы могут быть описаны как особые, чуждые биосфере, в ней отграниченные термодинамические поля ничтожных по сравнению с ней размеров, несущие энергию солнечного луча и им в ней создаваемые»⁵.

Иные параметры термодинамического поля живого вещества связаны с диссимметричностью строительного материала для живого: используются либо только левые, либо только правые формы молекул (принцип Пастера). Видимо, это является одной из при-

⁵ Вернадский В. И. Биосфера. М., 1967.

чин «замыкания» живого самого на себя и, как следствие, формирования особо организованного пространства. Неравенство в правых и левых формах молекул в живом дает начало полю, которое можно определить как асимметричное. В рамках его происходит реализация принципа Реди «Все живое от живого», т. е., другими словами, живое замыкается само на себя только через функцию размножения.

Таким образом, поле самого живого вещества, выступая как определенным образом организованная среда, является асимметричным, что приводит к появлению неравновесности как внутри самого живого, так и в отношении к окружающему миру. Связующим звеном живого со своим окружением выступает поле биосферы, которое определяет область существования живых организмов на Земле. На различных уровнях организации живого поле биосферы реализуется в виде определенных условий жизни, экологических факторов. Можно сказать, что на уровне поля живого вещества реализуется принцип «порядка из порядка», а на уровне поля биосферы — «порядка из беспорядка» (Г. Гегамян).

В статье В. И. Вернадского «Изучение явлений жизни и новая физика», опубликованной впервые в 1931 г., поставлен вопрос, «действительно ли науки о жизни ничего не могут коренным образом изменить в основных представлениях научного мироздания, в представлениях о пространстве, времени, энергии, материи и полон ли этот список основных элементов нашего научного мышления».

Сам Владимир Иванович был глубоко уверен в отрицательности ответа на него. Он считал, что «отражение жизни в основных понятиях порядка мира заставляет вводить явления жизни в мироздание новой физики». Им сделано глубочайшее обобщение о том, что «элементы космоса, строящие его бытие в микроскопическом разрезе, может быть, имеют глубокие аналогии с индивидуумами — организмами — жизни»⁶. К сожалению, приходится констатировать, что научно воспринимаемый космос и жизнь продолжают суще-

⁶ Вернадский В. И. Изучение явлений жизни и новая физика. М., 1940.

ствовать порознь. Все еще недостает связующих звеньев. Возможно, концепция поля живого вещества может быть одним из них. Другими звеньями могут быть не рассматриваемые нами принципы неопределенности и дополнительности, распространенные на макрообъекты.

Устойчивость биосферы

Понятие устойчивости не имеет установившегося определения, являясь в то же время кульминационной точкой всех взаимодействий. Можно говорить об устойчивости структуры, состояния, процесса, связи, многоплановой устойчивости. Через все значения этого термина проходит идея «инвариантности». Она состоит в том, что природный объект или его представление в виде системы, в целом претерпевая какие-либо изменения, сохраняют постоянными отдельные свойства (инварианты). Поэтому при изучении устойчивости задача сводится к нахождению таких неизменных характеристик.

Устойчивость биосферы обуславливается постоянством и изменчивостью как живого вещества, так и его окружения. Согласно палеонтологическим данным живое вещество существует на Земле около 3,8 млрд лет, что является свидетельством его большой устойчивости ко всем изменениям в окружающем мире. Сохранение живого вещества за столь длительный период, видимо, есть следствие неизменности космического положения Земли, определяющего постоянство прихода на нее солнечной энергии (солнечная постоянная), которое, в свою очередь, определяет земные константы живого вещества — массы ($\sim 10^{12}$ — 10^{13} т), запасенной энергии ($\sim 10^{18}$ ккал), среднего химического состава (O, H, C, N).

Устойчивость живого вещества, видимо, является следствием неизменности проявлений его геохимической функции, реализуемой через питание, дыхание, размножение живых организмов. Известное в биологии значительное разнообразие форм проявления питания, дыхания, размножения живых организмов — основа устойчивости проявления геохимической функции живого веще-

ства в целом. Следует заметить, что разнообразие по любому признаку не может быть бесконечным. По правилу лимитирующего действия факторов как недостаток, так и избыток разнообразия должны уменьшать устойчивость живого вещества.

При обсуждении проблемы устойчивости следует различать два ее типа — количественную и качественную (А. А. Богданов).

- Количественная устойчивость проявляется в простом увеличении как форм, так и их оттенков в функциях питания, дыхания, размножения живых организмов, что в конечном итоге регистрируется как увеличение видового разнообразия. Этот этап полностью «контролируется» правилом лимитирующего действия факторов.

- Качественная, или структурная, устойчивость является вторым этапом формирования общей устойчивости живого вещества. Фактически это означает, что устойчивость начинает поддерживаться иными способами, нежели простым увеличением числа видов. В основе, видимо, лежат процессы дифференциации и интеграции уже имеющихся видовых форм. Всякая дифференциация идет по пути образования взаимно дополнительных соотношений, что и повышает устойчивость. В свою очередь, интеграция усиливает связи, направленные на сохранение функциональной целостности и на ослабление внутренних противоречий.

В рамках качественной устойчивости можно выделить два ее типа:

- статическая, проявляющаяся как неподвижное равновесие, в появлении жестких конструкций — скелета, постоянных видов в биоценозе, централизации внутри- и межвидовых отношений и т. п.;

- динамическая, реализуемая в виде подвижного равновесия (принцип Ле Шателье — Брауна) и в виде периодической смены нарушений то в одну, то в другую сторону (порядок — беспорядок — порядок).

Непрерывность существования живого на Земле в течение 3,8 млрд лет дает основание, с одной стороны, считать его весьма устойчивым компонентом структуры нашей планеты, а с другой — показывает, что за весь этот промежуток времени условия для проявления жизненных процессов не выходили за пределы поля существования жизни.

Стремительное по геологическим масштабам времени усиление перерабатывающей функции одного вида — человека — ставит перед ним самым главный вопрос: не приведет ли этот процесс к выходу за пределы поля существования живого вещества на нашей Земле? Ответ может быть осмыслен как для всего живого, так и отдельно для человечества.

Выход за пределы поля существования жизни на Земле возможен в случае превращения планеты в рой астероидов. Теоретически человечество в состоянии накопить количество энергии, способное разорвать планету на куски. Судьба человечества в этом случае будет неотличима от судьбы всего живого.

Вариант качественного изменения окружающей среды, и прежде всего воды, воздуха, почвы, не приведет к гибели всего живого. Произойдет лишь смена видового состава. Человеку как биологическому виду одному из первых придется покинуть арену жизни, т. к. диапазон его выносливости весьма невелик. Нельзя же всерьез принимать индивидуальные и коллективные герметические убежища или скафандры как средства, обеспечивающие долгосрочное существование человечества.

Таким образом, экологические проблемы данного уровня взаимодействия живого со своим окружением — это проблемы стратегии выживания всего человечества. Эмпирически данная проблема находит свое решение в концепции устойчивого или экологически чистого развития (см. лекцию 1). Выход на первый план мысли как главной перерабатывающей силы настоятельно требует создания теории ноосферы. Некоторые трудности ее разработки будут подробнее освещены в лекции 11.

Сравнительный анализ обеих концепций биосферы показывает, что они не противоречат друг другу, хотя имеют свои ярко выраженные аспекты экологических взаимодействий (табл. 3.9).

Сформулируем основные положения, рассмотренные в лекции.

- Биосфера есть геологическая оболочка Земли, границы которой определяются наличием живых организмов.
- В настоящее время существуют две основных концепции биосферы — географическая и биогеохимическая. В рамках каждой концепции биосфера имеет собственную структуру, что позволяет решать определенный круг задач.

Таблица 3.9
Сравнительная характеристика географической и биогеохимической концепций биосферы

Характеристика	Концепции	
	географическая	биогеохимическая
Основоположники	А. Гумбольдт, В. В. Докучаев	В. И. Вернадский
Понятие биосферы в рамках концепции	Биосфера как одна из функциональных оболочек ландшафтной сферы	Биосфера как предельное представление взаимодействий всего живого на Земле с окружающим миром
Предельное представление всей совокупности живых организмов на Земле	Биота (видовой состав)	Живое вещество (как масса химических элементов, содержащихся во всех живых организмах)
Элементарная структура, непосредственно вступающая в отношения с окружающим миром	ОРГАНИЗМ	ОРГАНИЗМ
Формы группового объединения элементарной структуры	Родовое: тип, класс, отряд, семейство, род, вид (популяция) Территориальное: скопление, сообщество (биоценоз)	Однородное живое вещество (видовое) Неоднородное живое вещество (биоценозное)
Основное эмпирическое обобщение	Закон периодической зональности природных процессов, явлений	Живое вещество — обязательный участник планетного механизма образования земной коры

Окончание табл. 3.9

Характеристика	Концепции	
	географическая	биогеохимическая
Проявление основного обобщения в концепции	Периодическая система экологических условий суши Ю. Н. Куражковского	Геохимическая (перерабатывающая) функция живого вещества, осуществляемая через процессы питания, дыхания, размножения живых организмов
Реализация основных положений в деятельности человека	Служит основой практической деятельности человека в рамках конструкторской (системно-технической) парадигмы экосистемного мышления	Служит основой изменения мировоззрения людей в их отношениях с окружающим миром. В основном реализуется в рамках исследовательской парадигмы экосистемного мышления
Мировоззренческое значение концепции	Не выходит за рамки земных процессов и явлений	Выходит за пределы земных процессов и явлений и вводит в научную картину мира жизнь как обязательный элемент мироздания

- В основу географической концепции положено учение о природных зонах. Основной круг проблем, решаемых в рамках данной концепции, связан с расчетами балансов энергии, различными аспектами районирования поверхности Земли.

- В основе биогеохимической концепции лежит представление о живом веществе. В настоящее время разрабатываются отдельные направления этой концепции: энергетическое, информационное, социальное, — рассматриваемые иногда как самостоятельные концепции.

- Все живые организмы, взятые вместе, выступают как один тип вещества, характеризующийся массой, средним химическим составом, запасом свободной энергии.

- Живое вещество выполняет на Земле единственную функцию — геохимическую, проявляющуюся в непрерывном изменении (переработке) окружающей его среды. Начинается она с превращения электромагнитного излучения Солнца в энергию химических связей в процессе фотосинтеза зеленых растений и заканчивается растеканием живого вещества по поверхности Земли (агрессия жизни). Реализуется эта функция через питание, дыхание и размножение всех живых организмов.

- Биосфера является полем существования жизни, рассматриваемым как определенным образом организованная среда, служащая связующим звеном между живым и косным веществом. Само живое вещество имеет свое собственное внутреннее поле, резко отличное от поля биосферы, т. к. состоит только из левых или только из правых форм молекул, а не рацемических смесей. В рамках поля живого вещества реализуется принцип Реди «Все живое от живого». Замыкание живого вещества на самого себя осуществляется только через функцию размножения, которая в конечном итоге выступает регулятором проявления геохимической функции живых организмов.

- Биосфера эволюционирует как целостное образование. В. И. Вернадский установил три правила ее изменения: постоянство химического базиса эволюционного процесса; направленность эволюционных изменений; полная заселенность Земли во все геологические времена. Особое значение имеет правило направленности эволюционных изменений, т. к. устанавливает связь между эволю-

цией биосферы в целом и судьбой отдельного вида. Применительно к человеку из этого правила следует вывод о трансформации биосферы в ноосферу, т. к. у этого вида главной перерабатывающей силой становится научная мысль.

- Почти 4 млрд лет непрерывного существования живого на Земле позволяет считать, что живое вещество является весьма устойчивым компонентом нашей планеты. Неоднократные смены видового состава являются подтверждением этого вывода.

- Основная часть солнечной энергии расходуется в окружающей живые организмы среде, создавая на Земле условия, позволяющие проявиться «ошеломляющему» разнообразию жизни. Только около одного процента приходящей солнечной энергии поступает в биоту через процесс фотосинтеза и превращается в энергию химических связей, используемую для всех жизненных процессов.

- Присутствующие в атмосфере Земли водяные пары, углекислый газ, различные аэрозоли поглощают инфракрасное излучение и тем самым создают парниковый эффект, проявляющийся в положительной среднепланетарной температуре поверхности Земли. Основной вклад в формирование парникового эффекта вносят пары воды.

- Последовательность детализации средних характеристик скорости, времени оборота и коэффициента рециркуляции в абиотической, биотической, антропогенной компонентах общего круговорота является логикой усложнения моделей круговоротов вещества.

- Скорость оборота биотической компоненты цикла в условиях суши может быть определена через отношение сухого вещества подстилки к массе опада за год. Максимальная скорость оборота отмечена в тропических и субтропических областях, что является одной из причин достаточно быстрого формирования пустынь в этих зонах.

- Электромагнитное взаимодействие является основным для оценки экологических процессов на Земле.

- В экологии выделяют три энергетических потока: электромагнитное излучение Солнца; тепловой поток от Земли как нагретого тела; вспомогательный поток (энергетическая субсидия), представляющий в основном преобразованные человеком два предыдущих.

ЛЕКЦИЯ 4

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖИВОГО ОРГАНИЗМА С ОКРУЖАЮЩИМ МИРОМ КАК ПЕРВИЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ

Организм (особь) как предельная форма дискретности живого вещества, непосредственно вступающая во взаимоотношения с окружающим миром. — Понятие организма (особи, живого существа). — Разнокачественность организмов. — Унитарное и модулярное строение организма. — Жизненный цикл и его проявление у организмов разного типа строения. — Организм как исходная точка формирования групп и иерархии внутриорганизменных уровней регистрации ответных реакций на внешние воздействия. — Дифференцировка внешней среды на биотическую и абиотическую компоненты. — Наследственность и среда. — Генотип, фенотип, норма реакции. — Реакция организма на свет, тепло и влагу. — Экологические проблемы, решаемые на уровне взаимоотношений организма и окружающей его среды

...Организм в биосфере не случайный гость:
он часть сложной закономерной организации.

В. И. Вернадский

Понятие организма (особи, живого существа)

Рассматривая предельное для Земли проявление жизни в виде живого вещества, В. И. Вернадский выявил ту единственную функцию, которую выполняет это вещество на нашей планете, и назвал ее геохимической (см. лекцию 3).

Всю работу по переработке окружающей среды непосредственно осуществляют части живого вещества, получившие название организмов (особей, живых существ). Раздел экологии, занимающийся изучением связей между организмами и окружающей их средой, носит название аутоэкологии (от гр. αὐτός — сам).

В самом широком смысле организм (от лат. *organizo* — устраивать, придавать стройный вид) понимается как некое образование, состоящее из взаимосвязанных и соподчиненных элементов, взаимоотношения которых достаточно жестко детерминированы их функционированием как единого целого.

В биологии понятие организма включает в себя представления о морфофизиологической единице, происходящей от одной зиготы, гаметы, споры, почки.

Деятельностное определение организма требует для каждой задачи определять морфофизиологическую единицу в зависимости от конечной цели. Трудности определения связаны с разнообразностью организмов, причиной которой являются различные способы их построения, стадийность жизненного цикла. Недоучет этих особенностей может приводить к неприятным ошибкам при определении основных характеристик организма и неправильным выводам при анализе взаимодействий организма с окружающей средой.

Принципиальное значение для экологии имеет тот факт, что организм — закрытое во времени образование, т. к. имеет заданный срок существования, и какими бы комфортными ни были внешние условия, смерть неизбежна.

Для обсуждения экологических взаимодействий организма необходимо ввести несколько основных понятий.

Генотип, фенотип, норма реакции

Развитие организма от зачатка (зиготы, споры, семени, почки) осуществляется в результате реализации заданной программы развития — генотипа. Реализованный в конкретных условиях он носит название фенотипа.

Генотип — (от гр. γένος — род, происхождение и τύπος — отпечаток) — наследственная конституция организма; единая система генетических элементов, взаимодействующая на разных уровнях

Фенотип — (от гр. φαίνω — явно, обнаруживаю) — совокупность всех признаков и свойств особи, формирующихся в процессе взаимодействия ее генотипа и внешней среды.

Оба понятия предложил в 1903—1909 гг. В. Иогансен.

Нет однозначного соответствия между генотипом и фенотипом: изменения в генотипе не всегда ведут к изменению фенотипа, и наоборот. Организмы с разными генотипами могут иметь один фенотип. Особи с одинаковыми генотипами в разных условиях могут отличаться по фенотипу. Сформировавшийся организм меняет генотипическую наследственную пластичность на фенотипическую (ненаследственную), что дает возможность новому организму в период своего существования реагировать на изменения среды в пределах нормы реакции.

Норма реакции — возможный размах фенотипической изменчивости под влиянием внешних условий без изменения генотипа.

Норма реакции различна для каждого уровня реализации генетической программы: молекулярно-генетического, биохимического, морфофизиологического, поведенческого. В каждой из наук, отражающих соответствующий уровень, имеются свои наборы показателей, по которым судят о влиянии окружающей среды.

Изменения генотипа (генотипическая изменчивость) и фенотипа (норма реакции) совместно определяют экологическую пластичность организма.

Унитарное и модулярное строение организмов

Все ошеломляющее разнообразие живых организмов на Земле построено двумя основными способами: унитарным и модулярным.

Жизнь унитарных организмов начинается с оплодотворенной яйцеклетки — зиготы, и путем дальнейших эмбриональных и постэмбриональных преобразований формируется организм. Последовательное прохождение стадий, морфофизиологический

облик, конечный исход индивидуального развития предопределены достаточно жесткой генетической программой. Крольчиха всегда воспроизводит крольчат, свиноматка — поросят, волчица — волчат и т. д., внешне похожих на своих родителей. При этом каждый признак хотя и проявляется в некотором разнообразии (например, в различной массе тела, окраске шерсти, разрезе глаз, величине носа, пасти, когтей и т. п.), но размах таких колебаний (норма реакции) не изменяет общий план строения организма. Сравнительно узкий диапазон экологической пластичности, жесткая программа развития приводят к тому, что унитарные организмы имеют высокую смертность даже при не очень больших изменениях в окружающей их среде. К этой группе организмов относятся позвоночные животные, и следовательно, человек, насекомые и небольшое число некоторых других.

У модулярных организмов из зиготы развивается не целый организм, а отдельная единица строения — модуль. Организм строится путем увеличения количества модулей и образованием различных комбинаций между ними. Типичным представителем таких организмов являются высшие растения. Основной, конструктивный модуль, из которого строится тело растения, — лист с пазушной почкой, прилегающим участком стебля и междоузлием. Из почки формируется новый модуль и т. д. Рост растения состоит в накоплении числа модулей. Органы размножения образует измененный модуль — цветок, порождающий новые зиготы. Модули могут образовывать комбинации определенной формы, которые тоже будут повторяться. Например, у деревьев выделяют несколько уровней модулярности: 1) лист с пазушной почкой, междоузлием; 2) побег с определенным расположением листьев; 3) сук с ветками или часть кроны с характерной формой.

К группе модулярных организмов, кроме растений, относятся также губки, гидроиды, кораллы, мшанки, грибы, многие простейшие.

Отсутствие жесткой программы индивидуального развития и возможность широкого комбинирования модулей дают этой группе живых организмов высокую экологическую пластичность и приводят к появлению значительного разнообразия жизненных форм.

Смерть отдельного модуля или даже сложной их комбинации не означает еще смерти всего организма. Сравните реакцию унитарного организма, например птицы, и модулярного, например картофеля, на резкое июньское похолодание или выпадение снега. В первом случае — высокая смертность как взрослых особей, так и птенцов, а во втором — только задержка в росте ввиду гибели уже появившихся модулей, но не смерть всего организма. Размножение почками, чсренками, отводками, корневищами, клубнями — форма использования человеком особенностей этого типа строения живых организмов. В целом на Земле доминируют организмы с модулярным строением, что является основой устойчивости живого вещества в геологическом масштабе времени.

Жизненный цикл

При анализе экологических взаимодействий выделение организма как счетной единицы осложняется необходимостью учета стадии индивидуального развития. Любой организм независимо от типа строения проходит определенный цикл развития (онтогенез, жизненный цикл) от зиготы до зиготы. В течение своего жизненного цикла организмы проходят через определенные стадии. На каждой из них внутреннее состояние организма и внешний облик различны. В самом общем виде в жизненном цикле выделяют следующие стадии:

- 1) цитогенетическое целое: организм представлен отдельно действующей клеткой;
- 2) эмбриональное целое: организм представлен фазами дробления ядра, различными дифференцировками, началом морфогенеза и роста зародыша в зародышевой оболочке;
- 3) постэмбриональное целое: организм представлен различными этапами молодости и зрелости;
- 4) инволюционное целое: организм представлен разными стадиями старения.

Первые две стадии мало отличаются у унитарных и модулярных организмов. Оценки воздействия внешней среды сводятся к констатации фактов изменения генотипа, различных нарушений хода процесса дробления ядра и его дифференцировок, изменений в закладке зародышевых тканей. Как правило, крупные нарушения в этих процессах ведут к гибели организмов уже на этих стадиях. Если внутриорганизменные отношения справились с возникшими нарушениями, то организм начинает реализовывать свой постэмбриональный этап, где уже наблюдаются существенные различия у модулярных и унитарных организмов.

При решении экологических проблем необходим учет возраста организма. На одно и то же внешнее воздействие молодой, зрелый и стареющий унитарный организм будут отвечать разной интенсивностью, направленностью, скоростью поведенческих, морфофизиологических, биохимических процессов. Отличие модулярного организма состоит в том, что в нем одновременно находятся модули разного возраста. Все, кто имел общение с растениями, наблюдали это явление: новые, молодые, только распускающиеся, зрелые, полностью сформировавшиеся и стареющие, засыхающие листья, — на одном растении. При оценке внешнего воздействия на такой организм всегда требуется точное определение счетной единицы: принять ли за нее весь сложный разновозрастный организм, отдельный модуль в определенной стадии развития или воспроизводимую комбинацию модулей. Ситуация становится еще более сложной, когда требуется учесть и продолжительность жизненного цикла. Дело в том, что у этих организмов достаточно большое разнообразие по данному показателю, характеризующему период от зиготы до образования семян, плодов, спор, почек возобновления и т. п.

Приведем небольшую классификацию типов жизненных циклов модулярных организмов¹:

1. Однолетники:

- с однократным размножением;
- с многократным размножением;

¹ Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции, сообщества. Т. 1. М., 1989. С. 190.

- эфемер с однократным размножением;
 - зимующий однолетник.
2. Двулетники:
- с однократным размножением и с перекрывающимися поколениями;
 - с однократным размножением и неопределенной продолжительностью жизненного цикла.
3. Организмы с непрерывным однократным размножением.
4. Организмы с многократным размножением и с перекрывающимися поколениями.
5. Организмы с непрерывным многократным размножением.
- Жизненный цикл отдельного организма по-своему уникален, т. к. включает особенности роста, дифференцировки, накопления массы, размножения, обусловленные индивидуальной изменчивостью как результатом взаимодействия наследственности (генотипа) со средой обитания.

Характеристики живого организма

Как уже отмечалось ранее (см. лекцию 3), одной из основных характеристик живого организма является масса. Общая масса живого вещества есть сумма масс отдельных организмов всех видов, существующих в данный момент времени на Земле. Достижение максимальной массы отдельной особью осуществляется в результате процессов роста и развития.

Довольно часто оба процесса происходят одновременно, но в общем плане их следует различать. Особи равной массы могут различаться уровнем развития (стадией онтогенеза). Справедливо и такое заключение: каждая стадия онтогенеза может быть представлена особями разного размера. В зависимости от внешних условий выгодна как остановка в развитии (например, переживание неблагоприятных условий среды в виде цист, стадий покоя, спор, семян и т. п.), так и, наоборот, ускоренное развитие, чаще всего связанное с быстрым достижением половозрелой стадии (например, растения-эфемеры).

Основное различие в жизненных циклах связано с процессом размножения как проявлением запаса свободной энергии (см. лекцию 3).

Разнообразие особей по массе и скорости развития приводит к их различной репродуктивной активности, которую еще называют репродуктивным усилием или репродуктивными тратами. Количество энергии, затраченное организмом на производство потомства, могло бы быть идеальным выражением этой характеристики. Методические трудности ее прямого определения заставляют искать другие показатели, позволяющие в какой-то мере судить о репродуктивных тратах. Чаще всего для этого используются такие отношения, как массы гонад к массе тела, массы семян к массе растения, массы помета (кладки) к размеру организма.

Потомство одной особи исходно гетерогенно по массе, т. к. энергия распределяется среди потомков неравномерно, и поэтому судьба отдельных организмов различна. Наиболее жизнеспособные доживают до стадии размножения и оставляют новое потомство. В аутоэкологии для оценки плодовитости и выживаемости применяется термин репродуктивная ценность. Эта характеристика учитывает относительный вклад каждого организма в будущее популяции и выступает оценкой отдельного жизненного цикла с точки зрения естественного и искусственного отбора. Она лежит в основе всей селекционной работы. Когда человек выбирает по отдельным признакам наиболее для него подходящие семена, клубни, ягнят, птенцов, телят и т. п., то он фактически оценивает их жизненный цикл по репродуктивной ценности. В природе эту работу выполняют конкретные местообитания.

Местообитание — участок суши или водоема, обладающий необходимыми условиями для существования некоторой группы особей одного вида.

По отношению к наземным животным часто используют синоним — станция.

Пригодность для жизни того или иного участка земной поверхности каждый организм «оценивает» для себя. Для одних это об-

ширные пространства суши или просторы Мирового океана, а для других — ствол дерева или отдельная клетка другого живого организма. Поэтому пространственно-временные характеристики местообитания и особенности жизненного цикла организма должны соответствовать друг другу. Пространственно местообитание может быть непрерывным и изолированным, а во времени неизменным (т. е. достаточно долго не изменяющимся) и непредсказуемо изменяющимся. При решении конкретной задачи приходится каждый раз определяться с границами местообитания и его характеристиками в зависимости от выбираемых параметров жизненного цикла. Сам жизненный цикл не является независимым от условий среды.

Наиболее отчетливо конечный результат взаимодействия организма и местообитания проявляется в изменениях массы, химического состава, репродуктивного усилия.

Внешние условия уменьшают или увеличивают массу организмов, изменяют их химический состав, а также качественный и количественный состав потомства. Стремление понять причины изменения этих конечных характеристик лежит в основе становления таких наук, как генетика, биохимия, физиология, этология. Каждая из них выбирает свой уровень рассмотрения причинных связей между внешней средой и организмом и в рамках этого уровня формирует собственный понятийный аппарат. Для экологии развитие этих наук расширяет круг задач экологического профиля и дает надежду на разработку достаточно тонких механизмов управления изменением массы, химического состава и размножения организмов. Однако вмешательство в отобранные природой жизненные циклы не всегда оказывается благом. Достаточно напомнить о попытке управления ростом и развитием растений и животных с помощью гормонов.

Основу устойчивости организма составляют его собственные внутренние корреляции, сформированные в рамках определенного местообитания.

|| Корреляция (от лат. *correlatio* — соотношение) — взаимосвязь разных признаков в целостном организме.

Выделяют несколько основных типов:

- генетические (геномные), основаны на процессах, происходящих на уровне генома;
- морфогенетические, обусловлены взаимодействием разных зачатков в ходе эмбрионального развития;
- функциональные (эргонтические) — взаимодействие различных признаков взрослого организма.

На каждой стадии жизненного цикла существует свое проявление этих корреляций. Сформированные в конкретных местообитаниях фенотипы (экоотипы) растений и животных являются основой ошеломляющего разнообразия жизни на Земле и, что не менее важно, основой благополучия человека. Отбор и введение в культуру перспективных экоотипов является до сих пор наиболее дешевым и надежным способом решения проблем обеспечения продовольствием, удовлетворения технологических и эстетических потребностей человека. Абсолютное большинство современных сортов растений и пород животных начинали свой путь становления с экоотипов, отобранных человеком в дикой природе.

Лик Земли непрерывно изменяется, а следовательно, меняются и конкретные местообитания организмов. Деятельность человека лишь ускоряет этот процесс. Живое отвечает на эти изменения формированием новых вариантов жизненных циклов и исчезновением прежних. Поэтому изменение растительного и животного мира неизбежно. Палеонтологическая летопись прекрасно это демонстрирует.

Проблема сохранения биоразнообразия является проблемой удовлетворения потребностей человека, а не природы. Последней безразлично, каким разнообразием организмов и их групп будет представлено живое вещество на Земле.

При рассмотрении предельных экологических взаимодействий, когда жизнь представлена в виде биоты, органического мира, живого вещества, окружающий мир выступает в виде только косного образования — сочетания тепла и влаги, неорганического мира, косного вещества.

Для отдельного организма окружающий мир дифференцируется на биотический и абиотический (живой и косный), т. е. по от-

ношению к отдельному организму не только косные элементы, но и другие организмы могут выступать как окружающая среда:

организм ↔ организм (или группа организмов),

что означает распространение на них общих закономерностей экологических взаимодействий. Этот тип отношений лежит в основе биоэкологии и представляет большой интерес не только для науки, но и для практической деятельности человека. Достаточно напомнить, что все пищевые, социальные, духовные взаимодействия относятся к этому типу, а значит, могут реализоваться все девять вариантов конечных исходов (см. лекцию 3). В биологии эти варианты получили свои специфические названия: крайние (симбиоз, нейтрализм, конкуренция); промежуточные с односторонней выгодой (хищничество, паразитизм, комменсализм, аменсализм).

Ответные реакции организма на внешние воздействия

При рассмотрении иерархии ответных реакций организма на внешние воздействия необходимо иметь в виду, что роль каждой ее ступени различна в формировании общей ответной реакции организма.

Предельный ответ формируется на уровне целого организма в виде поведенческих реакций (функциональный ответ) и морфологических изменений (структурный ответ).

Запускает весь механизм реализации ответных реакций молекулярно-генетический уровень. Биохимический и физиологический уровни выступают как ступени в механизме формирования ответной реакции целого организма. Рассмотрим несколько подробнее эти вопросы.

Молекулярно-генетический уровень формирования ответной реакции представлен генетическим аппаратом клетки — ДНК ядра и протоплазмы. Для экологии его можно представить как

наследственность ↔ среда.

Генетическая программа развития организма выступает как характеристика живого организма в структуре этих экологических взаимодействий.

Изменение генетического материала носит название мутации, появление которой есть результат мутационного процесса (мутагенеза).

М у т а ц и я (от лат. *mutatio* — изменение, перемена) — возникающие естественно или вызываемые искусственно изменения наследственных свойств организма в результате перестройки и нарушений в генетическом материале организма.

По характеру изменения генотипа выделяют следующие мутации:

- **г е н н ы е** — новые молекулярные состояния гена, могут возникать за счет замены оснований, делеции, вставки или перестановки нуклеотидов внутри гена;

- **х р о м о с о м н ы е** — появляются как результат изменения структуры хромосом: утраты участка хромосомы (делеции), удвоения какого-либо участка (дупликации), переноса части хромосомы на другую (транслокации), изменения последовательности расположения генов в пределах одной хромосомы (инверсии);

- **г е н о м н ы е** — связаны с изменением числа хромосом, в случае изменения числа наборов говорят о гаплоидии (уменьшении) или полиплоидии (увеличении). Изменение числа отдельных хромосом в диплоидном наборе называется анеуплоидией (моносомии, трисомии и т. д.)

Мутации в половых клетках ведут к развитию мутантного организма. Они характерны для всех клеток и передаются из поколения в поколение (наследственная изменчивость).

Мутации в соматических клетках захватывают определенный участок тела в зависимости от этапа индивидуального развития, на котором возникла мутация. Этот тип мутаций не передается следующему поколению через половые клетки (модификационная изменчивость).

Мутационный процесс (мутагенез) бывает двух типов: спонтанный и индуцированный.

- **Спонтанный мутагенез** — процесс возникновения мутаций при обычных физиологических состояниях организма, без дополнительного воздействия какого-либо внешнего фактора. Причины его появления связаны с внутренними факторами — химическими веществами, синтезируемыми самим организмом в ходе обмена веществ, ошибками в процессе реализации программы развития, размерами самой молекулы ДНК и т. п. С определенной долей условности к этим факторам можно отнести постоянный физико-химический фон Земли, на котором и реализуется вся ее живая материя: уровень гравитационного, электромагнитного, теплового и других полей Земли, естественный радиоактивный фон и т. п.

- **Индукцированный мутагенез** — процесс воздействия внешней среды на геном как в генеративных, так и соматических клетках. По своей природе мутагенные факторы делятся на физические (изменение различных физических полей, уровня радиоактивности, температуры и т. д.), химические (различные химические вещества как естественного происхождения, так и синтезированные человеком), биологические (вирусные, бактериальные и т. д.).

Главной характеристикой мутационного процесса является его интенсивность, о которой судят по частоте возникающих мутаций на число гамет или зигот (индивидов). Для зародышевых клеток число мутаций рассчитывается на одно поколение.

Наличие мутации определяется по степени ее проявления в изменении отдельных признаков организма. При этом мутации могут проявляться с разной степенью выраженности изменения признака — от полного отсутствия до летального исхода на самых ранних стадиях развития организма. О крайностях проявления мутаций (отсутствие изменения признака и летальный исход) на ранних стадиях развития сведений практически нет. Проявление мутаций внутри этого диапазона может быть зафиксировано в форме изменения признаков: недоразвитость; усиленное развитие; появление нехарактерного признака; появление противоположного признака.

Финальная оценка реализации генетической программы как результата взаимодействия ее внутренних процессов и воздействия внешней среды производится по фенотипу на каждом этапе его индивидуального развития.

Основные характеристики внешней среды

Основными характеристиками внешней среды для развивающегося организма являются:

— количество, качество и продолжительность солнечного освещения;

— количество тепла (температурный режим);

— количество и качество влаги.

Другие параметры среды обитания, например кислотность (рН), соленость, количественный и качественный состав химических соединений, течение, ветер и т. п., также оказывают влияние на организм. Во многих местообитаниях они выступают лимитирующими для развития организма, но свет, тепло и влага определяют саму возможность существования живого вещества в том виде, как оно наблюдается на Земле.

• **Свет.** Первичное взаимодействие солнечного света с живым веществом осуществляется через процесс фотосинтеза зеленых растений. Угол наклона земной оси, скорости вращения Земли вокруг своей оси и движения по орбите вокруг Солнца определяют неравномерность прихода солнечной радиации в течение суток, года в каждой точке земной поверхности. Закон периодической зональности для солнечного света полностью соблюдается. Ответом живого вещества на разную интенсивность солнечного излучения стало формирование светлюбивых, тенелюбивых, теньвыносливых групп организмов. Особенно отчетливо эти группы выявляются среди растительного мира.

Светлюбивые растения не переносят даже незначительного затемнения. Поэтому это растения открытых пространств — лугов, степей, пустынь, тундр, высокогорий, большинство культурных растений открытого грунта. У них, как правило, хорошо развита корневая система и надземные органы, большое число устьиц, интенсивное дыхание. Они способны осуществлять фотосинтез при предельном солнечном освещении.

Тенелюбивые растения предпочитают затененные места и никогда не встречаются на больших открытых пространствах.

Чаще всего они расположены под пологом темнохвойных, тропических влажных, широколиственных лесов, в пещерах, ущельях и на больших глубинах водоемов. Характеризуются общим слабым развитием. Листья темно-зеленые, крупные, с высоким содержанием хлорофилла *b*. Попадая в условия высокой освещенности, быстро высыхают, т. к. способность регулировать транспирацию у них слабо выражена.

Настоящие свето- и тенелюбы являются крайним проявлением свойств растения по отношению к свету и поэтому имеют узкий диапазон экологической пластичности.

Теневыносливые растения имеют широкую экологическую пластичность по отношению к свету, т. к. способны расти и развиваться в широком диапазоне освещенности. В зависимости от условий конкретного местообитания у них могут проявляться черты свето- или тенелюбивых растений.

Отношение к свету может изменяться в ходе онтогенеза. Например, проростки и совсем молодые растения многих луговых трав более теневыносливы, чем взрослые организмы.

В 1907 г. австрийский ботаник Ю. Визнер предложил оценивать отношение растений к свету по его минимуму, при котором конкретное растение еще может существовать. Он назвал этот критерий показателем относительного светового довольствия (ОСД).

Относительное световое довольствие — это отношение освещенности в конкретном местообитании растения к освещению на открытом месте.

Показатель используется в лесоводстве, проектировании парков, декоративном садоводстве, озеленении интерьеров квартир и офисов, фитодизайне.

Другим показателем, характеризующим степень теневыносливости, является минимальная величина освещенности, при которой образованные в процессе фотосинтеза органические вещества полностью используются на процесс дыхания и растение фактически прекращает свой рост. Этот критерий получил название компенсации точки. У крайних светолюбивых компенсацион-

ная точка достигается уже при снижении освещенности примерно на четверть, а у крайних тенсвыносливовцев — при снижении интенсивности освещения до 2,5 тыс. раз.

Спектральный состав солнечного света, поглощаемого растением, изменяется в зависимости от состояния атмосферы, высоты Солнца над горизонтом, местообитания. Чем больше в атмосфере рассеянного излучения, тем больше желто-красных лучей. При низком стоянии Солнца над горизонтом в спектре исчезают фиолетовые и голубые лучи и преобладают красные. Прохождение солнечного света через листву верхних ярусов изменяет не только интенсивность, но и его спектральные характеристики. Красные и оранжевые лучи поглощаются листьями верхних ярусов, а растениям нижних ярусов достаются преимущественно зеленые и желтые лучи. Растения на такие изменения в световых потоках отвечают изменением набора пигментов. Кроме разных хлорофиллов появляются еще каротиноиды. Свойство изменять состав своего пигментного комплекса в зависимости от конкретного местообитания называется *хроматической адаптацией*.

Разная продолжительность освещения (соотношение светлого и темного периода суток) в разных местах земного шара, изменение ее в течение сезона в одном и том же месте как результат космического положения нашей планеты имеют большое значение для всего живого мира — растений и животных. Живой мир откликнулся на строгую астрономическую ритмику изменения продолжительности освещения созданием групп живых организмов длинного и короткого дня, а явление получило название *фотопериодизма*.

Длиннодневные растения происходят преимущественно из северных, а короткодневные — из южных широт.

Под контролем фотопериода у растений находятся практически все метаболические процессы, связанные с ростом, развитием, размножением.

Фотопериодизм в животном мире проявляется в смене меховых покровов у млекопитающих, в наступлении диапаузы и выходе из нее у насекомых, в сезонных миграциях птиц, цикличности половой деятельности.

• **Тепло.** Количество тепла (температура) является одним из главных характеристик среды обитания живых организмов. Основной разнообразия тепловых условий служит, как и для солнечного излучения, положение Земли в структуре солнечной системы, дополненное неровностями земной поверхности — от небольших бугорков, впадин, упавших деревьев и т. п. до горных хребтов и крупных впадин ниже уровня моря.

Выделение тепловых поясов (см. лекцию 2) достаточно условное, т. к. угол наклона земной оси по отношению к плоскости околосолнечной орбиты Земли в течение годового цикла несколько изменяется. Поэтому самые высокие температуры фиксируются не на экваторе, а в средних широтах.

Отражающая способность воды выше отражающей способности суши, и поэтому последняя нагревается и остывает быстрее. Смягчающее влияние моря на суточные и сезонные колебания температуры — следствие более медленного прогрева и остывания воды.

В горах ночью разница в температурах на дне долины и на 100 м выше может достигать 30 °С.

Колебания температуры на поверхности почвы достаточно быстро затухают с глубиной. Суточные изменения в десяток градусов на поверхности уже практически не ощутимы на глубине около 1 м, а глубина в несколько метров снимает и годовые колебания.

На разнообразии тепловых условий Земли живые организмы ответили своим разнообразием способов поддержания внутренней температуры. По отношению к этому воздействию организмы делятся на две больших группы: пойкилотермные (с непостоянной температурой тела) и гомойотермные (с постоянной температурой тела).

Принципиальная схема теплообмена как формы экологических взаимодействий у обеих групп организмов проявляется как баланс прихода и отдачи тепла.

Процесс поступления тепла в организм складывается из двух потоков — внешнего (из окружающей среды) и внутреннего (продукта основного обмена веществ самого организма).

Отдача тепла организмом происходит за счет процессов прямого излучения, отражения от поверхности тела, испарения воды.

Внешняя среда оказывает влияние на реализацию этих процессов через свою теплопроводность и конвекционные явления.

Для обоих типов организмов характерно наличие температурного оптимума, верхней и нижней границы летальных температур, за пределами которых организм теряет способность регулировать свою температуру тела (см. лекцию 2).

Основную часть живого населения Земли составляют организмы с непостоянной температурой тела. К ним относятся растения, грибы, беспозвоночные, рыбы, пресмыкающиеся, земноводные.

Особенности теплообмена этих организмов:

- Преобладание внешнего поступления энергии над внутренним потоком, что приводит к сильной зависимости температуры тела от теплового состояния окружающей среды.

- Низкие температуры, особенно отрицательные, опасны прежде всего возможностью образования кристаллов льда внутри клеток, повреждающее воздействие которых осуществляется в виде прямого механического давления на структуры клетки, а также за счет уменьшения количества жидкой воды, что приводит к повышению концентрации клеточного раствора. В качестве ответной реакции у некоторых видов в клетках образуются вещества с антифризными свойствами.

- При низких положительных температурах обмен веществ замедляется практически до полного прекращения. Организм впадает в состояние оцепенения. В зависимости от продолжительности действия таких температур может произойти как полное восстановление всех функций, так и летальный исход. Это явление носит название **холодового повреждения**.

- Высокие температуры опасны своим инактивирующим действием на ферментные системы клетки, а также обезвоживанием организма вследствие повышенного расходования воды на испарение для снижения температуры тела.

- Интервал между низкими и высокими температурами является зоной активной жизни организма. С повышением температуры тела возрастает скорость метаболических процессов, что характеризуется температурным коэффициентом Q_{10} , и, как следствие, возрастает скорость прохождения стадий развития всего организма.

• Зависимость скорости развития от температуры приводит к явлению зависимости времени от температуры. Если температура упадет ниже порога начала развития, то время для этих организмов может «остановиться». Поэтому для них введено понятие «физиологического времени» (температуровремя, градусодни). Значение этого явления в том, что оно позволяет понять причину появления в разное время и в разные годы различных вредителей сельскохозяйственных культур.

• Температурные реакции организма зависят от стадии развития. Стадия покоя отличается повышенной устойчивостью к крайним температурам.

• Реакция организма на температуру зависит от воздействия предшествующих температур. Ответную реакцию можно сместить вправо или влево предварительным воздействием высоких или низких температур.

• Межвидовые различия в реакциях на температуру значительно больше, чем внутривидовые. Животные, обитающие в полярных водах, активны при температуре внешней среды $-1...+2$ °С (криофилы), тогда как для обитателей тропических мелководий зона активных температур находится в пределах 40 °С (термофилы). Мхи и лишайники выдерживают температуры до -70 °С, в то время как для водорослей горячих источников нужна температура около $+70$ °С.

• Для этих организмов наибольшее значение в регуляции температуры тела имеет прямое излучение тепла и отражение теплового потока телом. Роль испарения как регулятора значительно меньше.

Группу организмов с постоянной температурой тела составляют большинство птиц и млекопитающие. Эти организмы отличаются высокой степенью развитости использования внутреннего потока энергии для регуляции теплового состояния своего тела. У них скорость образования собственной теплоты определяется интенсивностью обмена веществ и контролируется головным мозгом. Температура тела у этой группы поддерживается в интервале 35—40 °С, и поэтому они больше отдают тепло, чем принимают.

Прямая отдача тепла регулируется различными способами теплоизоляции тела — наличием меха, перьев, подкожного жира, изменением скорости кровотока под поверхностью кожи. Существенный

вклад в поддержание постоянной температуры тела играет процесс испарения воды (выделение пота). Практически нулевое значение для теплообмена у этих организмов играет процесс отражения внешнего потока тепловой энергии. Первая реакция на повышение температуры окружающей среды — уйти в тень.

Постоянная температура тела дает этой группе организмов два основных преимущества: 1) постоянный уровень активности в широком интервале температур окружающей среды; 2) способность выдерживать кратковременные, достаточно сильные изменения температурного режима среды.

По мере удаления от температурного оптимума в обе стороны у этих организмов возрастает расход энергии на поддержание постоянной температуры тела. Причем при низких температурах увеличиваются затраты на создание теплоизолирующих механизмов (повышение густоты меха, увеличение толщины подкожного жира, усиление кровотока), а при высоких — на процесс испарения воды.

• **Влага.** Живой организм в среднем состоит на 80 % из воды. Поэтому экологические взаимодействия организма с окружающим миром по данному каналу связи имеют особое значение для его жизнедеятельности.

Вода как тип вещества обладает наибольшим количеством аномалий физических и химических свойств. Отметим наиболее важные из них.

Для большинства веществ количество тепла, необходимого для повышения температуры на один градус (теплоемкость), есть величина постоянная. У воды же при нагревании от 0 до 35 °С теплоемкость падает, а при дальнейшем нагревании до 100 °С возрастает.

Наибольшую плотность вода имеет при +4 °С, при дальнейшем охлаждении ее объем увеличивается почти на 10 %, а плотность уменьшается. Поэтому лед не тонет, а водоемы не промерзают каждый год до дна.

Преобразование воды в пар требует аномально много энергии — более 2000 Дж/г. Но именно эта физическая особенность, реализуемая в процессе потоотделения у животных и транспирации у рас-

тений, позволяет живым организмам переживать значительные повышения температуры окружающей среды.

Вода является универсальным растворителем. Поэтому природные воды — это растворы. По количеству растворенных веществ воды делятся на соленые и пресные.

Высокое поверхностное натяжение воды позволяет ей очень высоко подниматься по тончайшим отверстиям — капиллярам, диаметр которых может быть в несколько раз меньше диаметра человеческого волоса. Физические свойства воды в капиллярах настолько необычны, что приходится говорить о ее новом (четвертом) фазовом состоянии. В капиллярах обычная вода становится очень вязкой и почти в 1,5 раза тяжелее обычной. Наивысшая плотность в этом состоянии достигается при температуре ниже 0 °С. При этом образуется не лед, а стекловидное вещество.

По отношению к воде выделяют следующие экологические группы организмов: гидробионты (водные растения и животные), гигробионты (земноводные растения и животные), мезобионты (растения и животные суши), ксеробионты (растения и животные засушливых мест обитания).

Для водных организмов вода является непосредственной средой обитания, и значения кислотности (рН) воды и содержания в ней химических веществ являются решающими факторами для проживания в ней живых организмов.

Суммарное количество воды на нашей планете составляет 1390 млн км³. Из них 1340 млн км³ приходится на Мировой океан (96,4 %). На пресные воды (реки, озера, каналы, подземные воды, снега и ледники) приходится ~35,8 млн км³. Из них доступны для использования человеком ~0,3 %. Остальное приходится на атмосферную и почвенную влагу.

На Земле вода в настоящее время находится в трех основных фазовых состояниях — жидком, парообразном и твердом (лед). Фазовые переходы воды формируют круговорот воды на Земле. Процесс изменения баланса между фазовыми состояниями воды лежит в основе крупнейших экологических катастроф — трансгрессий и регрессий Мирового океана, интенсивности парникового эффекта, опустынивания больших территорий суши.

Сформулируем основные положения лекции.

- Аутоэкология — раздел общей экологии, изучающий экосистемные взаимодействия при представлении биоты в виде отдельного организма.

- Организмы, составляющие живое вещество планеты, построены двумя основными способами — унитарным и модулярным.

- Унитарные организмы характеризуются жесткой программой развития и сравнительно узким диапазоном изменчивости признаков, что приводит к высокой чувствительности к изменениям в окружающей среде. Унитарные организмы реализуют два основных типа жизненных циклов — простой, характеризующийся прямым развитием организма из оплодотворенной яйцеклетки, и сложный, обусловленный метаморфозами на разных стадиях развития.

- Отсутствие жесткой программы индивидуального развития, возможность широкого комбинирования модулей обеспечивают модулярным организмам широкую экологическую пластичность. Смерть отдельных модулей или даже сложной их комбинации при изменении условий среды не означает для них смерти всего организма. Разнообразие жизненных форм организмов на Земле обеспечивается в основном за счет экологической пластичности модулярных организмов.

- Потомство любых организмов всегда гетерогенно по любым признакам, что позволяет производить выбор отдельных особей по репродуктивной ценности. В зависимости от своих целей человек выбирает те организмы, которые наиболее ему подходят, и тем определяет их репродуктивную ценность. В природе эту работу выполняют условия конкретного местообитания организмов. Конечный результат взаимодействия организма и местообитания проявляется в изменениях массы, химического состава, качественного и количественного состава потомства.

ЛЕКЦИЯ 5

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУПП ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ С ОКРУЖАЮЩИМ МИРОМ

Понятие биологического вида как главного объединения родственных организмов в группы. — Популяция как основная единица существования, адаптации, размножения и эволюции вида. — Трансформация основных характеристик живого вещества в характеристиках популяции. — Осложняющие обстоятельства в оценках взаимодействия популяции с окружающим миром. — Экологические проблемы, решаемые популяционной экологией. — Надвидовые объединения организмов. — Понятие сообщества (биоценоза). — Трансформация основных характеристик живого вещества в характеристиках биоценоза. — Осложняющие обстоятельства в оценках взаимодействия сообщества с окружающим миром. — Пространственная, временная, трофическая структура биоценоза. — Судьба вида в биоценозе. — Проблемы устойчивости сообществ. — Экологические проблемы, решаемые синэкологией

Ах, эта среда обитания!
Все связаны между собой
Обменом, составом питания,
Составом, структурой, судьбой.
Е. Николаевская

Понятия биологического вида и популяции

Главное эмпирическое обобщение биологии XX в. утверждает, что живые организмы предпочитают жить группами. Причины, вызывающие объединение в группы, могут быть внутренними (родство) и внешними. Родственные организмы образуют главное объединение, носящее название биологического вида. Внешние причины могут быть случайными (временными) и постоянными. В случае, если причина, вызвавшая объединение организмов, случайна и кратковременна, говорят о скоплении. Основная особенность скопления в том, что группа есть, а связей внутри нее

нет, и скопление исчезает, как только перестает действовать причина. Например, скопление летней ночью разнообразных насекомых вокруг электрической лампочки. Стоит ее выключить — и группа исчезает. Постоянно и длительно действующие причины вызывают объединение в группы с формированием устойчивых связей, и они начинают выступать как единое целое.

Понятие биологического вида как объединения родственных организмов ввел в науку ботаник Джон Рей в 1686 г., определив его как «совокупность практически тождественных друг другу организмов, способных оставлять потомство». Определение построено на выделение трех основных сущностных чертах такого объединения:

- вид всегда представлен множеством организмов;
- организмы, составляющие вид, сходны морфологически и физиологически;
- вид самовоспроизводится в природе.

К настоящему времени выделено еще более десяти различных характеристик вида, некоторые из них носят дискуссионный характер, что затрудняет принятие общего определения вида.

Для анализа экологических взаимодействий биологического вида большое значение имеет выявление в XX в. его сложной внутренней организации.

Исследования структуры видов растений и животных в конкретных природных условиях привели к установлению факта неравномерности распределения организмов по занимаемой ими территории — а р е а л у. Оказалось, что в природных условиях биологический вид распределен по своему ареалу отдельными группами организмов, внутри которых сформированы устойчивые связи, и поэтому такие группы выступают как достаточно самостоятельные образования.

Естественные группы организмов одного вида, реагирующие как целое на различные внешние воздействия, получили название п о п у л я ц и й. Выяснилось, что численность таких групп, площадь занимаемой ими территории широко варьируют. Необходимость как-то обозначить это явление привела к появлению значительного количества прилагательных и приставок перед словом «популяция»:

географическая, ландшафтная, биотопическая, экологическая, микропопуляция, макропопуляция и т. д., — подчеркивающих территориальные или численные особенности той или иной внутривидовой группы.

Генетики со своей стороны сформулировали представления об идеальной популяции, понимая под ней группу особей одного вида, все члены которой имеют равную возможность скрещиваться с особями противоположного пола. Фактически речь идет о всем генофонде вида. Сознвая, что такая панмиксия нереализуема в природе, пришлось вводить пространственно-временные ограничения, а следовательно, и новые термины: дем, соседство.

Попыток определить популяцию с помощью пространственно-временных и генетических ограничений достаточно много. Различаются они степенью доминирования того или иного аспекта. Приведу одно из наиболее уравновешенных, на мой взгляд, в этом плане определений, предложенное А. В. Яблоковым.

Популяция — это минимальная самовоспроизводящаяся группа особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющая определенное пространство, образующая самостоятельную генетическую систему и формирующая собственное экологическое гиперпространство.

Из определения следует, что группа особей одного вида может получить статус популяции, если она достаточно многочисленна; занимает на протяжении большого числа поколений одно и то же пространство и выступает при этом как относительно изолированная группа.

Приняв это или какое-нибудь другое сущностное определение явления группового распределения особей одного вида по поверхности Земли, необходимо помнить, что при решении конкретных экологических проблем, где живое будет выступать на популяционно-видовом уровне, придется каждый раз находить деятельностное определение популяции.

Трудности выделения популяции в растительном мире заставили ботаников ввести понятие *ценопопуляции* — группы особей одного вида, входящей в данный фитоценоз. Еще значительней

затруднения с использованием этого понятия у микроорганизмов, где даже само понятие вида достаточно проблематично.

Несмотря на то, что основная масса сведений о структуре популяции, ее изменении во времени и пространстве получена при изучении высших животных и растений, в биологии сформулировано следующее эмпирическое обобщение:

Вид реализован в природе в форме популяций, которая является элементарной единицей существования, адаптации и эволюции вида.

Основные характеристики популяции

Основным показателем, по которому судят о популяции любого вида, является ее **численность**, выступающая как интегральная характеристика массы, среднего химического состава и запаса свободной энергии. Абсолютное значение числа особей в той или иной популяции мало информативно, т. к. не известно, какую территорию или объем, они занимают. Поэтому численность всегда выражают в виде **плотности**, определяемой как **число особей на единицу пространства**. Точное определение плотности затруднено неравномерным распределением особей по занимаемому популяцией пространству. Выделяют случайное, равномерное и групповое распределения, обусловленные, видимо, разными причинами. Замечено, что виды, живущие большую часть жизни одиночно, стремятся к равномерному и случайному распределению в пространстве. Объединение в группы может быть следствием местных различий в условиях среды, суточных и сезонных изменений погоды, необходимости оставлять потомство (в связи с процессом размножения), социального притяжения (у высших животных).

Объединение в группы может усиливать конкурентные отношения между особями за пищу или жизненное пространство. Однако эти неблагоприятные следствия более чем уравниваются повышением выживаемости группы в целом.

Правило лимитирующего действия факторов проявляется на уровне популяции в виде принципа Олли:

Степень агрегации, при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции, варьирует в зависимости от вида и условий, поэтому как недонаселенность (или отсутствие агрегации), так и перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние.

У животных групповой эффект выражен сильнее, чем у растений. Следствием объединения является установление иерархии и специализации особей. Возникает организация.

Неоднородность распределения особей в пространстве приводит к необходимости выделять среднюю плотность — число особей на единицу всего занимаемого популяцией пространства, и экологическую плотность — число особей на единицу заселенного пространства.

По-видимому, существует верхняя граница численности популяции для каждого вида. Теоретически верхний предел определяется количеством энергии, приходящей к поверхности Земли. Нижний предел, видимо, не определяется, т. к. основать популяцию может пара особей у разнополых организмов и одна особь у вегетативно размножающихся. Обычно в природе действуют гомеостатические механизмы, поддерживающие плотность каждого вида в определенном диапазоне, например: лиса — 0,01—0,09 кг/га, черный медведь — 0,1—1,0 кг/га, бурундук — 0,15—15,0 кг/га, пума — 0,009—0,01 кг/га.

Плотность популяции изменяется во времени. В каждый момент времени численность зависит от четырех основных процессов: рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции особей.

Рождаемость есть средняя репродуктивная способность популяции. Для высших животных ее принято выражать в расчете на одну самку. Выделяют два типа рождаемости.

- Максимальная (абсолютная или физиологическая) рождаемость — это теоретически возможное количество новых особей, которое может родиться в идеальных условиях. Этот тип рождаемости интересен для определения и прогнозирования естествен-

ной скорости увеличения численности популяции. В основе лежит геометрическая прогрессия размножения. В 1928 г. Р. Н. Чепмен предложил для обозначения этого явления понятие биотического потенциала, определяющегося по формуле

$$r = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{t_2 - t_1},$$

где r — биотический потенциал популяции, N_1 — число особей в начальный период t_1 , N_2 — число особей в конечный период t_2 , и являющегося, по сути, видовой константой¹. Знание биотического потенциала как видовой константы для основных видов растительного и животного мира имело бы большое значение для экономической оценки воздействия человека на живой мир. К сожалению, до сих пор не проведена должная работа в этом направлении.

• Экологическая, или реализуемая, рождаемость. Зависит от генетической, половой, возрастной структуры популяции. Основа реальной рождаемости закладывается на генетическом уровне. Постоянно идущий мутационный процесс и рекомбинации уже существующего генетического материала приводят к формированию генетической разнородности популяции. Это исходное разнообразие проявляется в половой и возрастной структуре популяции. Соотношение полов в популяции формируется в результате различных процессов.

На первом этапе оно определяется сочетанием половых хромосом в процессе митоза и чаще всего близко к 1 : 1. Кроме половых хромосом, в определении пола принимают участие и аутосомы. В популяциях животных могут встречаться не только нормальные самцы и самки, но и особи других половых типов: диплоидные, триплоидные, тетраплоидные, самки и самцы с соответствующими гипертрофированными признаками, интерсексы. Крайним случаем первичного определения пола можно считать появление однополых женских или мужских популяций. У гермафродитов, где, казалось бы, вопрос, о соотношении полов не должен возникать, он,

¹ См.: *Chahman P. N.* The quantitative analysis of environmental factors // *Ecology*. 1928. № 9. P. 111—112.

оказывается, не так прост. Так, у свободноживущей нематоды *Caenorabditis elegans* обнаружена мутация в аутосомах, превращающая гермафродита в самца, самку или интерсекса.

С рождением новой особи начинается второй этап. На десятках видов позвоночных и беспозвоночных показано изменение соотношения полов в зависимости от условий среды. Например, в исследованиях Н. П. Наумова², Э. В. Ивантера³ показано, что рост численности зайца-беляка в популяциях Якутии и Вологодской области сопровождается увеличением числа самцов среди эмбрионов, а в Карельской популяции тенденция обратная. Гормональная регуляция вторичного соотношения полов показана у всех групп позвоночных — рыб, амфибий, рептилий, птиц, млекопитающих.

Третий этап изменения соотношения полов реализуется уже среди половозрелых, размножающихся особей. Он связан с неодинаковой смертностью особей разного пола.

Соотношение полов в популяции не есть только простое численное соотношение особей мужского и женского пола, а является основой для оценки жизнеспособности особей на стадиях онтогенеза, возможности оставления потомства и фактически определяющей компонентой возрастной структуры популяции.

Особь в каждый момент своего существования может быть охарактеризована календарным, биологическим возрастом или возрастным состоянием.

Соотношение различных возрастных групп в популяции определяет ее способность к увеличению численности в данный момент времени и показывает, что следует ожидать в будущем. Обычно в быстро растущих популяциях значительную часть составляют молодые особи, в стабильных — распределение возрастных групп более или менее равномерно, а в популяциях с уменьшающейся численностью преобладают старые особи.

² См.: Наумов Н. П. Структура популяций и динамика численности наземных позвоночных // Зоол. журн. 1967. Т. 46, вып. 10. С. 1470—1486.

³ См.: Ивантер Э. В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л., 1975.

Определение календарного возраста диких животных представляет значительную сложность, т. к. чаще всего время рождения неизвестно. С еще большими трудностями приходится иметь дело при определении такого возраста у многолетних растений. Всегда желательно иметь дело с календарным возрастом, но не всегда это возможно. Определение биологического возраста связано с выявлением стадий развития и оценкой их состояния, что тоже не всегда легко сделать. Обойти эти трудности позволяет понятие *возрастного состояния*. По отношению к популяции выделяют три основных возрастных состояния: 1) пререпродуктивное, 2) репродуктивное, 3) пострепродуктивное — длительность которых варьирует у разных видов (рис. 5.1).

Для многих видов известна значительная межпопуляционная и внутривидовая (в разных генерациях) изменчивость этих показателей.

Соотношение возрастных состояний усложняется у некоторых видов неравномерным созреванием самцов и самок. В одном случае раньше созревают самцы (например, у рукокрылых), в других — самки. Длительное сохранение (десятки, сотни и тысячи лет) спор, семян, цист и т. п. в почве, торфе, иле может в определенных случаях оказывать существенное влияние на возрастную структуру популяции.

В 1925 г. А. Лотка из теоретических соображений показал, что в популяции имеет место тенденция к установлению стабильной возрастной структуры. Приток и отток особей нарушает ее, но при восстановлении условий возрастная структура стремится к прежнему состоянию. Длительные устойчивые изменения в окружающей среде могут приводить к установлению новой стабильной возрастной структуры. Данные о возрастной структуре выражают в абсолютных числах или процентах.

В природных популяциях разных видов реализуются различные варианты сочетаний поколений, приплодов, возрастных групп⁴.

1. Поколения состоят из одного приплода. Характерно для однократно размножающихся видов (однолетние растения, насекомые). Понятия «поколение» и «приплод» совпадают.

⁴ См.: Яблоков А. С. Популяционная биология. М., 1987.

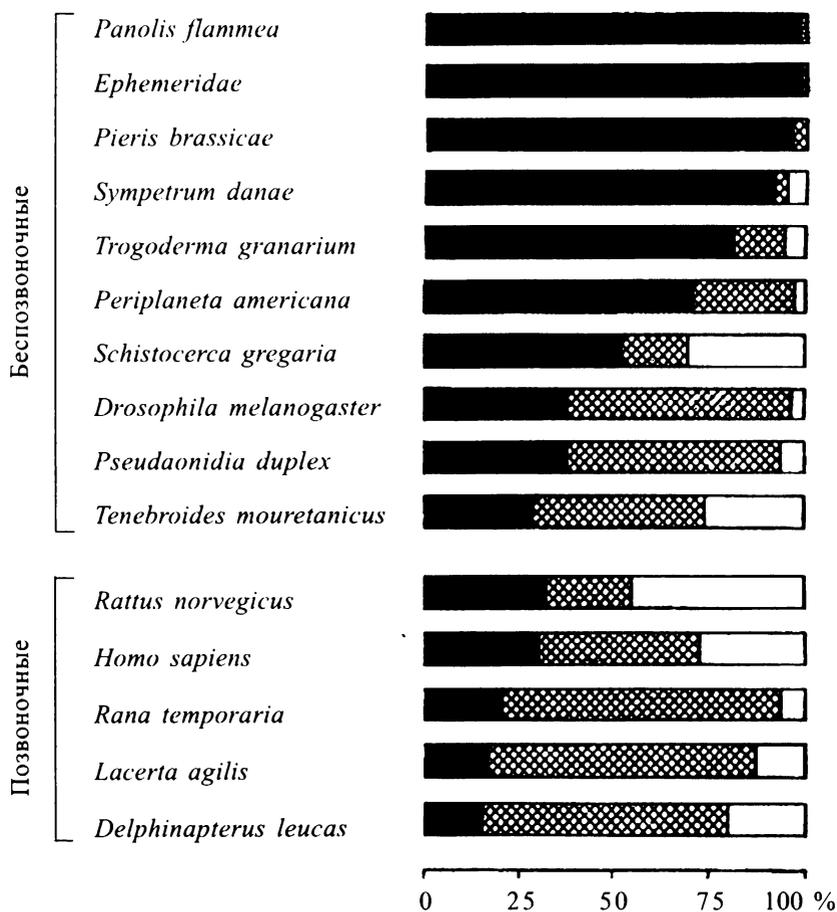


Рис. 5.1. Соотношение длительности возрастных состояний некоторых видов (по А. С. Яблокову):

■ — препродуктивное, ▨ — репродуктивное, □ — пострепродуктивное

2. Поколение состоит из особей разных приплодов. Характерно для многих видов мелких млекопитающих, неоднократно размножающихся в сезон размножения.

3. Приплод состоит из особей разных поколений. Молодые животные из первого приплода вступают в размножение наряду со старыми особями. Последние приплоды будут принадлежать к двум

поколениям. Характерно для мелких, быстро размножающихся млекопитающих, способных давать несколько приплодов в год.

4. Возрастная группа состоит из особей нескольких поколений. Характерно для долгоживущих млекопитающих со сложной возрастной структурой популяций — китообразные, хищные, ластоногие (табл. 5.1).

Таблица 5.1

*Термины и понятия, характеризующие
возрастную структуру популяции**

Термин	Формулировка	Примечание
Поколение (генерация)	Непосредственное потомство особей, появившихся на свет на протяжении одного цикла размножения у однократно размножающихся видов или всего репродуктивного периода у видов с неоднократным размножением на протяжении жизни	Продолжительность поколения соответствует среднему репродуктивному возрасту, характерному для данной популяции
Приплод	Одновременно родившиеся особи от определенной совокупности родителей	Одна группа родителей может иметь несколько приплодов. Приплод от пары родителей у живородящих животных — помет
Возрастная группа	Группа особей одинакового астрономического или физиологического возраста	У разных организмов определяется с разной точностью: молодые, взрослые, старые, сеголетки, личинки имаго
Цикл размножения	Период размножения и формирования потомства	Короткоциклические: цикл размножения короче длительности поколения; длиннотциклические: моно- и полициклические

* См.: Тимофеев-Ресовский Н. В. и др. Очерк учения о популяции. М., 1973.

Смертность — антитеза рождаемости. Характеризует гибель особей в популяции и выражается числом особей, погибших за определенный промежуток времени.

Гибель в идеальных условиях (без лимитирующих факторов) определяется как физиологическая смертность. Она определяет максимальную продолжительность жизни. Гибель в реальных условиях определяется как экологическая смертность. Причины гибели могут быть различны.

Нередко значительно больший интерес представляет не смертность, а выживаемость. Полная картина смертности в популяции описывается статистическими таблицами, введенными в 1921 г. Раймондом и Пирлом. Общая схема построения такой таблицы включает:

- число особей (на 1 тыс. или другое удобное число), выживших к концу определенного интервала времени — дня, декады, месяца, года;
- число особей, погибших в последовательные интервалы времени;
- смертность в течение последовательных интервалов по отношению к исходной численности;
- ожидаемую продолжительность жизни в конце каждого интервала.

На основании таблиц можно построить графическую зависимость выживания от возраста (рис. 5.2).

Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и с плотностью. Большое количество потомков и высокая детская смертность соответствуют 3-му типу зависимости; небольшое количество потомков с развитым уходом за потомством — 1-му; достаточно равномерная смертность на протяжении всей жизни — 2-му типу.

Если умножить число выживших особей l_x на число потомков m_x , произведенных за это время для каждой возрастной группы, и сложить результаты всех групп, то появляется такая характеристика, как чистая скорость размножения популяции R_x :

$$R_x = l_x m_x.$$

В стабильных природных популяциях $R_x \approx 1$, т. е. число смертей и рождений примерно одинаково. От чистой скорости размножения

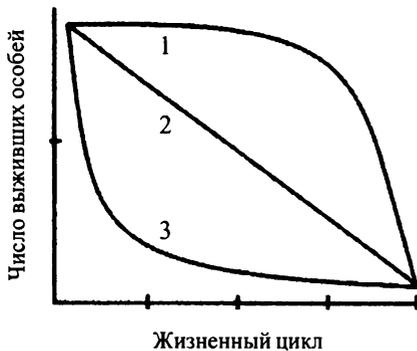


Рис. 5.2. Теоретическая зависимость выживания организмов от онтогенетического возраста

можно перейти к годовой скорости роста популяции, определяемой по формуле

$$\lambda = R^{\frac{1}{T}},$$

где λ — годовая скорость роста популяции, R — чистая скорость размножения, T — среднее время генерации.

Миграционные потоки несомненно оказывают влияние на изменение численности популяции. Эмиграция особей — естественное следствие геометрической прогрессии размножения, проявляющееся в агрессии жизни, растекании живого вещества по поверхности Земли.

Эмиграционные потоки есть форма проявления свободной энергии популяции.

В природных популяциях разных видов реализуется полный спектр вариантов эмиграции: от нулевой до массового ухода большей части популяции («вспышка» численности). Судьба эмигрантов различна: большая часть их гибнет, часть закрепляется на новом месте, часть становится иммигрантами в других популяциях.

Конкретные причины миграционных потоков у каждого вида свои. Несомненно, что они являются следствием внутривидовых процессов и изменений в окружающей среде.

Динамика численности популяции

Для каждого сочетания условий среды существует своя плотность популяции, при которой рождаемость и смертность уравновешивают друг друга. Такое равновесное состояние определяется как емкость среды. Внешние и внутренние причины, приводящие к изменению численности популяции в сторону увеличения или уменьшения, активизируют внутрипопуляционные процессы таким образом, что вновь устанавливается соответствие с емкостью среды.

В закончившей рост популяции численность не остается на одном уровне. Она постоянно колеблется вокруг некоторого среднего значения. Эти флюктуации могут быть следствием разных воздействий.

- Первичное периодическое воздействие — годовые и сезонные изменения космических процессов. Изменения численности, обязанные таким причинам, носят название циклических.

- Вторичное периодическое воздействие, проявляющееся через изменение состояния доступности пищи, воды, тепла, мест размножения и т. п. В рамках данных воздействий иногда выделяют влияние самой плотности на их проявление, которое может меняться от 0 до максимума.

- Непериодическое воздействие, приводящее к резкому уменьшению или увеличению численности. Уменьшение обычно является следствием какого-либо катастрофического воздействия — урагана, заморозка, резкого увеличения численности конкурентных видов или паразитов и т. п. Увеличение часто носит непредвиденный характер и наблюдается значительно реже. Известно не так уж много примеров этого явления: непредвиденное распространение колорадского жука в Европе, морских звезд на Большом Барьерном рифе к северо-востоку от Австралии, кроликов и овец в Австралии и т. п.

Разработано достаточно много математических моделей изменения численности популяций. Выбор подхода к моделированию зависит от поставленной задачи. Если необходимо знать характер изменения численности, то используются разностные уравнения.

В случае измерения скорости изменения пользуются дифференциальными уравнениями.

Поле популяции

Экологическое гиперпространство, формируемое популяцией (см. определение популяции), может быть соотнесено с понятием поля однородного живого вещества в рамках биосферной концепции. Для обозначения этого понятия в экологии широко употребляются такие термины, как популяционный ареал и индивидуальный участок. Для его характеристики пользуются радиусом индивидуальной активности (Н. В. Тимофеев-Ресовский), панмиктической единицей (С. Райт), соседством (С. Райт), средним расстоянием распространения (В. Грант), величиной индивидуального участка, радиусом репродуктивной активности.

Сравнительный анализ всех этих показателей, характеризующих поле популяции, проведенный А. В. Яблоковым (1987), показал, что предложенное им понятие радиуса репродуктивной активности более точно характеризует гиперпространство популяции.

|| Под радиусом репродуктивной активности понимается расстояние между местом рождения и местом размножения для 95 % особей данного поколения.

Сведения о величине данного показателя (табл. 5.2) взяты из обзора А. В. Яблокова (1987).

Как отмечает А. В. Яблоков, «радиус репродуктивной активности, конечно, не является первичным популяционным показателем, но в нем отражаются многие существенные генетические и экологические характеристики популяционных процессов... Этот показатель может служить исходным при определении величины ареала популяции в целом»⁵.

⁵ Яблоков А. С. Популяционная биология. С. 37.



Николай Владимирович
Тимофеев-Ресовский
(1900—1981)



Алексей Владимирович
Яблоков (р. 1933)

Таблица 5.2

*Радиус репродуктивной активности
некоторых видов растений и животных*

Вид	Радиус репродуктивной активности, м	Источник
Капуста	24	A. Bateman (1946)
Кукуруза	5—20	E. Petermiani, A. C. Stort (1974)
Сосна обыкновенная	100	Н. В. Гришина (1985)
Люцерна	1500	D. Levin, H. Kerster (1974)
Лук репчатый	1,8	—
Кострец безостый	183	—
Сорго	119	A. Baleman (1946)
Бобы	302	—
14 видов культурных растений-опылителей	151—295	Рекомендации фирм разводящих разные сорта
22 вида культурных растений перекрестного опыления	243—804	—
Заяц-русак	10 000	T. Kronig (1940)
Косуля	10 000	T. Kronig (1940)
Соболь	80 000—200 000	Н. Н. Бакеев и др. (1980)

Окончание табл. 5.2

Вид	Радиус репродуктивной активности, м	Источник
Крот	300	R. Gider (1973)
Белка обыкновенная	6 000	С. М. Сокольский, Т. Д. Адамацкая (1982)
Грач	950 000	«Миграция птиц» (1982)
Тетерев	27 000	—
Человек	10 000—15 000	По данным разных авторов

К этому можно добавить, что данный показатель может выступать и в качестве косвенной оценки реального запаса свободной энергии популяции.

Большой размах в размерах поля популяции приводит к необходимости каждый раз решать вопрос с выбором характеристик окружающей среды в зависимости от целей и задач.

Экологические проблемы, решаемые популяционной экологией, касаются судьбы отдельных видов. Выделение газообразных веществ растений (фитонцидов) и различных корневых жидкостей и газов, запахи и экскременты животных, посмертное разложение тела — все это формы проявления вещественно-энергетических связей популяции со своим окружением.

Видовые особенности питания и дыхания и соответствующий им внутренний обмен веществ отдельных организмов определяют качественный состав и количественные соотношения твердых, жидких и газообразных веществ, через которые осуществляются эти взаимоотношения. Проблемы севооборотов, агротехники выращивания отдельных видов и сортов растений, составления рационов питания животных, «усталости» почв, аллелопатии, создания травосмесей и т. п. являются следствиями проявления экологических взаимодействий на данном уровне представления живого в рамках экосистемы. Разработка мероприятий по сохранению биологического разнообразия нашей планеты, разумное использование промысловых животных, повышение продуктивности сельскохозяйственных

растений и животных невозможны без знания особенностей структуры популяций используемых видов.

С одной стороны, накопленные в данном разделе экологии сведения о способах формирования групп у разных видов животных и растений, изменения их структуры при различных внешних воздействиях могут быть использованы при рассмотрении социальных отношений у человека, т. к. этот вид явно предпочитает жить группами. Сам термин «популяция» в переводе с латинского означает «народ» и был первично использован исследователями человека.

С другой стороны, накопление сведений о формировании структуры отдельных групп людей, их отношения с окружающим миром может значительно обогатить популяционную экологию. Возможно, что данный раздел экологии следует рассматривать как теоретическую основу социологии.

Объединение организмов в надвидовые группы может быть следствием близкородственных отношений и внешних причин. Родственные отношения позволяют формировать надвидовые группы, выстроенные в определенном порядке: род, семейство, класс, отряд, тип, — которые служат основой классификационных систем разнообразия биологических видов.

Теоретически, по мере укрупнения этих групп неизбежно должна происходить и генерализация способов и каналов связи таких групп с окружающим миром. Пределом этого процесса выступает представление всего живого в виде биоты, органического мира и живого вещества, рассмотренных нами в учении о биосфере. Поэтому экология каждого типа, отряда, класса, семейства, рода должна строиться на особенностях проявления у них процессов питания, дыхания, размножения. В настоящее время недостаточно фактического материала для каких-либо обобщений для этой группы надвидовых объединений организмов.

Другой вариант объединения организмов в группы есть следствие необходимости проживать на одной территории совместно с другими видами. Раздел экологии, изучающий эти взаимодействия, носит название синэкология (от гр. *συν* — вместе). Понятие введено в 1896 г. ботаниками К. Шретером и О. Кирхнером.

Территориальные объединения живых организмов разных видов носят различные названия: сообщества, ассоциации, население, консорции и т. п. Наиболее общим и удачным следует признать предложенный в 1877 г. гидробиологом К. Мебиусом термин «биоценоз»⁶.

Биоценоз — это совокупность популяций видов, связанных взаимной зависимостью и выступающих как единое целое на определенном участке земной поверхности.

В любом биоценозе каждый биологический вид может быть представлен одной или несколькими популяциями разной численности. Разнообразие живых организмов в каждом конкретном месте может быть следствием по крайней мере трех основных причин.

- **Климатические условия.** Нет ни одного вида живых организмов, способного переносить все условия, существующие на Земле (см. лекцию 2). Климат, выступая интегральной характеристикой условий, в значительной мере определяет видовой состав биоценозов. Особенно отчетливо это проявляется при выделении крупных объединений — биомов, характерных для климатических зон. Пространственная неоднородность воздушной, водной, географической среды создает большое разнообразие вариаций климатических условий в пределах биома и как следствие — разнообразие видового состава более мелких биоценозов.

- **Исторические процессы.** Формирование любого биоценоза — процесс длительный, проходящий определенные стадии, отличающиеся друг от друга видовым составом. Подробнее этот процесс, получивший в экологии особое название — **сукцессия**, — будет рассмотрен ниже.

- **Биотические взаимодействия.** Под этим названием объединяются все формы межвидовых отношений. В общем плане они могут быть положительными, отрицательными и нейтральными (см. лекцию 3).

⁶ См.: *Möbius K.* Die Auster und Austerwirtschaft. Berlin, 1877.

Характеристика биоценоза

В рамках учения о биосфере биоценоз есть неоднородное живое вещество. Рассмотренные выше основные характеристики живого вещества (см. лекцию 3) могут быть применены и к нему.

- **О п р е д е л и т ь м а с с у** биоценоза прямым взвешиванием можно только путем его полного уничтожения, что невозможно как физически, так и нравственно. Обычно используют косвенный метод — составляют списки видов, входящих в конкретный биоценоз. Этот метод не требует уничтожения биоценоза и дает возможность достаточно легко получить сопутствующие характеристики, имеющие значения для решения практических задач. К ним следует отнести обилие и постоянство.

- **О б и л и е.** Определяется как число особей вида на единицу площади или объема. Это своего рода характеристика представительства (численности) вида в конкретном биоценозе. Там, где прямой подсчет затруднен, применяют обычно балльную оценку, определяемую чаще всего визуально. Качественным определениям присваивают соответствующий балл, например: отсутствие вида — 0; редко, рассеянно встречающийся вид — 1; вид встречается довольно часто — 2; часто встречающийся вид — 3; вид, составляющий общий аспект биоценоза, — 4 балла. Степень дробности устанавливается исследователем.

- **П о с т о я н с т в о.** В зависимости от решаемых задач устанавливается процент встречаемости видов в пробах. Например, можно принять, что если вид встречается в 50 % проб и более, то считать его постоянным; если в интервале от 25 до 50 % проб, то его можно рассматривать как добавочный; менее чем в 25 % проб — случайным для данного биоценоза. В зависимости от решаемых задач возможны и другие градации. Данный показатель позволяет выделить виды, составляющие основу конкретного биоценоза. Его дальнейшая редукция приводит к выделению одного-двух видов, определяющих основные процессы в биоценозе. Такие виды получили название **д о м и н а н т о в**. По ним часто дают и название биоценозу (например, ельник зеленомошный, пихтоельник крупнопоротниковый и т. п.).

Существует значительное количество попыток выразить видовое богатство (разнообразие) в расчетной форме. Чаще всего пользуются вариантом, предложенным еще в 40-е гг. XX в. Фишером, Корбетом, Уильямсоном:

$$S = a \log\left(1 + \frac{N}{a}\right),$$

где S — число видов; N — число особей; a — показатель разнообразия.

Определив эмпирически S и N в конкретном биоценозе, рассчитывают показатель разнообразия a . По нему можно сравнивать видовое богатство разных биоценозов и его изменение в результате каких-либо воздействий. Исследования множества биоценозов позволили сформулировать правило, известное в экологии как биогеоценотический принцип Тинеманна:

При благоприятных условиях среды наблюдается большое число видов, каждый из которых представлен небольшим числом особей.

Неблагоприятные условия среды приводят к уменьшению числа видов, но зато оставшиеся увеличивают свою численность. Выделенный принцип есть одна из форм проявления закона сохранения вещества и энергии.

- Средний химический состав как характеристика биоценоза не получил еще достаточного распространения в экологии, что, возможно, связано с огромным объемом аналитической работы по определению элементного и органического состава отдельных биоценозов.

- Запас свободной энергии как характеристика биоценоза практически не изучен. Следуя логике биосферной концепции, данный показатель должен давать сведения о репродукционном потенциале выделенного биоценоза. Вопрос о том, будет ли он простой суммой репродукционных способностей видов, входящих в него, больше или меньше ее, остается открытым. Биомасса, представляемая иногда в виде запаса энергии, определяемая с помощью калориметров, характеризует общее количество энергии в живом,

а не ту ее часть, что расходуется на растекание по поверхности Земли.

Распределение видов, входящих в конкретный биоценоз, в пространстве и во времени образует соответствующие структуры биоценоза, которые также могут выступать характеристиками биоты при выделении экологической системы.

- **Пространственная структура** определяется расположением особей разных видов относительно друг друга в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Распределение видов по вертикали выражается в форме ярусов, что обеспечивает более полное использование среды и, как следствие, более высокую продуктивность. Наиболее отчетливо она выражена в лесах, где можно выделить: наземный ярус, состоящий в основном из мхов и лишайников; травянистый; ярус кустарников; древесный, состоящий из высоких деревьев. На ярусность растительности накладывается соответствующее распределение фауны, хотя оно не выражено столь отчетливо. В почве также можно выделить горизонты по степени насыщенности корнями.

Другая компонента пространственной структуры биоценоза выражается разной степенью неоднородности — мозаичности — распределения видового состава в горизонтальном направлении. Она обусловлена в основном формами рельефа, почвенными разностями, особенностью гидрологического режима.

- **Изменение во времени видового состава биоценоза** определяет его временную структуру, или сукцессию, о которой уже упоминалось.

Причиной сукцессии являются процессы, протекающие как внутри самого биоценоза, так и в окружающей его среде. Считается, что физическая среда определяет характер, скорость и пределы изменения видового состава. Пределом сукцессии является стабильный, или климаксовый, биоценоз, в котором на единицу приходящего потока энергии приходится максимальная биомасса.

Если изменения в составе биоценоза определяются преимущественно межвидовыми взаимодействиями, то выделяют аутогенную, или самопорождающуюся, сукцессию.

В случае регулярного воздействия внешних сил — штормов, пожаров, наводнений и т. п. — видовой состав формируется в ходе аллогенной, или порожденной извне, сукцессии.

Наблюдать сукцессию можно всегда там, где по каким-либо причинам произошло полное или частичное уменьшение видового состава. В случае появления нового образования (это могут быть застывшие лавовые потоки, отвалы открытых разработок, шламохранилища и т. п.) освоение его живыми организмами рассматривается как первичная сукцессия. Распаханное и заброшенное сельскохозяйственное поле, восстановление леса после пожара, временная лужа, оставшаяся после дождя, заполненное водохранилище, экскременты животных и т. п. являются объектами для атаки новых видов, а сам процесс носит название вторичной сукцессии.

Если сукцессия начинается в условиях превышения производства продукции (P) над расходами на собственные нужды (R), то она носит название автотрофной. Начинается она обычно с растений-первопоселенцев, обладающих большой репродуктивной способностью, а затем проходит ряд стадий.

Общая схема для лесной зоны может быть представлена следующим образом: однолетние травы — многолетние травы — кустарники — лес.

Скорости процессов, наборы видов, конечная стадия определяются как начальными условиями формирования биотической компоненты (степень повреждения предыдущего растительного покрова, наличие семян, спор и других зачатков), так и физическими условиями среды (количество тепла, влаги, доступность химических элементов и т. д.). Такой тип сукцессии может продолжаться неопределенно долго, т. к. источником энергии для нее является солнечный луч.

Автотрофная сукцессия может рассматриваться как модель развития, основанная на непрерывном притоке энергии.

В 1912 г. Л. Л. Вудрефф обнаружил, что если дать постоять отвару сена, а потом добавить немного прудовой воды, то в нем начнутся последовательные «вспышки» численности отдельных

видов (рис. 5.3). Эта классическая работа привела к выделению другого типа сукцессии — гетеротрофной⁷.

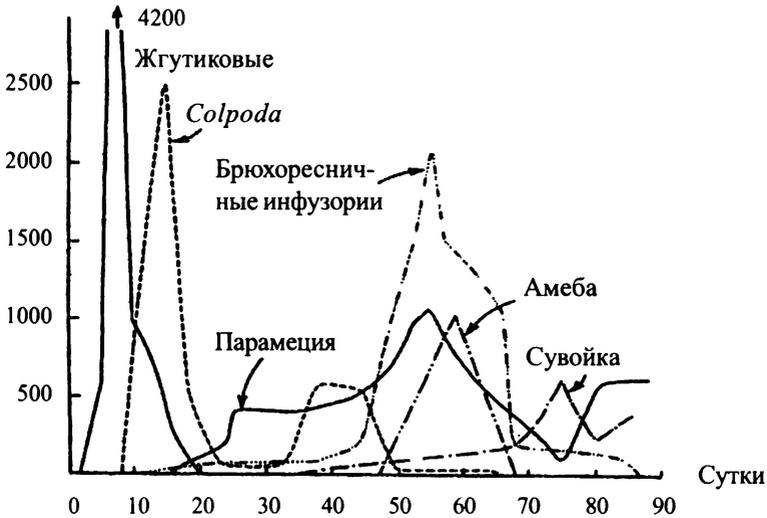


Рис. 5.3. Последовательность смены видов простейших в настое сена (по Л. Л. Вудреффу)

Источником энергии в ней выступают сами живые организмы — бактерии и простейшие. Если не добавлять свежий сѐнной отвар и не вводить автотрофные организмы, то сукцессия быстро закончится ввиду истощения энергетических ресурсов. Аналогичные процессы происходят в разлагающихся трупах растений и животных, в биоценозе активных илов очистных сооружений биологической очистки сточных вод.

Гетеротрофная сукцессия может служить моделью развития, построенного на исчерпаемых (невозобновимых) природных ресурсах.

Наблюдения за сменой видов в различных биоценозах показывают, что некоторые его свойства изменяются в одном направлении для любого типа сукцессий:

⁷ См.: Woodruff L. L. // J. Exp. Zool. 1912. Vol. 12. P. 205—264.

1) возрастает количество органического вещества и видовое разнообразие;

2) пищевые взаимоотношения усложняются, увеличивается роль детритоядных организмов;

3) усиливается процесс специализации видов, круговорот веществ удлиняется и усложняется;

4) отношение произведенной продукции (P) к расходам на самоподдержание (R) стремится к единице.

В водоемах, проточных и стоячих водах изменение биоценоза осложнено притоком вещества с берегов. По экспертным оценкам жизнь реки зависит как минимум на 50 % от состояния ее берегов.

В результате сукцессии в водоемах происходит увеличение подвижных форм фито- и зоопланктона, изменение химического состава планктона.

В 1916 г. Ф. Клементс, изучая развитие растительности, сформулировал концепцию зрелого (климаксового) сообщества как некой естественной единицы:

Подобно организму, формация (биоценоз) возникает, растет, достигает зрелости и умирает. ...Каждая климаксовая формация способна воспроизводить себя, достаточно точно повторяя стадии своего развития. Жизненный цикл данной формации — сложный, но вполне определенный процесс, сравнимый в своих основных чертах с жизненным циклом отдельного растения⁸.

Установление факта непрерывного изменения видового состава биоценозов привело к изменению взглядов на конечные стадии сукцессии, а многие исследователи вообще отказались от этой концепции. Ввиду разнообразия условий на Земле достигнуть единого, зрелого состояния для всего живого принципиально невозможно. В то же время в локальных условиях может быть достигнуто состояние, когда количество производимой продукции и расходы на собственные нужды будут максимально близки. Для обозначения такой стадии сукцессии используется термин *климатический оптимум*.

⁸ См.: *Clements F. E., Sheeford V. E. Bioecology. N. Y., 1939.*



Карл Мебиус
(1825—1908)



Фредерик Клементс
(1874—1945)

Палеонтологическая летопись, несмотря на свою неполноту, позволяет проследить за характером изменения разнообразия отдельных групп живых организмов в эволюционное время.

Как видно из рис. 5.4, видовой состав растений за 600 млн лет изменялся достаточно сильно как минимум 4 раза. Силур (средний девон) характеризуется преимущественным развитием древнейших сосудистых растений. В позднем девоне и карбоне появляются папоротникообразные и начинают появляться семенные растения, прежде всего в виде голосемянных. С мела в растительном покрове доминируют цветковые растения. В пермское время отмечается резкое сокращение числа семейств мелководных беспозвоночных, что, возможно, есть следствие уменьшения площади мелководных морей ввиду образования суперконтинента — Пангеи. Расхождение материков вновь приводит к появлению мелководий и увеличению разнообразия беспозвоночных. Таким образом, ископаемые остатки свидетельствуют о постоянно идущем процессе изменения видового состава биоты, в ходе которого есть моменты резкой смены и периоды относительного затишья.

Быстрая смена видового разнообразия («эволюционный взрыв») связана с процессами в окружающей среде — изменением концентрации кислорода в атмосфере, похолоданием и потеплением и т. п. В периоды относительного затишья изменение видового состава носит локальный характер. Оно происходит и в настоящее время. Поэтому распространение одних групп живых организмов и исчез-

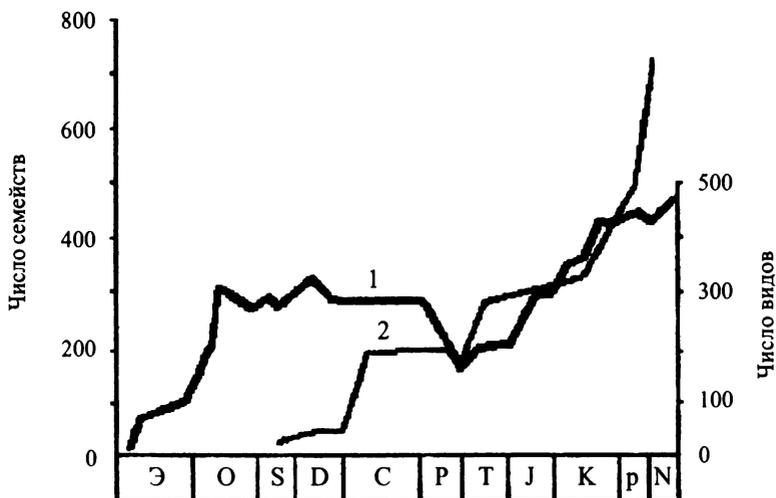


Рис. 5.4. Изменение разнообразия палеонтологических остатков различных групп⁹:

1 — семейства мелководных морских беспозвоночных; 2 — виды наземных растений; периоды: Э — кембрий, О — ордовик, S — силур, D — девон, С — карбон, Р — пермь, Т — триас, J — юра, К — мел, p — палеогеновый, N — неогеновый

новение других с поверхности Земли есть естественный процесс. Деятельность человека вносит соответствующие коррективы — «помогает» одним видам быстрее уйти с арены жизни, освобождая ее для других.

Подводя итог обсуждения временной структуры биоценоза, можно сформулировать следующие основные эмпирические обобщения.

- Изменение видового состава живого вещества есть естественный процесс, реализуемый как в глобальном, так и локальном масштабах.
- Сменяемость видов в отдельных биоценозах происходит в одном направлении: виды с быстрым ростом и большой выносливостью сменяются видами с более медленным ростом и высокой конкурентной способностью.

⁹ См.: Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции, сообщества. М., 1989. Т. 2. С. 384 (рисунок приводится с небольшими изменениями).

• Каждый вид изменяет окружающую среду, нередко на собственную гибель и благо для других видов.

• Предельное (климаксовое) сообщество не есть нечто единое для всей Земли, а представляет собой реализацию в каждом конкретном месте максимально возможного приближения к равенству между приходом энергии и ее расходом на самоподдержание биоценоза.

Поток вещества и энергии проявляется в биоценозе как **т р о ф и ч е с к а я** структура.

«Избыток» потомков как следствие геометрической прогрессии размножения живых организмов лежит в основе формирования трофической структуры биоценоза.

Для ее характеристики используются следующие понятия:

— **п и щ е в а я** **ц е п ь** — ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и в свою очередь оказываются съеденными теми, кто следует за ними;

— **п и щ е в а я** **с е т ь** — разветвленная система пищевых цепей;

— **т р о ф и ч е с к и й** **у р о в е н ь** — совокупность всех живых организмов, принадлежащих к одному звену пищевой цепи.

В зависимости от того, с чего начинаются пищевые цепи, выделяют два основных типа — цепи продуцентов и детритные цепи.

• Цепи продуцентов начинаются с живых растений и носят название пастбищных.

Продуценты — организмы, способные накапливать солнечную энергию в форме химических связей.

В наземных биоценозах в настоящее время такой синтез осуществляют в основном цветковые растения. Вклад других групп растений — мхов, папоротников — значительно меньше. В водной среде главная роль принадлежит планктонным водорослям. Водные цветковые и бентосные водоросли имеют меньшее значение. К продуцентам относятся и хемосинтезирующие бактерии, использующие для первоначального образования органических веществ энергию окисления субстратов. Совокупность всех живых организмов, осуществляющих первичное преобразование внешней энер-

гии в энергию химических связей живого вещества, образует первый трофический уровень.

Второе звено пищевой цепи образуют те организмы, которые питаются продуцентами. Их называют консументами первого порядка. В наземных условиях к ним относятся травоядные животные (грызуны, копытные, некоторые насекомые), а в водной среде — это преимущественно мелкие ракообразные, моллюски и другие организмы, живущие за счет фитопланктона. Все организмы, питающиеся продуцентами, образуют второй трофический уровень.

Третье звено пищевой цепи, а следовательно, и трофический уровень образуют плотоядные формы, относящиеся к разным систематическим группам. Это уровень консументов второго порядка — хищников и паразитов. Разница между ними в том, что хищник ловит и убивает свою жертву, прежде чем ее съесть, а паразит чаще всего не доводит до гибели своих хозяев, тканями которых питается.

Существенная разница в пищевых цепях хищников и паразитов заключается в следующем. В первой группе по мере продвижения по цепи животные становятся все более крупными (например, трава — заяц — лиса), но при этом уменьшаются численно. Во второй группе, наоборот, происходит уменьшение организмов в размерах при увеличении их численности (например: трава — травоядное млекопитающее — блохи — *Leptomonas*).

Логика пищевой цепи позволяет продолжить этот ряд и выделить консументы третьего и следующих порядков. Но начиная со второго звена пищевые цепи превращаются в пищевые сети, т. е. появляются животные, которые могут одновременно выступать как травоядные и хищники.

• **Детритные цепи** начинаются с мертвого растительного и животного материала. В общей трофической структуре биоценоза детритоядные организмы являются консументами. К ним относятся такие распространенные виды, как крабы, грифы, бактерии, грибы, различные трупоеды среди насекомых и т. п.

Растения в наземных биоценозах продуцируют значительное количество неперевариваемой опорной ткани, которая после отми-

рания потребляется детритоядными организмами. По некоторым оценкам более 90 % чистой первичной продукции леса потребляется детритоядными и менее 10 % — растительными. Трофическая структура Мирового океана строится на основе огромной скорости размножения фитопланктонных организмов (табл. 5.3).

Таблица 5.3

*Годовая продукция основных продуцентов и консументов
Мирового океана*

Группа организмов	Биомасса, млрд т	Продукция, млрд т/год
<i>Продуценты:</i>		
фитопланктон	1,5	550,0
фитобентос	0,2	0,2
<i>Консументы:</i>		
зоопланктон	21,5	53,0
зообентос	10,0	3,0
нектон	1,0	0,2

Под влиянием силы тяжести органическое вещество в виде экскрементов и трупов растений и животных опускается вниз («дождь трупов»). Основная биомасса сосредоточена в слое до 500 м. На каждый следующий метр глубины биомасса уменьшается на 0,2—0,3 % от величины в верхнем слое, и на глубине 6—8 тыс. м она оказывается в 1000 раз меньше, чем на поверхности. Поэтому количество глубоководных животных, питающихся детритом, сравнительно невелико.

На глубинах свыше 4 тыс. м, ввиду очень низкой плотности жизни, хищничество, даже пассивное, оказывается энергетически невыгодным, и поэтому там обитают только детритоядные формы.

В каждом биоценозе оба типа цепей образуют сложнейшую систему пищевой сети. В ее рамках четкое выделение трофических уровней становится невозможным, и это понятие превращается в абстракцию, полезную для понимания общей трофической структуры биоценоза, в частности для оценки экологической эффективности как всего сообщества, так и его отдельных звеньев при моделировании экосистемных взаимодействий.

Относительное количество энергии, передающейся с одного трофического уровня на другой, называется экологической эффективностью биоценоза (или пищевой цепи), которая зависит от способности организмов превращать потребляемую пищу в собственную массу.

Общий поток энергии и эффективность его перемещения определяют число трофических уровней, запас биомассы, накопление детрита и в конечном итоге — скорость круговорота органических веществ в биоценозе. Считается, что накопление биомассы и детрита в сочетании с низкой скоростью круговоротов ведут к стабилизации сообщества, нивелируя кратковременные колебания в потоке энергии. Поступление и расходование энергии в сообществе подвержено регулярным суточным и сезонным колебаниям. В целом же за достаточно длительный период приход энергии должен быть равен расходу. Непериодические воздействия (ураган, резкое похолодание или потепление и т. п.) компенсируются запасенной биомассой и детритом.

Р. Л. Линдемманн предпринял одну из первых попыток описать поток энергии в целом сообществе¹⁰. Он оценил его по чистой продукции, которая может быть определена на каждом трофическом уровне: продуценты — 704 ккал/м² год; консументы 1-го порядка — 70 ккал/м² год; консументы 2-го порядка — 13 ккал/м² год.

Полученные результаты дали ему основание сформулировать положение, получившее в дальнейшем название **п р а в и л а 10 %**, согласно которому только около 10 % энергии переходит с одного трофического уровня на другой. Дальнейшие исследования показали, что этот процент изменяется в зависимости от типа пищевой цепи, видов животных, составляющих ее, и колеблется в широком интервале. Например, использование растительными организмами чистой первичной продукции в зрелом листопадном лесу составляет 1,5 %, а фитопланктона в Мировом океане может достигать 60 % и более. Р. Риклефс (1979) попытался на основании чистой

¹⁰ См.: Линдемманн Р. Л. Трофико-динамическое направление в экологическом исследовании // Успехи совр. биологии. 1943. Т. 16, вып. 5. С. 552—570.

первичной продукции, средней экологической эффективности и среднего потока энергии через звено хищников рассчитать среднюю длину пищевых цепей в разных биоценозах (табл. 5.4).

Таблица 5.4

*Энергетика сообщества и среднее число трофических уровней в различных сообществах**

Сообщество	Чистая первичная продукция, ккал/м ² г	Поглощение хищниками, ккал/м ² г	Экологическая эффективность, %	Число трофических уровней
Открытый океан	500	0,1	25	7
Морское побережье	8000	10,0	20	5
Сообщества умеренной зоны	2000	1,0	10	4
Тропический лес	8000	10,0	5	3

* См.: Риклефс Р. Основы общей экологии. М., 1979.

Более длинные пищевые цепи в водной среде, видимо, есть следствие более быстрого переноса энергии от одного трофического уровня к другому. В наземных сообществах значительная часть энергии быстро рассеивается в виде тепла, снижая общую эффективность, а оставшаяся энергия может достаточно долго храниться в виде опорных тканей растений и органического детрита в почве.

Сравнительных исследований, рассматривающих одновременно потоки энергии на всех трофических уровнях в биоценозе, немного. М. Бигон и др. (1989) провели анализ таких работ, что позволило сделать несколько обобщающих заключений.

- Вероятно, большая часть вторичной продукции в любом из сообществ планеты, а следовательно, и потерь тепла при дыхании приходится на систему редуцентов.

- Роль консументов наиболее важна в планктонных сообществах, где значительная доля чистой первичной продукции может потребляться в живом виде и ассимилироваться с большей эффективностью.

- Энергетической базой небольших речек и прудов является образующееся на суше мертвое органическое вещество, которое падает, смывается, сдувается в воду.

- Трофическая структура глубоководного бентосного сообщества похожа на ту, что формируется в мелких прудах и небольших речках.

- Океаническое дно — аналог лесной подстилки под непроницаемым для света пологом.

Жизнь на Земле возможна только благодаря непрерывному поступлению энергии Солнца. Каждый джоуль энергии используется только один раз. Химические элементы как компоненты живого вещества используются многократно, меняя молекулы, в которые входят.

Общие сведения о круговоротах даны в лекции 3. Рассмотрим несколько подробнее ситуацию в малом (биотическом) круговороте. Ассимиляция и создание продукции сопровождаются переходом минеральных веществ из неорганического блока в органический в круговоротах таких элементов, как углерод, кислород, азот, фосфор, сера. Другие необходимые элементы, такие как натрий, калий, кальций, поступают непосредственно с водой.

Пути вещества и энергии в биотическом цикле совпадают. Они расходятся тогда, когда вещество выходит из биотического цикла, а энергия выделяется в виде тепла. Рассмотрим этот процесс на примере углерода. Включается он в трофическую структуру биоценоза путем фиксации углекислого газа в процессе фотосинтеза и входит в чистую первичную продукцию, становясь доступным в составе органических соединений — сахаров, белков, жиров, целлюлозы. Далее углерод проходит такой же путь, что и энергия, последовательно потребляясь, выделяясь с экскрементами, входя в состав вторичной продукции одной из трофических групп организмов. В конце концов молекула, включающая углерод, поглощенный в фотосинтезе, используется полностью, и он вновь поступает в атмосферу в виде углекислого газа как продукт тканевого дыхания, а энергия — в виде тепла. Далее тепловая энергия постепенно рассеивается в окружающей среде, а углерод вновь может быть фиксирован в процессе фотосинтеза.

Превращение органических соединений, содержащих азот, фосфор, серу, происходит медленнее по сравнению с углеродом, т. к. эти элементы необходимы для синтеза структурных белков, ферментов и других органических молекул, формирующих структурные и функциональные компоненты живых тканей. Поэтому среднее время их пребывания в цикле больше, чем энергии. Судьба кислорода и водорода связана с движением воды через живые организмы и включением этих элементов в органические соединения. Обновление воды ввиду ее испарения и выделения из живого осуществляется очень быстро, и поэтому судьба элементов, участвующих в этом процессе, будет иной, нежели судьба тех, что вошли в состав органических соединений.

Судьба вида в биоценозе

Виды, составляющие каждый конкретный биоценоз, различаются своими требованиями к окружающей среде. Поэтому биологические особенности вида лежат в основе его экологической индивидуальности в структуре биоценоза. Своеобразие видов проявляется в различных требованиях к вещественным и энергетическим условиям среды, необходимым для роста и развития, в темпах размножения как основной функции, обеспечивающей положение вида в сообществе.

Попытки объяснить судьбу вида в биоценозе привели к формированию концепций стратегий вида и концепции экологической ниши.

В начале XX в. Л. Г. Раменский сформулировал концепцию экологической индивидуальности вида, основанную на идее конкурентных отношений за вещественные и энергетические ресурсы в каждом конкретном месте земной поверхности.

Ему удалось выделить три основных типа стратегии вида в биоценозе.

1. Виды, обладающие высокой конкурентоспособностью и энергией жизнедеятельности, полной использования ресурсов среды,

названные им **виолентами** (более образно — «**львами**»). Это абсолютные конкуренты, способные вступать в борьбу за жизненный успех со всеми другими видами. Число их, видимо, невелико.

2. Виды, обладающие низкой конкурентоспособностью, но зато быстро осваивающие новые территории. Они получили название **эксплерентов** (или «**шало**»). Это пионерные виды. Они быстро заселяют свободные территории, но так же быстро и уходят с них. Число их также невелико.

3. Виды, обладающие большой выносливостью в различных условиях, получили название **пациентов** («**верблюдов**»). Это основная масса видов. Различные группы пациентов могут обладать чертами как виолентов, так и эксплерентов.

Т. А. Работнов, разрабатывая данную концепцию, пришел к выводу, что виолентность, пациентность, эксплерентность присущи не только виду в целом, но проявляются и на уровне отдельных популяций и особей.

Э. Пианка предложил другой подход к выделению стратегий вида, основанный на учете доли энергии, используемой на размножение, от общих затрат на жизнедеятельность¹¹. В рамках этой концептуальной основы появились представления о *k*- и *r*-стратегиях. Общие характеристики видов, обладающих такими стратегиями, приведены в табл. 5.5. Дальнейшая разработка этой концепции привела к выделению различных промежуточных вариантов с различным сочетанием свойств обеих стратегий.

В общем плане *r*-стратегия характеризуется большим энергетическим вкладом в производство потомства, а *k*-стратегия — затратами на поддержание жизненной активности, т. е. на рост и поддержание во взрослом состоянии.

Другая концепция основана на понятии экологической ниши. Термин «ниша» впервые применил для обозначения самой малой единицы распространения вида Р. Джонсон в 1910 г.¹² Через 17 лет, в 1927 г., Ч. Элтон отметил функциональный аспект этого

¹¹ См.: Пианка Э. Эволюционная экология. М., 1981.

¹² См.: Caffney P. M. Roots of the niche concert // Americ. Natur. 1975. Vol. 109, nr. 968. P. 490.

Таблица 5.5

Общая характеристика видов, обладающих разными стратегиями

<i>r</i> -стратегия	<i>k</i> -стратегия
Размножаются быстро	Размножаются медленно
Скорость размножения не зависит от плотности	Скорость размножения зависит от плотности
Потомков много. Отсутствует забота о потомках	Потомков немного. Забота о потомстве
Вид не всегда устойчив на данной территории	Вид устойчив
Расселяются широко. У животных может мигрировать каждое поколение	Расселяются медленно
Малые размеры особей	Крупные размеры особей
Небольшая продолжительность жизни отдельной особи	Большая продолжительность жизни отдельной особи
Местообитание сохраняют недолго	Местообитание устойчиво
Слабые конкуренты	Сильные конкуренты
Слабые защитные приспособления	Хорошие защитные механизмы
Не становятся доминантами	Могут становиться доминантами
Слабая специализация	Высокая специализация

термина и определил его как место вида в структуре биоценоза. Идея экспериментально исследована Г. Ф. Гаузе¹³, Т. Парком и др., что позволило сформулировать эмпирическое обобщение: «Полные конкуренты не могут существовать бесконечно». Из обобщения следует, что если два вида существуют вместе, то между ними должно быть какое-то биологическое различие, обуславливающее различные экологические ниши обоих видов.

Д. Хатчисон (1958) считал, что нишу следует определить в рамках всего диапазона физических, химических, биотических пере-

¹³ См.: Гаузе Г. Ф. Исследование над борьбой за существование в смешанных популяциях // Зоол. журн. 1935. Т. 14, вып. 2. С. 243—270.

менных среды. В идеале каждую такую переменную можно рассматривать как некий градиент, на котором у каждого вида имеется свой диапазон активности.

Ю. Одум (1971) настаивает на придании нише функционального аспекта («профессии» вида в биоценозе), оставив остальные аспекты в рамках понятия «местообитание».

В общем плане экологическая ниша — это процесс дифференцировки пространственно-временных отношений между видами, составляющими конкретный биоценоз.

Теоретически, при исключении всяких давлений извне, каждый вид способен освоить всю совокупность условий в конкретном месте. Это его потенциальная, или фундаментальная, ниша. Наличие других видов не позволяет ее реализовать в полной мере. Поэтому реальная экологическая ниша всегда будет частью фундаментальной. В ходе процесса дифференцировки пространства, занятого биоценозом, экологические ниши видов могут проявляться как независимые, с разной степенью перекрытия, и ниша одного вида может находиться внутри ниши другого.



Ю. Одум
(1913—2002)

Концепции экологической индивидуальности вида и экологической ниши, рассматривая разные стороны судьбы вида в биоценозе, дополняют друг друга. Остается неразработанным вопрос о роли стратегий видов в формировании структуры биоценоза: как виды с разной стратегией формируют ниши, чем отличаются экологические ниши видов разных стратегий, за счет особенностей каких стратегий решаются те или иные вопросы взаимоотношений с окружающим миром.

Устойчивость биоценоза является характеристикой, наиболее интересной для оценки его связей с окружающей средой, т. к. она выступает как высший интегральный показатель всех процессов, протекающих внутри биоценоза.

До 70-х гг. XX в. считалось, что устойчивость сообщества определяется видовым разнообразием: чем больше видов, тем устойчи-

вей биоценоз к различным внешним воздействиям. Теоретическое осмысление этой идеи, разработанные разнообразные математические модели, экспериментальные исследования и наблюдения в природе привели к формированию трех основных взглядов на данную проблему:

- устойчивость биоценоза повышается с увеличением видового разнообразия;
- устойчивость биоценоза снижается с увеличением видового разнообразия;
- устойчивость всех биоценозов Земли примерно одинакова, т. е. является некоторой константой.

Каждая из этих точек зрения имеет своих сторонников и противников и, что особенно важно отметить, определенную систему доказательств: от теоретических посылок, математических моделей до наблюдаемых явлений в природе. М. Бигон, проведя достаточно большой анализ данной проблемы, заканчивает его следующими словами:

...Ясно одно: такой вещи, как устойчивость сообщества, вообще попросту не существует. Этот параметр зависит от исследуемого компонента системы и характера нарушения¹⁴.

Рассмотрение биоценоза как биотической компоненты экосистемы позволяет несколько прояснить этот вопрос. Поскольку экосистема есть мыслительная конструкция, выделяемая каждый раз для решения конкретной задачи, то и характеристика ее устойчивости определяется также в рамках задачи.

Поле биоценоза — это организуемое им пространство, в пределах которого наиболее отчетливо проявляется его действие. Для описания используются такие термины, как местообитание, биотоп, экотоп, стация. Основное требование, выдвигаемое при превращении этих терминов в понятие, сводится к однородности условий пространства, занятого живыми организмами. Независимо от принимаемых границ биоценоза (от биома природных зон до сообщества отдельного пня и т. п.) однородность будет характе-

¹⁴ См.: Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции сообщества. Т. 2. С. 347.

ризоваться средними величинами освещенности, влажности, температуры и другими показателями, определяющими внешнюю среду. Организующее воздействие биоценоза проявляется в изменении этих средних величин.

Биоценоз как биотическая компонента экосистемы всегда занимает какую-либо площадь или объем. Поэтому любые формы использования человеком территорий невозможны без воздействия на живой мир. Градостроительство и размещение объектов промышленного и сельскохозяйственного назначения, прокладка транспортных магистралей, мелиоративные мероприятия разного ранга, использование лесных массивов, пастбищ, лугов, болот и т. д. — все эти действия человека теснейшим образом связаны с данным уровнем взаимоотношений живого со своим окружением.

Интегрирующая роль экологии при разработке и реализации проектов использования территорий проявляется наиболее отчетливо. Необходимость учета состояния живых организмов при любых преобразованиях отдельных территорий — от крупных регионов до отдельного участка леса, луга, пашни, болота — выдвинула перед человечеством ряд новых задач. Назовем важнейшие: составление экологического кадастра, слежение за состоянием отдельных природных объектов и территорий (экологический мониторинг), разработка новых, экологически обоснованных нормативных актов (от отдельных инструкций, ГОСТов до статей в Конституции), разработка новых технологических схем, уменьшающих степень воздействия на живое и т. д. Проведение экологической экспертизы любых действий человека — от возникновения идеи и ее возможных последствий для живых организмов до натурной реализации любого проекта — является первым шагом на пути к экологически чистому развитию человеческого общества.

Повторим кратко основные положения лекции.

- Основной единицей группового объединения родственных организмов является биологический вид, имеющий сложную внутривидовую организацию.
- В природных условиях каждый биологический вид занимает определенную территорию (ареал), в пределах которой он реализуется в виде отдельных групп — популяций.

• Популяция выступает как основная единица группового объединения родственных организмов в отношениях биологического вида с окружающим миром.

• Совокупность популяций разных видов в конкретном местобитании образует надвидовое территориальное объединение организмов — биоценоз (сообщество), выступающий как единое целое в отношениях с окружающим миром.

• Основной характеристикой популяции является ее численность (плотность), выступающая как интегральный показатель массы, химического состава и запаса свободной энергии.

• Основной характеристикой биоценоза является список видов, выступающий как интегральный показатель массы, химического состава, запаса свободной энергии конкретного сообщества живых организмов. В зависимости от решаемых задач эта характеристика может быть представлена в виде набора отдельных показателей, отражающих различные аспекты конкретного биоценоза, например: представительство того или иного вида (обилие, постоянство, доминирование); пространственное размещение видов (горизонтальная и вертикальная структуры); трофические взаимоотношения (пищевые цепи, сети, уровни); сменяемость видов во времени (сукцессионная эстафета).

• Численность (плотность) популяции есть следствие четырех основных процессов — рождаемости, смертности, эмиграции и иммиграции. Каждый из этих процессов может выступать в качестве отдельных, в достаточной степени независимых характеристик при решении конкретных задач.

• Популяция любого вида всегда стремится реализовать свои потенциальные возможности в увеличении численности (биотический потенциал). В каждый момент времени реальная экологическая плотность определяется соотношениями рождаемости, смертности, миграционных потоков в конкретных внешних условиях, что требует каждый раз выбора соответствующих характеристик среды.

• Видовой состав биоценоза и географическое место его реализации на поверхности Земли определяют продуктивность, т. е. скорость образования органического вещества в единицу времени на единицу площади или объема.

- Поле популяции характеризуется радиусом репродуктивной активности, понимаемым как расстояние между местом рождения и местом размножения для 95 % особей одного поколения. Данная характеристика может быть использована для косвенной оценки запаса свободной энергии конкретной популяции.

- Характеристики окружающей биоты среды выбираются в соответствующих пространственно-временных координатах. Неоднородность пространства, занимаемого тем или иным биоценозом, требует усреднения любых показателей как по пространственной, так и по временной координате.

- Видовые особенности в питании и дыхании лежат в основе интенсивности и направленности геохимической функции каждой популяции. Следствием этих особенностей являются экологические проблемы, связанные с использованием и сохранением отдельных видов живых организмов.

- Оценка судьбы биологического вида в структуре конкретного биоценоза может быть произведена в рамках концепции экологической индивидуальности вида или концепции экологической ниши.

- Концепция экологической индивидуальности вида строится на анализе конкурентных межвидовых отношений.

- Концепция экологической ниши строится на учете доли энергии, расходуемой на процесс размножения.

- Концепции экологической индивидуальности вида и экологической ниши не противоречат, а взаимно дополняют друг друга.

- Устойчивость биоценоза как предельная характеристика экологических взаимодействий определяется по показателям, выбранным для решения конкретной задачи.

ЛЕКЦИЯ 6

ЧЕЛОВЕК КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОСИСТЕМНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Родство человека с животным миром нашей планеты. — Выделение человека из животного мира как закономерный этап эволюции живого вещества биосферы. — Экология человека как раздел общей экологии. — Особенности перерабатывающей функции человека. — Особенности внутривидовой структуры человека

...Для того, чтобы быть человеком,
надо прежде всего быть живым.

Жан Фурастье

Предмет экологии человека

Кто мы? Откуда пришли и куда идем? Современная наука располагает значительным объемом сведений о строении человеческого тела, особенностях его психофизиологической организации, устройстве общественной жизни. Окончательных же ответов на эти вопросы нет до сих пор.

Познание человеком самого себя всегда было одним из самых сильных устремлений его интеллекта. Наше время не исключение и характеризуется возрастающим интересом ко всему кругу вопросов, именуемых проблемой человека. Чаще всего это связывают с обострением отношений человека с окружающей средой, являющимся результатом научно-технического прогресса. Но не следует забывать, что основа любой философии — это вопрос о природе человека и его отношении к миру.

Основными проблемами, вокруг которых сосредоточены усилия исследователей, являются проблемы предков и древности человеческого рода, прародины человечества, эволюции человека. В рамках этих трех коренных проблем выделяется целый спектр направлений, свойственных нашему времени, таких как соотноше-

ние биологических и социальных процессов в антропогенезе, соотношение организма и личности, проблема народонаселения и т. д. На основе разнообразия этих проблем формируется множество наук. Фактически вся гуманитарная сфера знания занимается только этим биологическим видом. Экология, включив в круг своих интересов человека как одного из биологических видов, неизбежно выходит на контакт с этой областью знания. Учитывая, что у человека, как и любого другого биологического вида, нет никаких других отношений с окружающим миром, кроме экологических, неизбежно формирование сугубо гуманитарных экологий как разделов единой экологии человека. Основой для их появления служат различные формы взаимосвязей между людьми.

Разнообразие и сильно выраженная опосредованность связей человека с окружающей средой, дифференцировка последней на природную, социальную, духовную породили дискуссию о предмете экологии человека. Приведем некоторые определения.

Экология человека — наука, изучающая взаимоотношения людей с окружающей средой, вопросы развития народонаселения, сохранения и развития здоровья, совершенствования физических и психических возможностей человека.

Экология человека — наука, рассматривающая биосферу как экологическую нишу человечества, изучающая природные, социальные, экономические условия как факторы среды обитания человека, обеспечивающие его нормальное развитие и воспроизводство.

Стремление выделить и противопоставить экологии человека социальную экологию вносит еще большую путаницу.

Человек — один из миллионов видов живых организмов, населяющих нашу планету, осуществляющий, как и все другие виды, свою перерабатывающую функцию через питание, дыхание, размножение. Он не исключение из общего правила, и поэтому экологию человека также следует связывать с особенностью проявления у него этих функций.

Обеспечение человека продуктами питания связано с формированием сложной системы промышленного и сельскохозяйственного производства, сферы услуг, транспорта, урбанизированных территорий. В XX в. эта система настолько усложнилась, что внутри нее появились собственные круговороты, лежащие в основе мифа об относительной независимости человека от окружающей среды и порождающие появление множества различных экологий, таких как промышленная, сельскохозяйственная, градостроительная и т. д.

Существующие технологии переработки окружающей среды сопровождаются появлением значительного количества новых для природы твердых, жидких, газообразных веществ, что приводит к изменению газового состава атмосферы, а также геохимических процессов в почве, верхних слоях литосферы, гидросфере. Необходимость рассмотрения этих вопросов привела к появлению таких экологий, как геохимическая, медицинская, ландшафтная и т. п.

Не вдаваясь в подробный анализ всего разнообразия существующих и будущих подобных экологий, отметим, что все они отражают отдельные частные проявления связей между различными формами деятельности человека по обеспечению себя продуктами питания, чистым воздухом и водой и его собственными ответными реакциями — от поведенческих до генетических. Все эти экологии можно рассматривать как составные части экологии человека, разрабатывающие отдельные стороны взаимодействия человека и окружающей его среды.

Размножение как высшая интегративная функция живых организмов является той предельной характеристикой, по которой судят о всех изменениях в окружающей среде, и поэтому различные ее показатели используются во всех частных аспектах экологии человека.

Экология человека относится к категории частных, т. е. экологий отдельных видов, и занимается изучением особенностей проявления у него функций питания, дыхания, размножения.

Человек в системе экологических взаимодействий

Родство человека с животным миром является основой для распространения на человека общих закономерностей экологических взаимодействий.

В XVIII в. К. Линней определил человеку место в отряде приматов. Ч. Дарвин собрал наибольшее количество доказательств родства человека с животным миром. Современные исследования на молекулярно-генетическом уровне показали, что это родство еще более близкое. Методами молекулярной гибридизации нуклеиновых кислот человека и человекообразных обезьян (гориллы и шимпанзе) определено высокое (более 90 %) совпадение их генетического материала, что позволяет говорить о едином роде человека с этими видами обезьян.

Все виды, входящие в отряд приматов, включая и человека, являются обладателями качеств самого широкого биологического значения:

- наличие пятипалой хватательной конечности;
- наличие ключицы, обеспечивающей большую подвижность передних конечностей;
- способность лучевой кости свободно вращаться относительно локтевой;
- способность первого пальца противопоставляться остальным;
- пальцы снабжены ногтями, а не когтями;
- стопохождение, при ходьбе опора на всю стопу;
- глаза направлены вперед;
- зубы не имеют специализации;
- желудок простой;
- способность к размножению в течение всего года;
- высокое развитие стадных отношений;
- богатый набор способов общения звуками, мимикой, жестами.

У человека этот набор качеств усиливается еще по меньшей мере тремя:

- исключительной полиморфностью при единообразии генетического материала;

- накоплением и передачей индивидуального и коллективного опыта последующим поколениям (становление культуры в самом широком смысле этого понятия);

- коллективной конструктивной деятельностью (становление всей системы природопользования).

Согласно представлениям Ф. Энгельса, выделение человека из животного мира связано с совершенствованием его трудовой деятельности. Однако эта теория не отвечает на основной вопрос: почему совершенствование трудовой деятельности оказалось эволюционно перспективным и привело к формированию в структуре живого вещества такого необычного вида?

Второй закон эволюции биосферы (см. лекцию 3) позволяет дать достаточно четкий ответ на этот вопрос. Применительно к человеку его можно сформулировать следующим образом.

Постоянное совершенствование использования передних конечностей и работы головного мозга (как основы трудовой деятельности) оказалось эволюционно перспективным потому, что каждый шаг на этом пути должен был приводить к усилению переработки окружающей человека среды, а следовательно, и усилению общей геохимической функции биосферы в целом.

Накопленные к настоящему времени сведения по истории человеческого общества позволяют выделить основные этапы этого процесса.

- С мускульной силы отдельной особи плюс сила солидарности (стадный образ жизни) начали наши предки переработку окружающей их среды.

- Камень, кость, дерево. Использование этих природных образований — первый шаг в усилении перерабатывающей функции человека и в выделении его из животного мира. Путь от простой палки, камня, кости к сложным составным орудиям из них отчетливо демонстрирует отдельные звенья совершенствования использования передних конечностей и работы головного мозга и как следствие усиление переработки окружающей среды.

- О с в о е н и е о г н я — переломный момент в отделении человека от животного мира. Огонь дал человеку тепло и тем самым

позволил ему переживать похолодания. Овладение огнем позволило человеку уйти из тропиков, расселиться по всей поверхности Земли и начать ее повсеместную переработку. Огонь дал возможность заменить сырую пищу на вареную и жареную, что привело к увеличению отходов и потребовало большего количества исходного сырья. Он явился мощным стимулом к оседлости, усилил процессы дифференцировки внутри первобытного стада, позволил начать процесс получения новых материалов, отсутствующих в природе, и т. д. Даже перечисленные следствия освоения огня показывают, что группы человекообразных, сумевшие преодолеть страх перед огнем, получили такое мощное средство переработки своего окружения, что все остальные сразу же потеряли эволюционную перспективу.

Остановимся подробнее на некоторых последствиях приручения огня, т. к. они имеют прямое отношение к пониманию экологических взаимодействий современного человека.

Необходимость постоянно поддерживать огонь — мощный стимул к оседлости, что, в свою очередь, приводит к усилению дифференцировки внутри группы. Кочующее стадо имеет одного вожака как следствие групповой организации жизни и разных генетически задаваемых жизненных стратегий (см. лекцию 5).

Разделение на две группы — тех, кто занимается добыванием и доставкой пищи, и тех, кто остается у костра, неизбежно приводит к появлению двоевластия. Мужчины — добытчики продовольствия — имеют своего вожака, а среди оставшихся у костра — детей, стариков, больных, женщин — только последние могут претендовать на руководящую роль. Женщина становится хранительницей огня, и у костра все в ее власти. Неизбежно возникновение конкуренции за всю полноту власти между этими двумя вожаками. За свою историю человечество реализовало матриархат и патриархат как в чистом виде, так, видимо, и в смешанных вариантах. С точки зрения экологии этот процесс — проявление одной из частных (биотических) форм экологических взаимодействий у человека.

Современный этап реализации этих взаимодействий характеризуется процессом эмансипации, борьбой женщин за право участвовать в принятии жизненно важных решений для всего человечества

и отдельных государств. Достаточно напомнить, что комиссию по выработке стратегии дальнейшего развития человеческого общества возглавляла женщина — Г. Х. Брундтланд.

Премьер-министрами в разных странах были Маргарет Тэтчер (Англия), Сиримаво Бандаранаике (Шри-Ланка), Индира Ганди (Индия), Голда Меир (Израиль), Беназир Бхутто (Пакистан), Ангела Меркель (Германия).

Женщины занимали и занимают посты президентов своих государств: Глория Арройо (Филиппины), Тарья Халонен (Финляндия), Вайра Вике-Врейберга (Латвия), Мичель Бачелет (Чили). Государственным секретарем США является женщина — Кондaliza Райс.

Другим следствием приручения огня и связанным с этим процессом оседлости является необходимость делать запасы продовольствия хотя бы на время отсутствия мужчин-добытчиков. Заметить выросшие рядом с жильем из оброненных и выброшенных семян новые растения, сообразить, что лучше поймать и привести к жилью в живом виде кабана, косулю или какое-либо другое съедобное животное, чем нести его убитым, — для тех, кто приручил огонь, уже не требует каких-то чрезмерных умственных усилий. Начало формирования сельскохозяйственного производства становится неизбежным.

Еще одним следствием может быть начало формирования у человека негенетической наследственности — передача накопленного жизненного опыта, или социальной наследственности. При непрерывном поиске пищи, постоянных кочевках старые особи первобытного стада становятся обузой, от них всегда есть желание освободиться. В новых условиях резко возрастает возможность наиболее полно передать накопленный жизненный опыт от стариков к детям. Появляется нужда в стариках как хранителях этого опыта и учителях¹.

Можно и дальше продолжать рассматривать возможные следствия освоения огня, например, такие как продление светлого времени суток, защита от неблагоприятных условий среды, форми-

¹ См.: *Моисеев Н. Н.* Судьба цивилизации: Путь Разума. М., 1998. С. 228.



Никита Николаевич
Моисеев (1917—2000)



Гру Харлем Брундтланд
(р. 1939)

рование технологической системы переработки минеральных ресурсов и т. п. Каждый может это сделать сам.

- Освоение ветра, течений, волн — следующий этап совершенствования использования передних конечностей и работы головного мозга. Расширение ареала своего обитания по поверхности Земли распространяет перерабатывающую функцию человека на всю поверхность Земли.

- Изобретение пороха. Этот этап явно недооценивается в истории человеческого общества. С точки зрения экологии он очень важен, т. к. дает в руки человека исключительно мощное средство для переработки среды. 100-мегатонная бомба — высшее достижение этого этапа в современном мире. Ее даже боятся испытывать, т. к. последствия такого действия не совсем предсказуемы для природной среды и самого человека. Другим «достижением» можно считать накопление такого количества противопехотных мин, что стоит вопрос о запрете их применения.

- Пар, электричество, атом и т. п. — современное энергетическое обеспечение переработки окружающей среды. Широкомасштабное использование современных источников энергии в XX в. привело к выделению экологических проблем в разряд самостоятельных.

Можно составить более подробную классификацию этапов, но суть от этого не изменится. Главное, что нет ни одного исключения из правила. Поэтому можно сделать следующее обобщение.

Выделение человека из животного мира и становление его как биосоциального вида происходило в точном соответствии со вторым законом эволюции биосферы.

Вид *Homo sapiens* заселил всю поверхность Земли, начал освоение космоса и Мирового океана. Взаимодействие с огромным разнообразием местообитаний обернулось для него исключительным среди живого мира полиморфизмом и формированием соответствующих жизненных форм (биоморф). При этом сохранилась единая генетическая основа, что позволяет светловолосого высокорослого скандинава, африканского бушмена и австралийского аборигена считать представителями одного вида.

Для любого вида существует проблема внутривидовой дифференцировки. У человека она осложнена возможностью построения внутривидовых классификаций по биологической и социальной компонентам. По социальной компоненте можно выделить нации, народности, племена, хозяйственно-культурные типы, этносы. По биологической — расы, антропологические и адаптивные типы. В рамках экологии человека на основе любой из этих группировок может быть сформирован свой раздел экологии человека. Для прояснения этого вопроса воспользуемся приемом, который был использован ранее (см. лекцию 3), — определим крайние проявления внутривидовой дифференцировки и рассмотрим наиболее перспективные для анализа экологических взаимодействий варианты.

Как и у любого биологического вида, у человека непосредственно вступает в отношения с окружающим миром отдельный организм (особь). В отличие от других видов, окружающая среда для него представлена не только природным окружением, включающим дикий живой и косный мир, но и в виде различных оболочек, сформированных самим человеком, — социальной, духовной, производственной, этнической и т. д.

Поэтому рассмотрение первичных экологических взаимодействий человека должно обязательно учитывать данное обстоятельство. Для этого дополнительно вводятся такие понятия, как индивидуальность и личность, задача которых — выявить и подчеркнуть особенности экологических взаимодействий человеческого организма.

Другая крайность — человек как биологический вид в целом. В данном случае приходится оперировать понятием «общество». Изучение взаимодействия природы и общества, отношений людей внутри того или иного общественного устройства — основная задача всего цикла общественно-политических и гуманитарных наук. С точки зрения экологии все эти проблемы — частные формы проявления экологических взаимодействий. Поэтому экологические взаимодействия данного уровня, выражаемые понятием «природопользование», есть один из разделов экологии человека, где человек представлен в виде характеристик своих «потребностей», а окружающая среда — понятием «ресурсы». Другим таким крупным разделом данного уровня можно считать «ноосферную парадигму», где человек характеризуется через понятие «разума», а окружающая среда выступает как «поле его проявления».

- Объединение организмов в группы может быть следствием внутренних и внешних причин (см. лекцию 3). Для человека внутренние причины связаны с понятием генетического родства: семья, род, племя, раса. Такие группы являются аналогами различных форм биологических популяций у других видов. Поэтому закономерности, установленные в популяционной экологии, могут быть применимы для этого раздела экологии человека. Появление экологий семьи, различных родов, племен, рас как разделов экологии человека — дело времени.

Внешние причины можно разделить на две основные группы, связанные с 1) разнородностью природных условий; 2) особенностями оболочек окружающей среды, сформированных самим человеком.

Распространившись по поверхности всей Земли, человек неизбежно столкнулся с различными проявлениями сочетаний почвенно-климатических процессов и отреагировал на это формированием соответствующих адаптивных типов. Учение об адаптивных типах у человека — распространение на него общеэкологических представлений о жизненных формах живых организмов (см. лекцию 8).

Причины, связанные с устройством общества и обуславливающие необходимость объединения людей в группы, могут быть

вызваны производственной необходимостью, диктующей соответствующую инфраструктуру проживания и труда, кастовые объединения на основе вероисповеданий, философских, научных и т. п. школ и т. д. На этом пути реализуется весь ряд объединений — от краткосрочных (например, толпа на улице, собравшаяся на месте аварии транспортного средства) до очень устойчивых во времени образований. Урбанизация населения — один из таких процессов.

Сочетание внутренних и внешних причин объединения в группы приводит к появлению во внутривидовой организации человека таких образований, как этносы, хозяйственно-культурные типы, государства, различные межгосударственные объединения. С точки зрения экологии формирование таких объединений аналогично формированию биоценозов (см. лекцию 5), что позволяет применять к ним соответствующие закономерности этого раздела общей экологии.

Таким образом, рассмотрение человека как объекта экосистемных взаимодействий дает возможность использовать весь арсенал сведений, накопленных в общей экологии, и трансформировать их применительно к особенностям такого биологического вида, как *Homo sapiens*. При этом экология человека выступает как объединительная основа естественно-научного и гуманитарного знания, позволяющая в одном ключе рассматривать все проблемы современного человечества, а также его историю.

ЛЕКЦИЯ 7

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗМА, ИНДИВИДУУМА, ЛИЧНОСТИ

Понятие организма, индивидуума, личности. — Индивидуальное развитие организма как основа для проявления экологических взаимодействий. — Генетическая программа развития организма и ее особенности. — Процессы питания, дыхания, размножения как основные каналы связи с жизненными условиями развивающегося организма и становления личности. — Здоровье человека как интегральная характеристика в оценке его взаимоотношений с жизненными условиями. — Стресс как форма неспецифической ответной реакции организма, индивидуума, личности на внешние воздействия

Основные понятия

Для определения отдельного человека в биологии обычно используют понятия «человеческий организм», просто «организм», «особь». В гуманитарной области знания оперируют понятиями «индивид» («индивидуальность»), «личность». В обыденной жизни, в биологии, гуманитарных науках доминирует интуитивное понимание единства, взаимосвязанности этих понятий и в то же время необходимости их разделения. Анализ экосистемных взаимодействий отдельного человека требует достаточно четкого их разделения, т. к. за каждым из них стоит своя система отношений с окружающим миром.

• **О р г а н и з м** (от лат. *organize* — устраиваю, придаю стройный вид). В широком смысле организмом можно называть любую систему, состоящую из взаимосвязанных и соподчиненных элементов, взаимоотношения и особенности строения которых детерминированы их функционированием как целого. Под это определение подпадают не только отдельные биологические организмы, но и их объединения — колонии, различные внутри- и межвидовые группы, биогеоценозы, а также другие природные и рукотворные системы,

например территориально-промышленные комплексы, города, заводы и т. д.

В узком смысле организм в биологии выступает как отдельная особь (индивидуум, живое существо), рассматриваемая как неделимая единица жизни и определяемая как морфофизиологическая единица, происходящая из одного зачатка (зиготы, гаметы, споры, почки).

Для экологии человека больше подходит определение организма в узком смысле этого понятия. Требуется только уточнение его исходного зачатка.

Человеческий организм (особь) есть морфофизиологическая единица, происходящая из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы).

• Индивидуум (индивид) (от лат. *individuum* — неделимое) — самостоятельно существующий организм, отдельный человек, личность.

Индивид проявляется в индивидуальности, определяемой как совокупность черт, отличающих данного индивида от всех других. Эти черты могут быть наследственными, т. е. определяться биологическими закономерностями, и приобретенными (сформированными) в процессе индивидуального развития организма в конкретной природной, социальной, духовной среде.

• Индивидуум становится л и ч н о с т ью, когда у него формируется целостная система социально-значимых черт, характеризующих его как члена какого-либо группового объединения людей.

Поэтому можно сказать, что в последовательности «организм — индивидуум — личность» последнее звено выступает как конечный результат развития организма человека в конкретных жизненных условиях.

• Под жизненными условиями в экологии человека будем понимать всю совокупность природных, социальных и духовных аспектов окружающей человека среды.

Одной из главных трудностей в анализе экологических взаимодействий организма и окружающей среды является необходимость учитывать его возраст (см. лекцию 4). Для человека определение

календарного возраста не представляет большого труда, т. к. фиксация даты рождения в актах гражданского состояния или в памяти современников присутствует у всех народов мира.

Этапы развития человеческого организма

Организм человека построен по унитарному типу. В своем развитии от оплодотворенной яйцеклетки до старости он проходит два периода, в каждом из которых выделяют свои этапы (табл. 7.1).

Биологическая основа разнообразия личностей реализуется в основном в период внутриутробного развития. Внешние воздействия в этот период воспринимаются плодом через организм матери и накладываются на процесс развертывания генетической программы построения организма. Непрямое воздействие жизненных условий на очень быстро развивающийся организм осуществляется через пищевые продукты, воду, воздух, используемые материнским организмом, а также через нервную систему, реагирующую на его психо-эмоциональное состояние.

Таким образом, с момента оплодотворения яйцеклетки и превращения ее в зиготу начинают действовать два из трех основных каналов связи с окружающим миром — водно-пищевой и дыхательный. На этом этапе доминирует вещественно-энергетический аспект взаимодействия.

Состояние окружающей среды, социально-экономические условия жизни, психо-эмоциональная обстановка в семье, городе, стране, мире формируют те жизненные условия, в которых начинает развиваться новая будущая личность. Для ее становления недостаточно вещественно-энергетических взаимодействий. По мере развития нервной системы и формирования анализаторов все большее значение приобретает энергоинформационный аспект взаимодействия, определяющий становление человеческой личности.

После рождения ребенка начинается **п о с т э м б р и о н а л ь н ы й** п е р и о д превращения организма в личность.

Таблица 7.1

Индивидуальное развитие человеческого организма

		Периоды развития		
		Внутриутробный (антенальный)	Послеродовой (постнатальный)	
Этапы	Характеристика этапа	Годы жизни	Возрастная квалификация	Характеристика
Проигенез	Созревание мужских и женских половых клеток	До 1	Грудной возраст (первые 10 дней — новорожденный)	Быстрый рост и духовное развитие
Оплодотворение	1—8-недельный плод называется зародышем, или эмбрионом	1—3	Ранний детский возраст	Развивается фантазия (воображение), воля и характер
1-я неделя	Оплодотворенная яйцеклетка (зигота) начинает дробиться и опускается по яйцеводу к матке. Зародышевый пузырек (бластула) срастается со слизистой оболочкой матки	3—6(7)	Первый детский возраст (дошкольный)	Потребность в игровой деятельности
2-я неделя	Эмбрион начинает обособливаться от зародышевых оболочек, образуются зачатки скелета, мышц и нервной системы	7(8)—11(12)	Второй детский возраст (младший школьный)	Возникает потребность в серьезной деятельности, произвольное слабое внимание
5-я неделя	Четко различаются зачатки головы, хвоста, жаберной щели, рук и ног; длина зародыша ≈ 6 мм.	13—16 муж. 12—15 жен.	Переломный, или подростковый, возраст (старший школьный)	Развиваются вторичные половые признаки; усиленный рост организма
7-я неделя	Появляются грудь и живот, пальцы, развиваются зачатки глаз; длина зародыша ≈ 12 мм	17—21 муж. 16—20 жен.	Юношеский возраст	Продолжается созревание организма
8-я неделя	Формируются ушные раковины и лицо, атрофируются зачатки жаберных щелей, зародыш окружен амнионом (водной оболочкой). Эмбрион связан с развивающейся плацентой при помощи пупочного канатика, длина зародыша ≈ 21 мм, масса ≈ 1 г	22—35 муж. 21—35 жен.	Возраст ранней зрелости	Период относительной стабильности телосложения

Окончание табл. 7.1

Периоды развития		Послеродовой (постнатальный)		
Этапы	Внутриутробный (антенальный)	Годы жизни	Возрастная квалификация	Характеристика
9-я неделя	Сформировалось лицо, атрофируется хвост; плод по внешнему виду напоминает человека, длина ≈3 см, масса ≈2 г	36—60 муж. 36—55 жен.	Возраст поздней зрелости	Продолжается до появления старческих изменений (окостенение черепных швов, выпадение зубов)
14-я неделя	Сформировались конечности вместе с пальцами и ногтями			
18-я неделя	Чувствуется движение плода, слышно биение сердца, кожа покрывается тончайшими (пушковыми) волосками, особенно в области бровей и ресниц, длина ≈19 см, масса ≈180 г	61—71 муж. 56—74 жен.	Преклонный возраст (пожилой)	Продолжается проявления старческих изменений
23-я неделя	Появляются волосы на голове, длина ≈30 см, масса ≈450 г	75—90	Старческий возраст	Заканчивается смертью в связи с затуханием жизненных функций
27-я неделя	Развиваются глаза; длина ≈35 см, масса ≈875 г			
32-я неделя	Длина плода ≈45 см, масса ≈2,4 кг; преждевременно родившийся плод при правильном уходе может выжить			
40-я неделя	Плод полностью сформирован, кожа покрыта первородной смазкой, длина волос на голове достигает 25 мм, длина на плоде ≈50 см, масса ≈3,2 кг	Свыше 90	Возраст долгожительства	

Этапы постэмбрионального развития характеризуются:

- полным и резким переключением дыхательного канала связи от опосредованного через материнский организм на самостоятельный. Первый вдох-выдох запускает систему собственной дыхательной системы, и с этого момента до смертного одра она начинает действовать в автоматическом режиме;
- постепенным уменьшением роли материнского организма в прямом обеспечении пищей и водой и переходом на самостоятельное питание;
- постепенным проявлением и генерализацией наследственных черт в физическом и духовном облике как основы для формирования социально-значимых черт;
- непрерывным ростом роли социально-экономической и психо-эмоциональной сфер в формировании личности;
- включением с момента полового созревания третьего основного канала связи с окружающим миром.

Человеческий организм непрерывно реагирует на изменения, происходящие в окружающем его мире. Формирование ответных реакций ему обеспечивает регулируемая совокупность физиологических процессов и систем, реализуемая на фоне развертывания генетической программы индивидуального развития.

Генетическая программа развития организма

Геном человека есть структура, содержащая программу развития нового организма и отвечающая за ее реализацию. Несмотря на то, что геном «спрятан» внутри клетки, жизненные условия организма оказывают на него свое воздействие.

Термин «геном» предложен в 1920 г. немецким генетиком Г. Виннером.

В настоящее время под геномом понимается ДНК, содержащаяся в гаплоидном наборе хромосом клетки определенного вида организма.

В расширенном толковании геном — вся наследственная система организма (генотип). Для целей экологии понятия «геном», «генотип», «генетическая система организма», «наследственность» можно рассматривать как синонимы.

Физическая и функциональная единица наследственности носит название г е н а.

Проблема реализации наследственности и роли в этом процессе внешней среды является основополагающей в молекулярной биологии и генетике. Ее решение требует знаний как о структуре самой генетической программы, так и функционального проявления ее структурных компонентов, определяющих в конечном итоге реализацию всех признаков организма.

Методические успехи в области молекулярной биологии и генетики позволили человечеству в конце XX в. приступить к реализации самого крупного и дорогостоящего (6 млрд долларов) проекта «Геном человека». Руководителем проекта назначен лауреат Нобелевской премии Ф. Коллинз. К 2000 г. в основном была завершена работа по определению структуры генома. Продолжаются работы по установлению функциональной роли структурных элементов.

Любой признак организма реализуется в результате взаимодействия генов и внешних условий. Ген задает пределы реализации или интервал проявления признака (норму реакции), а внешняя среда определяет его конкретную реализацию. В обычных условиях, при нормальном генотипе роль внешних условий практически не обнаруживается. При действии факторов среды, к которым организм не приспособлен, или при мутациях, нарушающих обычные границы, внешние условия могут стать решающими в реализации признака.

В настоящее время можно сформулировать некоторые эмпирические обобщения, представляющие интерес для экологии человека.

- Генетическая программа развития организма сосредоточена в молекулах ДНК, упакованных в хромосомах ядра и митохондриях. У человека в 22 аутосомах, мужской ('Y) и женской (X) половых хромосомах, сосредоточенных в ядре клетки, и еще одной хромосомы в митохондриях (мит. ДНК).

- Генетическая программа изменяется (мутирует) в результате спонтанного и индуцированного мутагенеза. Интенсивность спонтанного мутагенеза оценивается у человека в 1—10 мутаций на поколение. У человека обнаружены все типы мутаций как в зародышевых, так и в соматических клетках (см. лекцию 4).

- Реализация любого признака находится под контролем генетической программы и внешней среды. Каждый признак имеет свой уровень генетической детерминации и влияния окружающей среды (табл. 7.2). По мере расшифровки функциональной роли структуры генома эти сведения будут расширяться и уточняться.

Таблица 7.2

Примерное соотношение генетического и средового контроля в проявлении признаков организма человека

Признаки	Генетический контроль, %	Средовой контроль, %	Автор
Здоровье	65—70	30	В. З. Тарантул (2003)
Продолжительность жизни	65—70	30	
Интегральные черты темперамента:			
агрессивность	94—95	5—6	
раздражительность	80—85	15—20	
активность	88—90	10—12	
чувствительность к наказанию	50	50	
общительность	10	90	

- Значительное количество болезней человека имеет достаточно явно выраженную генетическую природу. В настоящее время каталог наследственных болезней насчитывает их более тысячи (McKusick, 1968).

- Среди внешних воздействий, обуславливающих индуцированный мутагенез, особую опасность для человека представляют излучения радиоактивного распада и химические соединения, т. к. те и другие не имеют пороговой дозы воздействия.

- Взаимодействия типа организм ↔ организм, реализуемые на генетическом уровне, могут быть рассмотрены в рамках иммунной системы организма человека.

Непосредственно организм человека реализует свои экологические взаимодействия в форме вещественно-энергетических и информационно-энергетических отношений.

Вещественно-энергетический канал экологических взаимодействий человеческого организма

Этот канал реализуется в процессах питания и дыхания. Каждый из этих процессов имеет свое анатомическое оформление и функциональную роль.

Анатомически пищеварительная система представлена ротовой полостью, глоткой, пищеводом, желудком, кишечником, печенью, поджелудочной железой. Функциональная роль процесса питания состоит в обеспечении всей жизнедеятельности организма.

Окружающая среда для этого канала выступает в форме растительного и животного мира, что позволяет его рассматривать как один из аспектов экологических взаимодействий типа организм ↔ организм.

Биологическая потребность человека в пище составляет примерно 1 тонну в год, из которой только около 25 % идет на полезную работу, а остальные 75 % прямо или опосредованно превращаются в тепло.

Необходимость поддерживать постоянную температуру внутренней среды заставляет организм человека тратить на это большую часть пищи.

За среднюю температуру тела у человека принимается температура в подмышечной впадине. Она составляет 36,5—37,2 °С. Температура внутренних органов выше средней, а кожи — ниже. В течение суток средняя температура тела претерпевает определенные изменения. Минимальное значение она имеет в 2—4 часа ночи, максимальное — в 16—19 часов.

Тепловой баланс складывается из процессов теплопродукции самого организма и теплоотдачи во внешнюю среду.

- Теплопродукция организма человека складывается:
 - из основного обмена;
 - поддержания позы;
 - холодового мышечного тонуса;
 - двигательной активности;
 - сократительного термогенеза;
 - несократительного термогенеза.

Основной обмен веществ состоит в поступлении в организм из внешней среды органических и неорганических, твердых, жидких и газообразных веществ, необходимых для жизни, и в выделении организмом во внешнюю среду продуктов, образовавшихся после их использования.

Основной обмен определяется по количеству тепла, продуцируемого организмом за один час на один килограмм массы тела.

Для каждого человека основной обмен является относительно постоянной величиной, хотя и изменяется в зависимости от возраста, пола, физиологического состояния организма (прием пищи, мышечная и умственная работа, сон и бодрствование, колебания температуры тела и т. д.), температуры внешней среды, атмосферного давления, влажности воздуха.

Средняя величина основного обмена у здорового человека среднего возраста равна приблизительно 1 ккал в 1 час на 1 кг массы тела. Худощавые люди производят на 50 % больше тепла на 1 кг массы тела, чем полные. Расчет теплопродукции на 1 м² поверхности тела показывает значительное уменьшение этой разницы, что позволяет сделать заключение о прямой зависимости интенсивности основного обмена от поверхности тела.

Интенсивность основного обмена уменьшается с возрастом. В период всего индивидуального развития у мужчин основной обмен выше, чем у женщин. У мальчиков и девочек основной обмен одинаков только в течение первого полугодия жизни. Начиная со второго полугодия и до 12—13 лет он выше у мальчиков. С 12—13 лет и до полового созревания основной обмен выше у девочек. После полового созревания основной обмен снова выше у мальчиков.

Во время сна основной обмен понижается на 13 %, т. к. происходит расслабление скелетной мускулатуры.

Повышение температуры тела на 10 °С увеличивает основной обмен в среднем на 10 %. В жарком климате основной обмен снижается на 10—20 % и повышается в холодном.

Наибольший расход энергии связан с работой мышц. На них приходится 65—75 % теплообразования, а при интенсивной работе может доходить до 90 %. Значительно меньшая часть энергии тратится на процесс пищеварения.

Во время мышечной работы только около 20 % энергии идет на осуществление процессов движения мышечных волокон, а 80 % переходит в тепловую.

Увеличение интенсивности основного обмена при поступлении пищи зависит от ее состава. Белковая пища усиливает основной обмен в среднем на 30 %, жирная и углеводная — примерно на 4 %.

При недостаточном питании или его полном отсутствии (голодании) организм начинает использовать самого себя в качестве источника пищи. При полном голодании происходят значительные изменения в обмене веществ. Можно выделить три этапа в ответной реакции организма на недостаток пищи.

Первый этап (2—5 дней) характеризуется резким снижением интенсивности обмена до самого низкого уровня, но способность к физическому труду сохраняется.

Второй этап самый длительный. Через 40 дней голодания основной обмен уменьшается в 2 раза. Снижается температура тела. Расходуется в основном жиры (82 %). На углеводы приходится около 15 %, белки — примерно 3 % от общего расхода энергии. Поэтому продолжительность голодания зависит от запасов жира. Тошнота и чувство голода постепенно исчезают. Мышечная работа происходит без лишних движений. Потеря массы тела достигает 400—800 г в день. Больше всего убывает в весе подкожная клетчатка, затем мышцы, кожа, пищеварительный канал, почки. Меньше всего теряют в весе (2—3 %) и не перерождаются мозг и сердце.

Третий (предсмертный) этап полного голодания характеризуется угнетенным состоянием нервной системы и мышечной слабостью. Происходит активный распад белков и как следствие — само-

отравление организма с повышением температуры, парализуется дыхание, нарастает сердечная слабость, и наступает смерть. При этом остается недоиспользованным еще около 50 % белка и практически весь жир нервной системы.

Описанная ответная реакция на полное голодание происходит при достаточном поступлении воды. Отсутствие воды при голодании (сухое голодание) резко ускоряет самоотравление организма, и смерть наступает значительно раньше.

Человек может прожить при полном голодании, употребляя только воду, до 90 дней. Предварительные тренировки (короткие периоды голодания) могут увеличить продолжительность полного голодания. Использование голода для лечебных целей требует постоянного контроля состояния пациента, т. к. индивидуальные особенности организма могут достаточно сильно изменить весь ход процесса.

Неполное голодание (хроническое недоедание) приводит к дистрофии, проявляющейся в виде общего истощения организма, апатии, в головокружении, потере памяти, мышечной слабости, авитаминозе, повышенной реакции на холод. Выделяют три основных формы дистрофии: кишечная (поносы), отечная (отеки лица, рук, ног, живота) и сухая (истощение). Последствия дистрофии сохраняются достаточно продолжительный период и после восстановления нормального питания.

Поддержание позы. Небольшое изменение положения тела дает значительный прирост теплопродукции. Если принять за точку отсчета производство тепла при положении лежа, то у сидячего оно на 40—45 %, а у стоящего на 70 % выше.

Двигательная активность. Выполнение любой мышечной работы сопряжено с превращением 75—80 % энергии химической связи в тепло.

Холодовой мышечный тонус. Характеризуется приростом выделения тепла, вызванного воздействием среды. В условиях холода тонус скелетных мышц возрастает независимо от позы.

Сократительный термогенез. Явление сокращения скелетных мышц с частотой 10—20 раз в 1 с имеет название холодовой мышечной дрожи. При этом никакой работы не производится,

и поэтому все тепло остается в организме. Дрожь способна повысить за несколько минут теплопродукцию в пять раз.

Несократительный термогенез проявляется при длительном воздействии холода. В этом случае энергия химических связей, минуя фазу сокращения мышц, прямо превращается в тепло.

- Теплоотдача, или рассеяние тепла во внешнюю среду, жизненно необходима, т. к. всего 6 °С отделяет человеческий организм от смертельного повышения температуры тела (43 °С). Теплоотдача осуществляется в следующих процессах:

- Теплопроводение, под которым понимается непосредственный контакт тела с поверхностью какого-либо объекта, в положении стоя этот процесс минимален, лежа — максимален.

- Теплоизлучение: все предметы имеют температуру выше 0 К, и поэтому излучают инфракрасные лучи, организм человека всегда окружен предметами с разной температурой, а обмен теплом с ними осуществляется в соответствии с законом Стефана — Больцмана:

$$R = T_{\text{кожи}}^4 - T_{\text{предметов}}^4$$

В случае, когда температура окружающих предметов выше температуры тела, человек не замечает своего излучения, и поэтому часты простуды.

В случае, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела, начинает продуцироваться дополнительное тепло.

Обнаженный человек перегревается быстрее, чем одетый в свободную или каркасную (стеганую ватную) одежду.

- Конвекция — потеря тепла с током воздуха, омывающего организм. Движение воздуха (ветер) значительно усиливает данный канал отвода тепла. В воде этот путь главный. На него приходится 90 %, а оставшиеся 10 % приходятся на теплопроводение, т. к. теплоемкость воды в 4 раза больше, а теплопроводение в 25 раз выше, чем воздуха.

- Испарение с поверхности тела. Один грамм воды, испаряющийся с поверхности тела, снижает теплосодержание организма на 0,58 ккал (2,25 кДж) У человека потоотделение колеблется от почти нулевого до 5 кг за час (в эксперименте). С полностью

обнаженного человека испаряется за час не более 700 г пота. Если жидкости становится больше, она начинает стекать с тела, что ухудшает тепловое состояние организма. Примерно 25 г воды в час относятся к неощущаемым влаготерям. Они не прекращаются и в условиях холода, т. к. осуществляются сквозь стенки капилляров кожи и слизистых оболочек.

Минимальная теплопродукция приходится на температуру в +26...+28 °С в положении лежа, состоянии бодрствования, обнаженном состоянии. Тепловыделение осуществляется только за счет основного обмена. Это термонеутральная зона.

Сильное и продолжительное воздействие холода или тепла может сделать невозможным поддержание теплового баланса. Отклонения от нормы превысят допустимый предел, и начнутся процессы перегрева (гипертермия) и переохлаждения (гипотермия). Оба процесса проходят ряд этапов.

При перегревании организма (длительное стояние на солнце) происходит расширение кровеносных сосудов, падение кровяного давления и, как следствие этого, нарушение кровоснабжения головного мозга и коллапс (тепловой обморок). Длительное и интенсивное воздействие жаркой среды может повысить температуру тела до предела, т. е. до 43 °С, что приведет к необратимым изменениям в головном мозге, нарушит потоотделение, произойдет отек мозга, наступит состояние комы, а затем смерть от теплового удара.

Гипотермия — процесс, развивающийся в организме человека в результате значительного снижения температуры тела. Ответная реакция на действие холода проходит ряд периодов, фаз и стадий.

1. **Нормоксический период.** Сохраняется легочное дыхание. При медленном снижении температуры до 35 °С организм проходит фазу компенсации. Терморегулирующие механизмы еще способны удерживать тепловой баланс близко к норме. При падении температуры ниже 35 °С начинается фаза декомпенсации. Адинамическая стадия этой фазы характеризуется снижением потребления кислорода, теплопродукции и двигательной активности. При снижении температуры тела до 26—27 °С организм вступает в ступорозную стадию, сопровождающуюся сонливостью и затрудненными движениями.

Дальнейшее снижение температуры вводит организм в судорожную стадию, отличительными моментами которой являются: редкое дыхание, судороги, брадикардия, аритмия, замедленный кровоток, повышенная вязкость крови.

2. Аноксический период начинается при снижении температуры тела ниже 20 °С. Происходит остановка сердца, падает содержание кислорода, что приводит к необратимым изменениям в головном мозге, и наступает смерть.

Повышение температуры выше среднего уровня есть следствие нарушения терморегуляции, причиной которой может быть увеличение теплопроизводства организмом либо уменьшение теплоотдачи. Ответная реакция на такой срыв терморегуляции получила название **лихорадки**.

Обмен веществ в состоянии лихорадки увеличивается на 50—100 % и более. Особенно сильно увеличивается распад белков. Интенсифицируются также углеводный и жировой обмен. Повышение температуры сопровождается учащением сердцебиений. При температуре 40—41 °С начинается бред. Дальнейшее повышение температуры приводит к летальному исходу.

У человека нет адаптации к высоким температурам среды. Единственный способ поддерживать постоянную температуру тела — это процесс испарения. Поэтому акклиматизированный к жаре человек испытывает более сильную жажду, чем неакклиматизированный. Предел возможностей организма — поддерживать состояние гомотермии +35 °С и 100%-я относительная влажность. Единственный выход — поведенческая реакция: уйти в тень и ждать, когда изменятся условия.

В адаптации к холоду человек фактически не нуждается, т. к. в условиях умеренного и холодного климата 90—95 % своего времени проводит в созданной им самой искусственной среде (помещении). Можно сказать, что биологическую адаптацию к холоду человек заменил одеждой, жилищем и огнем. Локальная холодовая биологическая адаптация отмечена у гренландских эскимосов в форме измененной сосудистой реакции тканей кистей рук и лица. Они испытывают менее сильные болевые ощущения. Бушмены пустыни Калахари, аборигены Австралии, индейцы Огненной Земли сни-

жают КПД мышечного сокращения, что при физической нагрузке увеличивает количество выделяемого тепла.

Новорожденный только в первые часы жизни имеет несколько меньшую температуру тела, чем взрослый человек. Суточные колебания температуры начинают регистрироваться в течение первой недели постнатального периода и достигают 1,7 °С. Чувствительность кожных рецепторов повышена. Прирост теплопродукции наблюдается уже при 31 °С, идет в основном за счет несократительного термогенеза, и лишь во вторую очередь — за счет дрожи. Возможность увеличивать теплоотдачу за счет испарения ограничена, и поэтому повышение температуры окружающей среды быстро приводит к росту температуры тела.

Старение организма снижает эффективность всей системы терморегуляции. Субъективно пожилые люди хуже переносят снижение температуры среды, чем ее повышение. В глубокой старости снижается величина основного обмена, и температура тела может достигать 35 °С.

Г а з о в ы й о б м е н между организмом и окружающей средой осуществляется посредством дыхательной системы. Анатомически она представлена носовой полостью, ноздрями, надгортанником, гортанью, трахеей, глоткой, бронхами, плевральной полостью, диафрагмой, легкими.

Дыхание состоит из процессов, обеспечивающих доставку из окружающей среды в митохондрии клеток кислорода и удаление в окружающую среду углекислого газа.

Дыхание у человека разделяется на внутреннее и внешнее. Внутреннее, или тканевое, дыхание — это процесс обмена газами между тканями организма и кровью.

Внешнее, или легочное, дыхание — это процесс обмена газами между кровью и воздухом, находящимся в легких, совершающийся через поверхность легких.

Выделяют грудной и брюшной тип дыхания. Грудной осуществляется за счет сокращения дыхательных мускулов грудной клетки. Он преобладает у женщин. Брюшной — за счет сокращения диафрагмы. Преобладает у мужчин.

Жизненная емкость легких представляет собой наибольший объем воздуха в легких, который может быть набран при однократном вдохе. Она складывается из дыхательного, дополнительного и резервного объемов и составляет в среднем 3—4 литра.

Дыхательным называется объем воздуха, который человек вдыхает и выдыхает в спокойном состоянии. Он составляет от 300 до 600 мл за один вдох/выдох. Однако не весь этот воздух поступает в легочные альвеолы. Часть его остается в ротовой полости, носоглотке, гортани, трахее и бронхах. Этот воздух не соприкасается с кровью и поэтому носит название мертвого, или вредного, пространства. Объем его у взрослого человека равен 140—160 мл.

Дополнительным называется объем воздуха, который можно набрать в легкие, сделав после спокойного вдоха еще дополнительный максимальный вдох. Его объем может достигать 1500 мл.

Резервным называется объем воздуха, который можно набрать в легкие, сделав максимальный вдох после максимального выдоха. Его объем достигает 1500 мл.

Даже после сильнейшего выдоха в легких человека остается около 1000 мл воздуха, который не может быть удален. Он остается и после смерти организма.

Жизненная емкость легких увеличивается с возрастом в связи с ростом грудной клетки и легких и достигает максимума в период с 18 до 35 лет. После 35 лет она начинает уменьшаться. У женщин жизненная емкость меньше, чем у мужчин.

Количество воздуха, вдыхаемого в 1 минуту, или минутный объем, равняется дыхательному объему, умноженному на число вдохов/выдохов в 1 минуту. При спокойном дыхании он равен у мужчин 6—8 л, а у женщин 3—5 л. Наибольший минутный объем отмечается у человека в возрасте 20—30 лет. К старости он уменьшается.

В детском возрасте газообмен выше, чем во взрослом состоянии, т. к. растущий организм требует большего расхода кислорода на основной обмен. У новорожденного минутный объем дыхания в пересчете на 1 кг массы тела более чем в 2 раза превышает таковой взрослого человека. С возрастом уменьшается частота дыхания. Перед периодом полового созревания она становится больше

у девочек, чем у мальчиков, и это соотношение сохраняется до конца жизни.

Вдыхаемый и выдыхаемый воздух достаточно сильно различаются (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Химический состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха у человека

Воздух	Химический состав (% по массе)*		
	Кислород	Углекислый газ	Азот
Атмосферный	20,96	0,04	79,0
Выдыхаемый	16,40	4,1	79,5

* Приведенные цифры относятся к сухому воздуху при температуре 0 °С и давлении 760 мм рт. ст.

Вдыхаемый воздух обычно содержит некоторое количество водяных паров, а выдыхаемый воздух насыщен водяными парами при температуре 37 °С.

В период индивидуального развития изменяется качественный состав выдыхаемого воздуха. У ребенка в 5 лет в выдыхаемом воздухе в 3 раза меньше углекислого газа, чем у взрослых.

Человек поглощает в покое за сутки на каждый килограмм массы тела 420—500 л кислорода и выделяет 380—450 л углекислого газа, 450 мл водяного пара.

Газовый обмен является весьма чувствительным процессом к различным воздействиям. Переход человека от состояния покоя к напряженной мышечной работе сопровождается увеличением в 20—25 раз потребления кислорода. Максимальная величина поглощения кислорода у нетренированных людей не превышает 2—3,5 л в минуту, и поэтому начинает ощущаться нехватка кислорода («кислородный голод»). Она проявляется в виде одышки, затруднения дыхания, ощущения стеснения в груди, учащения сердцебиения, повышения кровяного давления. Наступает «мертвая точка». Она преодолевается волевым усилием, т. е. нервными импульсами, приходящими с больших полушарий головного мозга, и наступает улучшение самочувствия. Дыхание становится спокойным

и ровным, повышается работоспособность («второе дыхание»). При мертвой точке в крови накапливается углекислота, молочная кислота, повышается концентрация водородных ионов, что вызывает углубление дыхания, усиленную вентиляцию легких, сопровождающуюся увеличением выделения углекислого газа в выдыхаемый воздух и, как следствие, падением концентрации водородных ионов. У хорошо тренированных спортсменов и ныряльщиков величина поглощения кислорода может достигать 5,0—5,5 л в минуту.

Повышение или понижение атмосферного давления практически не сказывается на парциальном давлении углекислого газа в альвеолах легких. Реакция организма человека на изменение давления связана с поведением кислорода.

Падение атмосферного давления приводит к уменьшению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, что вызывает нарушение снабжения организма кислородом. Количество кислорода становится недостаточным (явление «гипоксемии»). Быстрый подъем в горах на 3—4 км может вызвать у здоровых людей ряд расстройств: головную боль, одышку, усталость, понижение слуха, зрения и т. д. Это признаки высотной (горной) болезни, которую можно избежать при медленном подъеме, т. к. в этом случае организм за счет увеличения легочной вентиляции успевает поднять парциальное давление кислорода в альвеолах и насытить кислородом артериальную кровь. У большинства людей независимо от скорости подъема горная болезнь все равно проявляется на высотах 4,5—5,5 км. Некоторые люди могут находиться на высоте в 6 км без признаков горной болезни.

С увеличением барометрического давления воздуха человек сталкивается при спуске под воду. На каждые 10,4 м глубины давление увеличивается на одну атмосферу. Работа в кессонах при строительстве мостов, тоннелей, гидростанций также связана с условиями повышенного давления воздуха. Человек в этих условиях может находиться под давлением не свыше 5 атмосфер.

Реакция человеческого организма на повышенное давление выражается в уменьшении частоты дыхания, уменьшении времени вдоха, затруднении выдоха и его удлинении, уменьшении количества эритроцитов в крови, увеличении количества растворенного азота в крови.

Резкий переход от повышенного давления к нормальному создает опасность кессонной болезни, что связано с быстрым выделением азота из тканей и крови. Выделяющиеся пузырьки азота могут закупорить мелкие кровеносные сосуды тканей организма, в том числе и головного мозга, что влечет за собой параличи и смерть. Постепенное уменьшение барометрического давления и дыхание кислородом полностью устраняют опасность кессонной болезни.

Энергоинформационный канал взаимосвязи человеческого организма с окружающим миром

Становление и функционирование энергоинформационного канала взаимодействия человеческого организма с окружающим миром связано с нервной системой, которая состоит из головного и спинного мозга, системы анализаторов. Термин «анализатор» предложен в 1909 г. И. П. Павловым. Организм человека непосредственно вступает в контакт с окружающим миром через концевые образования нервной системы в виде зрительного, обонятельного, вкусового, слухового, кожного анализаторов. Каждый из них имеет свое представительство в мозге в виде определенного размера площади на его поверхности (проекционные зоны), где и формируются соответствующие образы внешнего мира.

Взаимодействие человеческого организма с окружающим миром через систему своих анализаторов не выходит за пределы учения об экологических факторах (см. лекцию 2), однако для описания этих процессов используется своя терминология.

В настоящее время вместо термина «анализатор» используется понятие «сенсорные системы».

Понятие сенсорной системы

Сенсорная система — определенная локализованная анатомическая структура, выполняющая специализированную функцию обнаружения и преобразования информации в нервный код, в котором заключена совокупность описания признаков воспринимаемого объекта или явления.

Анатомически все сенсорные системы реализованы по одной схеме: приемник сигналов внешней среды (рецептор), проводящие пути от рецептора до определенных участков головного мозга.

Все сенсорные системы представлены двумя группами: 1) внешней, собирающей информацию об окружающем мире — зрительную, звуковую, обонятельную, вкусовую, контактную (кожную); 2) внутренней, собирающей информацию о внутренней среде организма — внутренних органах, сосудах, мышцах, суставах, костях скелета и т. д.

Периферические отделы сенсорных систем определяются как рецепторы. Они расположены на поверхности тела и в глубине специальных сенсорных органов — зрения, слуха, обоняния, вкуса, кожи.

Р е ц е п т о р (лат. *receptor* — принимающий) — специальное чувствительное образование, воспринимающее и преобразующее раздражения из внешней и внутренней среды в специфическую активность нервной системы.

Рецепторы могут быть представлены в виде свободных и дифференцированных нервных окончаний, расположенных в глубине тканей, а также входить в состав сенсорных органов.

Энергия (сила) и форма реакции рецепторов не определяются энергией внешнего раздражителя, т. к. энергия для реакции возникает не за счет внешнего воздействия (как у неживых объектов), а в результате внутриклеточных метаболических процессов, запускаемых внешним воздействием.

Процесс восприятия и преобразования энергии различных раздражителей в нервные сигналы называется **р е ц е п ц и е й**. При первичном взаимодействии рецептора с раздражителем возникает **р е ц е п т о р н ы й п о т е н ц и а л**, вызывающий при достижении критической величины (порога раздражения) определенный ритмический разряд импульсов в нервном волокне, отходящем от рецептора.

Рассмотрим общие свойства и некоторые закономерности деятельности рецепторов организма человека.

Общими свойствами для всех рецепторов являются **р а з д р а ж и м о с т ь** (возбудимость) и **а д а п т а ц и я**.

Раздражимость рецепторов характеризуется скоростью возникновения возбуждения в рецепторах и нервных путях, проводящих нервные импульсы в соответствующие участки коры больших полушарий головного мозга.

В основе возбуждения лежит изменение обмена веществ. Внешне это проявляется в увеличении потребления кислорода и выделении углекислого газа и других продуктов обмена, увеличении выделения тепла, возникновении биоэлектрических явлений, изменении специфической деятельности органов и тканей (мышца сокращается, железа усиливает или уменьшает выделение секрета и т. д.).

Для каждого рецептора существует своя наименьшая сила воздействия (раздражения), вызывающая возбуждение. Она носит название порога раздражения. Воздействие ниже этого порога не вызывает ответной реакции и называется подпороговым. Усиление интенсивности воздействия и переход через пороговую величину (надпороговое воздействие) приводят к появлению ответа в виде нервных импульсов с определенной амплитудой. Дальнейшее усиление раздражения кодируется изменением частоты импульсов, а не изменением их амплитуды (закон «все или ничего»).

Степень соответствия стимула специфичности рецептора характеризует адекватность раздражения.

Ответная реакция человека на раздражения имеет не только физико-химические и биологические проявления, но формирует и определенные психические ощущения.

Попытки установить количественные закономерности между силой воздействия (раздражением) и интенсивностью ощущения (ответной реакцией) предпринимались уже с первой половины XIX в. Сначала Е. Вебер установил, что отношение прироста интенсивности раздражения к исходной величине раздражения есть величина постоянная для каждого вида воздействия. Однако это оказалось верным только для оптимальной зоны «премудрой кривой» (см. лекцию 2). В зонах недостаточного и сильного воздействия это правило не соблюдается.

А. Фехнер попытался уточнить правило Е. Вебера, сформулировав закон, получивший название закона Вебера — Фехнера: «Интенсивность возбуждения пропорциональна логарифму раздражения». Однако этот закон не охватывает болевые ощущения.

В настоящее время считается, что в большинстве случаев мера стимула и ее субъективное выражение (суждение, оценка) описываются степенной функцией Стивенса:

$$R = k \cdot S^n,$$

где R — субъективное выражение (суждение, оценка), S^n — физическая (пространственная или временная мера стимула).

Поэтому для человека необходимо различать порог возбуждения и порог ощущения. Выделяют: 1) абсолютный порог ощущения — минимальная интенсивность сигнала, которая может быть обнаружена наблюдателем; 2) абсолютный дифференциальный порог ощущения (разностный порог) — минимальное изменение сигнала (приращение или уменьшение), которое может быть обнаружено сенсорной системой наблюдателя; 3) относительный дифференциальный порог ощущения — отношение разностного порога к абсолютному, используется для сравнения разных типов сигналов или для различения интенсивности одного сигнала.

При оценке ответной реакции по ощущению для раздражителя (стимула, сигнала, воздействия) используется термин «модальность». Под ним понимают один из типов воздействия — механический, электрический, световой, звуковой, химический и т. д.

Комплекс внешних раздражений и порождаемые ими биофизические и биохимические превращения в веществе мозга служат материальной основой функционального соответствия между сигналом и его отражением в организме, т. е. сенсорного образа окружающего мира.

Человеческий организм заинтересован не в самих воздействиях, а в том, о чем они сигнализируют, т. е. не в оценке их физических параметров, а в тех соотношениях, которые с их помощью передаются. Вместе с тем распознавание основано на выделении ряда физических характеристик, образующих область признаков данного класса воздействий — механических, химических, электромагнитных, гравитационных и т. д. Извлечение биологически полезной информации с целью ее использования для формирования поведенческих актов основано на принципе декодирования сенсорных сообщений.

Каждому рецептору необходимо учесть и закодировать пространственные и временные характеристики сигнала.

Временные характеристики стимула играют существенную роль в обнаружении и различении параметров сенсорных сигналов. Время действия стимула сказывается на подпороговых и надпороговых воздействиях. Считается, что произведение интенсивности сигнала на его длительность есть величина постоянная. Увеличение длительности стимула до определенного предела ведет к снижению абсолютного порога. При дальнейшем увеличении длительности уже не проявляется данное явление. Время, при котором это происходит, носит название критического времени суммации. Для разных стимулов оно колеблется от 100 до 200 мс.

Снижение чувствительности рецептора при длительном воздействии стимула получило название *адаптации*, обратный процесс (восстановление чувствительности) — *деадаптация*.

Адаптация рецепторов

Относительно длительное воздействие на рецепторы приводит к тому, что они начинают проявлять свои адаптивные свойства. Ответная реакция рецептора наиболее интенсивна в первые моменты его раздражения. Затем она начинает снижаться, и при этом не обнаруживается утомления (вторая половина «премудрой кривой», см. лекцию 2)

Адаптация рецепторов отличается от их утомления тем, что она развивается значительно быстрее, а восстановление от нее после прекращения раздражения происходит почти мгновенно. Утомление наступает при длительном действии раздражителя и в отличие от адаптации сохраняется продолжительное время после прекращения воздействия.

Адаптация рецепторов зависит от продолжительности и силы воздействия. Чем сильнее раздражитель, тем быстрее наступает адаптация. Например, ощущения боли и давления притупляются при длительном действии постоянного внешнего раздражителя. Яркий свет и звук за достаточно короткое время воспринимаются как менее яркий или громкий. Это падение интенсивности ощу-

щения в наибольшей степени выражено для рецепторов обоняния и вкуса. Быстрая адаптация рецепторов осязания позволяет человеку не ощущать одежду, а очень медленная адаптация рецепторов двигательного аппарата, кровеносных сосудов и легких обуславливает постоянную саморегуляцию положения тела в пространстве, кровяного давления и дыхания.

Адаптация сенсорных систем реализуется в пределах нормы реакции рецепторов и элементов мозга, связанных с ними, которая задается генетической программой развития.

Функции рецепторов

Основные функции рецепторов:

- обеспечение высокой чувствительности к адекватным раздражителям; абсолютная чувствительность у ряда рецепторов может достигать физических границ для данного воздействия (например, для рецептора зрительной сенсорной системы — одного фотона; обонятельной — одной молекулы феромона);
- обеспечение селективного восприятия стимулов;
- кодирование параметров действующего сигнала.

Несмотря на незавершенность развития, рецепторы начинают функционировать у новорожденного с момента рождения. Новорожденные уже в первые дни жизни реагируют на свет, сильные запахи, вкус, но не способны фиксировать взором предмет. На 2—3-м месяце жизни ребенок начинает различать цвета и звуки, а к 4—5-му месяцу уже достаточно тонко различает тона. После трех месяцев появляется способность отыскивать предмет глазами и фиксировать на нем взгляд. Способность узнавать реальные предметы по их изображениям на бумаге появляется у детей на 3-м году жизни. Различение кожей осязательных раздражений появляется на 3-м месяце.

Рассмотрим некоторые особенности основных типов сенсорных систем. Для каждого рецептора все воздействия делятся на две основные группы: неспецифические и специфические, или адекватные. В качестве неспецифических для всех рецепторов выступают

механические и электрические воздействия. Для каждого рецептора существуют свои адекватные раздражители.

Зрительная сенсорная система. Анатомически она состоит из глаза, зрительного нерва и проекции сетчатки в затылочной области коры больших полушарий головного мозга.

Глаз дает организму человека информацию о форме предметов, их размерах, расстоянии до них, направлении их движения, освещенности, цветности. Считается, что зрительная сенсорная система поставляет организму человека до 80 % информации о внешней среде.

Адекватным раздражителем для глаза является электромагнитное излучение с длиной волны от 390 до 760 нм (диапазон видимого света).

Глаз состоит из двух систем: 1) оптической системы светопреломляющих сред; 2) рецепторной системы — сетчатки.

В оптическую систему входят роговица, водянистая влага передней камеры глаза, хрусталик и стекловидное тело. Задача этой системы — обеспечить четкую и ясную проекцию реального предмета на рецептор (сетчатку). Поэтому каждая из частей системы имеет свои показатели преломления лучей, радиусы кривизны. В результате скоординированного действия всех частей оптической системы на сетчатке появляется действительное, обратное и уменьшенное изображение предметов окружающего мира.

Сетчатка является световозбудимым аппаратом глаза. Она состоит из клеток двух морфологических форм, напоминающих палочки и колбочки. Сетчатка глаза человека содержит около 130 млн клеток палочковидной формы и около 7 млн похожих на колбочки. Они распределяются по сетчатке неравномерно. В середине преобладают колбочки, а в боковых частях — палочки. В центральной ямке желтого пятна находятся исключительно колбочки, а в самых периферических частях сетчатки — исключительно палочки.

При попадании света на сетчатку глаза человека в ней происходят фотохимические процессы, химические изменения, электрические явления.

Фотохимическая реакция распада зрительного пурпура (родопсина) является начальным моментом зрительного восприятия окружаю-

щего мира. Дальнейшие химические изменения ведут к появлению электрических явлений, регистрация которых — электроретинограмма — выступает как интегральный ответ сетчатки на воздействие света.

Возбудимость сетчатки к свету зависит от функционального состояния глаза, нервных клеток зрительного анализатора и от других раздражителей, одновременно действующих на человека, и чрезвычайно велика. Максимальной возбудимостью глаз человека обладает к зеленой части спектра. Пороговая возбудимость измеряется тысячными долями люкса, действующими на глаз с расстояния 1 км при абсолютной прозрачности атмосферы. Центр сетчатки больше чувствителен к цветным раздражителям, где преобладают колбочки, а периферия — к свету.

Распад зрительного пурпура при действии света на глаз ведет к снижению возбудимости сетчатки, что рассматривается как процесс световой адаптации. С этим явлением каждый человек встречается, когда выходит из темной комнаты на яркий солнечный свет. Сначала ничего не видно, но вскоре происходит адаптация, и человек все прекрасно различает. В первую минуту действия света возбудимость падает на 90—98 %, окончательно глаз адаптируется в последующие 3—5 минут. Причем, чем ярче свет, тем падение возбудимости больше. С переходом в темноту происходит восстановление светореактивных веществ и возбудимость глаза возрастает, что рассматривается как темновая адаптация. В начальные 1—1,5 часа нахождения в темноте увеличение возбудимости происходит очень быстро, а затем постепенно и непрерывно продолжается все время пребывания в таких условиях. Возбудимость глаза в темноте может возрасти более чем в 200 000 раз.

Темновая адаптация колбочек совершается быстрее, чем палочек, но она во много тысяч раз меньше.

Пищевое голодание, недостаток витамина А или кислорода в воздухе, утомление снижают темновую адаптацию. В то же время одновременное действие звукового раздражителя, холодное обтирание, глубокое дыхание увеличивают темновую адаптацию.

Явление цветовой адаптации связано с падением возбудимости при действии излучений, вызывающих цветовые ощущения. Чем

интенсивнее цвет, тем быстрее падает возбудимость. Достаточно всего несколько секунд, чтобы она упала более чем на 50 %. Медленнее всего снижается возбудимость при действии зеленого цвета, затем идет красный, наиболее быстро и резко она падает при действии сине-фиолетового.

Зрительное ощущение возникает при продолжительности раздражения глаза в течение около 100-миллионной доли секунды. Оно возникает не сразу с началом раздражения, а через скрытый период, продолжающийся примерно 0,1 секунды. С прекращением действия света зрительное ощущение не исчезает сразу, а остается еще некоторое время, необходимое для исчезновения из сетчатки продуктов распада светореактивных веществ и их восстановления. Такое остаточное ощущение носит название последовательного образа. Выделяют положительные последовательные образы, которые по своей светлоте и цветности соответствуют первоначальному раздражению, и отрицательные, представляющие собой негативные изображения предмета. После исчезновения рассматриваемого предмета можно наблюдать несколько очень быстро сменяющих друг друга образов, разделенных долями секунды, что представляет собой постепенное затухание зрительного ощущения. У некоторых людей эти образы необычайно яркие.

В естественных условиях глаз раздражается одновременно электромагнитными излучениями разных длин волн. Ощущение цвета возникает при действии на сетчатку излучения определенной длины волны. Из школьного курса физики хорошо известен цветовой спектр видимого света. Напомню его: фиолетовый (390—450 нм), синий (450—480 нм), голубой (480—510 нм), зеленый (510—550 нм), зелено-желтый (550—575 нм), желтый (575—585 нм), оранжевый (585—620 нм), красный (620—760 нм).

Цветовые зрительные ощущения можно разделить на две группы: ахроматические и хроматические. К ахроматическим относятся белый, черный и все оттенки серого, как промежуточного между ними. Оценка ощущений происходит по степени приближения к белому (светлоте) и по относительной яркости. Хроматические ощущения характеризуются светлотой, относительной яркостью, цветовым тоном и насыщенностью.

Цветной тон есть то, что отличает данный цвет от серого цвета той же светлоты. Красный, оранжевый, желтый, зеленый и т. д. и являются цветовым тоном. Ахроматические ощущения цветового тона не имеют.

Насыщенность — видимая степень отличия данного цвета от одинакового по светлоте серого цвета. Цвета могут быть одинаковыми по цветовому тону и светлоте, но отличаться по насыщенности (например, кумач и кирпич). Насыщенность есть интенсивность цвета.

Установлены три правила смешения цветов:

1. Для получения светло-серого ахроматического цвета надо одновременно подействовать на глаз двумя хроматическими цветами, далеко отстоящими друг от друга в спектре (например, красный и зеленый, желтый и синий).

2. Для получения какого-либо цвета спектра нужно смешать соседние с ним цвета (например, для получения оранжевого смешивается красный и желтый; зеленого — желтый и голубой).

3. При смешении в определенных отношениях красного, зеленого и синего могут быть получены ощущения всех цветов. Поэтому эти цвета называются основными.

Слуховая сенсорная система. Анатомически она состоит из органа слуха, слухового нерва и слуховой области коры, расположенной на наружной поверхности височной доли. Для органа слуха адекватным раздражителем является механическая энергия в форме звуковых колебаний.

Физическими характеристиками звука являются частота, сила, скорость и фаза звуковых колебаний. Физиологически частоте соответствует понятие высоты звука, а силе — громкость.

Орган слуха у человека представлен тремя частями.

1. Наружное ухо. Состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода длиной до 2,5 см у взрослого человека.

2. Среднее ухо. Представлено барабанной полостью неправильной формы емкостью около 0,75 мл и расположенными в ней тремя слуховыми косточками — молоточком, наковаленкой и стремечком.

На границе между наружным и средним ухом расположена барабанная перепонка толщиной около 0,1 мм. Наименьшее сопротивление звуковой волне, распространяющейся через слуховой проход, она оказывает при частоте колебаний 800—900 в секунду, и ее колебания при этом очень быстро затухают. Поэтому практически не происходит искажения формы звуковой волны. Она служит отличным передатчиком давления на систему слуховых косточек среднего уха, которые обеспечивают увеличение давления примерно в 50—60 раз и передачу его на перепонку овального окна, отделяющего среднее ухо от внутреннего.

3. Внутреннее ухо расположено в височной кости и состоит из перепончатого лабиринта, в котором расположены два органа — слуха и равновесия (вестибулярный аппарат).

Орган слуха носит название *кортиева*. В нем имеются два типа клеток — опорные и волосковые, которые и воспринимают звуковые колебания. Они расположены на основной слуховой перепонке, к которой подходит около 3 тыс. нервных волокон.

Такое устройство органа слуха позволяет человеку воспринимать звук в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц. Частота колебаний выше 20 кГц относится к области ультразвуков, а ниже 16 Гц — инфразвуков. У детей верхняя граница слуха может достигать 22 кГц, а у пожилых людей снижаться до 15 кГц и ниже.

Возбудимость слухового анализатора измеряется наименьшей силой звука, вызывающей слуховое ощущение. Условно принята за нулевой уровень сила звука в 1 тыс. колебаний в секунду (1 кГц), что соответствует 10—16 Вт/см². Порог слышимости принято выражать в децибелах, принимая за нулевой уровень звукового давления $2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1 кГц. Порог слышимости зависит от частоты звука. Индивидуальные особенности возбудимости слухового анализатора у людей с нормальным слухом варьируются в широком диапазоне. С возрастом сильно снижается возбудимость к тонам высокой частоты, а к низким меняется незначительно.

Для нормально функционирующей звуковой сенсорной системы характерна адаптация к звуку и тишине.

При длительном действии сильного звука возбудимость понижается (адаптация к звуку), а при пребывании в тишине возрастает (адаптация к тишине), поэтому субъективная громкость увеличивается до определенного предела, несмотря на возрастание интенсивности звука. Утомление наступает при действии звука в течение нескольких часов и сохраняется длительное время после прекращения воздействия.

Обонятельная сенсорная система. Анатомически состоит из рецепторов, расположенных в носу, обонятельных нервов и проекции, расположенной в филогенетически самой древней части коры — в пределах основания обонятельного мозга. Адекватным раздражителем для рецепторов обоняния являются химические вещества, находящиеся в газовой фазе.

Обонятельная поверхность носовой полости человека составляет около 5 см². Клетки-рецепторы располагаются в стороне от дыхательного пути. Пахучие вещества проникают к ним медленно, путем диффузии. Учащенное дыхание резко увеличивает скорость проникновения пахучих веществ к обонятельным клеткам. При выдохе во время акта приема пищи пахучие вещества могут проникать из ротовой полости в носовую через хоаны. Некоторые пахучие вещества, например аммиак, эфир, действуют не только на обонятельные клетки, но и на окончания тройничного нерва, что вызывает рефлексы со стороны органов дыхания — чихание, остановку дыхания и т. д.

Порог раздражения обонятельного рецептора очень низкий, и поэтому острота обоняния у людей исключительно велика.

Адаптация к запахам может быть гомогенной (к одному запаху) и гетерогенной (одновременно к запаху разных веществ). При многократном действии слабых пороговых адекватных раздражений возбудимость повышается (явление сенсibilизации).

Обонятельное ощущение сохраняется некоторое время после прекращения раздражения, затем исчезает и вновь появляется. Такие последовательные волнообразные обонятельные образы оказывают влияние на раздражение другими пахучими веществами.

Вкусовая сенсорная система. Анатомически состоит из ротового анализатора, нервных волокон и проекции в коре (точное место локализации не установлено).

Адекватным раздражителем являются химические вещества, растворенные в воде или слюне. Концентрации вещества, необходимые для порогового ощущения, различны для различных веществ (табл. 7.4).

Таблица 7.4

Некоторые вкусовые вещества и их пороговые значения в ощущениях человека

Вкусовые ощущения	Вещество	Порог, моль/л
Горькое	Хинин	0,000008
	Никотин	0,000016
Кислое	Соляная кислота	0,0009
	Лимонная кислота	0,0023
Сладкое	Сахароза	0,01
	Глюкоза	0,08
	Сахарин	0,000023
Соленое	Поваренная соль	0,01
	Хлористый кальций	0,01

Выделяют четыре основных вкусовых ощущения: горькое, сладкое, кислое, соленое. Каждое из этих ощущений вызывается раздражением особых рецепторов.

Рецепторами вкуса являются особые нейроэпителиальные образования — вкусовые почки, расположенные на кончике, краях и корне языка, боковой и задней поверхностях мягкого неба, на задней стенке глотки, задней поверхности надгортанника и голосовых связок.

Быстрота появления вкусового ощущения различна для разных веществ. Скорее наступает ощущение соленого, затем сладкого, кислого, горького. Горячие и холодные растворы снижают вкусовые ощущения. Оптимальная температура для восприятия вкуса лежит в области от 10 до 35 °С.

Возбудимость вкусового анализатора подчиняется общему правилу, понижается при длительном действии вкусовых веществ. Чем крепче раствор вещества, тем продолжительнее вкусовые ощущения. Однако адаптация к разным вкусовым веществам протекает с разной скоростью: быстрее всего происходит адаптация к сладкому и соленому, медленнее — к горькому и кислому. Восстановление вкусовой возбудимости к разным веществам также идет с разной скоростью. Наблюдаются, как и для обонятельной сенсорной системы, явления сенсбилизации, гомогенной и гетерогенной адаптации. Отмечаются и последовательные вкусовые образы.

Во вкусовой сенсорной системе достаточно отчетливо проявляется явление контрастных ощущений, когда одно вкусовое ощущение обостряется после другого. Так, пресная вода кажется сладковатой после споласкивания ротовой полости раствором поваренной соли; сухое вино обостряет вкус к сыру, и наоборот. В проявлении этого явления особую роль играют пряности, значение которых в нанесении энергичного удара по всем рецепторам, как следствие этого — более сильное проявление нормальных вкусовых ощущений.

Сенсорная система кожи. Состоит из трех видов рецепции — тактильной, температурной (тепловой и холодной), болевой, соответствующих нервных волокон и проекции в задней (центральной) извилине коры головного мозга.

До настоящего времени не установлена зависимость между структурой рецепторов кожи и их функцией. Существует мнение об единстве периферических рецепторов для всех видов ощущений. Установлено, что порог раздражения тактильных рецепторов различен в разных участках тела.

Для рецепторов кожи выделяют пространственный и временной пороги раздражения.

Пространственный порог есть наименьшее расстояние между двумя точками, на котором они ощущаются раздельно при одновременном раздражении. Для всех видов кожной рецепции этот вид порогового раздражения различен. Наиболее точно локализируются тактильные раздражения. С возрастом способность к лока-

лизации этой рецепции падает. Менее всего локализируются болевые рецепторы.

Временной порог есть наименьшее время между двумя последовательно различаемыми воздействиями. Он наименьший для тактильного анализатора и составляет около 2 миллисекунд. Болевые раздражения имеют самый высокий временной порог.

При раздражении тактильных, температурных и болевых рецепторов кожи и последующем снятии воздействия отмечается волнообразное исчезновение соответствующих ощущений. Для всех рецепторов кожи также характерно явление адаптации. Например, при опускании руки в теплую воду мы испытываем тепло только короткое время, а затем происходит адаптация рецепторов и ощущение тепла исчезает. Укол в кожу ощущается только в течение короткого времени, а затем ощущение боли прекращается, хотя игла продолжает оставаться в теле. Чем медленнее производится и чем сильнее болевое раздражение, тем медленнее происходит адаптация к боли.

Вестибулярная сенсорная система. Контролирует положение тела человека в пространстве. Она расположена во внутреннем ухе и состоит из двух подсистем: 1) отолитовой, реагирующей на положение тела в гравитационном поле Земли, и 2) полукружных каналов, контролирующих наклон головы.

Гравитационное поле как раздражитель имеет две основные особенности:

1) выступает как общий фон, на котором осуществляется ускорение или замедление движений тела, освободиться на Земле от гравитации невозможно;

2) практически постоянно по величине (гравитационная постоянная $G_N = (6,6720 \pm 0,0041) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$) и по направлению (к центру Земли).

Раздражителями для вестибулярной системы выступают ускорение или замедление движения тела, наклоны и вращение головы.

Порог различения наклона тела (вперед, назад) при закрытых глазах $1,5\text{—}2^\circ$, в сторону — 1° . Фон в форме вибраций оказывает сильное влияние на величину порога. Так, при полетах самолета он сдвигается вперед-назад до 5° , в сторону — до 10° (20°).

Вращательное движение головы раздражает ускоренным или замедленным движением в одной плоскости. Порог различения составляет от $0,8^\circ$ до $2,4^\circ$ в секунду за секунду относительно вертикальной оси.

Раздражение вестибулярной системы при повышенной возбудимости вызывает ощущение головокружения. Причиной этого ощущения является последствие, воспринимаемое как продолжение вращения в сторону, противоположную реальному вращению. Сопровождается учащением или замедлением сердцебиения, учащением дыхания, сужением или расширением кровеносных сосудов, повышением или понижением кровяного давления, тошнотой, рвотой и т. д.

Взаимодействие сенсорных систем организма человека.

При возбуждении разных анализаторов обнаруживается их взаимодействие, проявляющееся во взаимном повышении и понижении возбудимости, а также в явлении соощущений. Установлено, что:

- свет изменяет возбудимость рецепторов кожи, обоняния, вкуса, слуха;
- звук средней и большой громкости снижает возбудимость палочек сетчатки, повышает возбудимость темно-адаптированного глаза к зелено-синим лучам и понижает к оранжево-красным;
- в темноте возбудимость слухового анализатора падает;
- при действии определенных звуков у некоторых людей могут возникать зрительные образы, вкусовые и осязательно-температурные ощущения;
- у слепых и глухонемых происходят компенсаторные повышения возбудимости других сенсорных систем;
- в определении положения тела в пространстве, кроме вестибулярной, участвуют зрительная и кожная сенсорные системы.

Речевая сенсорная система. Принципиальным отличием человека от животного мира является наличие речи (второй сигнальной системы по И. П. Павлову).

Слово как раздражитель имеет в организме свою сенсорную систему. Анатомически она представлена ротовой полостью, глоткой, гортанью, голосовыми связками, нижней челюстью.

В эмбриональный период у плода человека волокна голосовых связок соединяются с волокнами кольцевой мускулатуры гортани, что создает условия для звуковой речи. Источником акустической энергии при речеобразовании служат мышцы грудной клетки и брюшного пресса, т. к. они регулируют давление потока воздуха через речевой тракт при акте дыхания.

Акустическая характеристика речи складывается из спектра звука и изменения его во времени.

Спектр речевого звука формируется из основного тона голоса и его обертонов. Наименьшая частота колебаний звука (Гц) при его прохождении через сомкнутые края голосовых складок в процессе вокализации (фонации) называется частотой основного тона голоса. Она воспринимается на слух как высота голоса человека и позволяет идентифицировать личность по голосу. Изменение частоты основного тона во времени определяет интонацию голоса — ударение, вопрос, повествование, крик, восклицание и др., а также индивидуальные и эмоциональные особенности речи. Обертоны — ряд тонов, возникающих при звучании основного тона и придающих звуку особый оттенок, или тембр.

Ротовая полость и глотка выступают в качестве резонаторной системы речевого тракта, которая обладает свойством усиливать отдельные полосы частот звука, порождаемого голосовыми связками. При прохождении звуковой волны от голосовых связок через резонаторную систему спектр речевого сигнала преобразуется: максимумы акустической энергии сосредоточиваются в частотных полосах соответствующих резонансному усилению речевого тракта, минимумы — в частотных полосах, где акустическая энергия подавляется.

Максимумы акустической энергии по спектру звука называются формантными максимумами, или речевыми формантами. На их основе человек опознает звук речи.

Средний уровень разговорной речи при измерении на расстоянии 1 м колеблется в диапазоне 60—80 дБ относительно нулевого уровня, за который принято звуковое давление $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Разница между наиболее слабыми и наиболее сильными звуками составляет около 47 дБ и называется динамическим диапазоном речи.

Эффективность восприятия речи зависит от ее громкости. Чтобы сигнал был хорошо разборчив, он должен превышать уровень средних и громких фоновых шумов примерно на 30 дБ, для слабых шумов (до 40 дБ) достаточно 20 дБ.

Уникальность слова как раздражителя заключается в том, что оно продуцируется самим человеком (речевой системой) и воспринимается им же, но другими системами — слуховой, зрительной, тактильной. Поэтому речевой сигнал содержит информацию двух видов.

1. Лингвистическая информация — языковая, семантическая, вербальная. Носителем ее является слово. Для характеристики этой информации используются фонемы — звуки речи, замещение которых изменяет смысл (например: *бук, бак, бок; воз, вор, вол; зов, ров, шов*). Интерпретация слова может определяться не фонемами, а содержанием предложения (например, слова «коса», «ласка» имеют разные смысловые значения в зависимости от контекста).

2. Информация о самом человеке — возрасте, поле, физическом здоровье, эмоциональном состоянии и пр. Она не зависит от того, что говорит человек, и содержится в тембре, высоте, громкости, интонации и т. д. Соответственно для ее извлечения используются физические параметры звука.

На слово как раздражитель могут быть распространены все характеристики других воздействий: наличие порога, подпороговой суммы, явления последствия и адаптивности.

Только у человека признаки, лежащие в основе классификации предметов внешнего мира, связаны со словом родного языка и получают вербальные (словесные) наименования.

На основе речевой системы формируется новый круг экологических взаимодействий человека с окружающим миром, которые и являются предметом исследований всего цикла общественно-политических и гуманитарных наук, формирующих свой понятийный аппарат и формулирующих в его рамках свои экологические закономерности.

В основе этого круга доминируют энергоинформационные, а не вещественно-энергетические взаимодействия. Поэтому мысль и ее словесное выражение — истинная основа будущей экологии

человека. «Мысль изреченная» превращает биологический организм человека в индивидуум и личность.

Интегральные реакции организма на различные воздействия

Собираемая сенсорными системами информация о внешнем окружении и внутреннем состоянии организма интегрируется сначала в виде отдельных сенсорных образов, а затем проявляется в таких обобщенных ощущениях всего организма, как поведенческий акт и здоровье.

Поведенческий акт человека

Целостная реакция на внешние стимулы сначала интегрируется головным мозгом человека в мысль, а затем реализуется в поведенческом акте, который можно рассматривать как интегральную форму проявления информационного канала связи организма и среды. (Общие сведения о поведенческом акте приведены в лекции 4.)

Интеграция отдельных сенсорных образов в целостную картину состояния окружающей среды происходит у человека в ассоциативных полях коры больших полушарий головного мозга. При этом правое и левое полушария выполняют разные функции, но совместно обеспечивают целенаправленное поведение (табл. 7.5).

В индивидуальном развитии человеческого организма область лобных и нижнетеменных областей коры, которые и являются собственно анатомическим субстратом ассоциативных корковых структур, увеличивается в 9 раз и у взрослого человека занимает 2/3 поверхности новой коры. При этом постепенно появляются специфически человеческие корковые формации, имеющие отношение к анализу раздражения, связанного с разными сторонами речевой деятельности — речедвигательной, речеслуховой, речезрительной.

Рассмотрим динамику созревания ассоциативных корковых структур в постнатальный период индивидуального развития.

Т а б л и ц а 7.5

*Функциональная межполушарная асимметрия
коры головного мозга человека*

Полушария	
Левос	Правос
Специализируется на вербально-символических функциях	Специализируется на пространственно-синтетических функциях
Лучше узнаются вербальные, легко различимые, знакомые символы	Лучше узнаются невербальные, трудно различимые, незнакомые символы
Лучше решаются задачи оценки временных отношений, установления сходства и идентичности стимулов по названиям	Лучше решаются задачи оценки пространственных отношений, установления различий и физических различий стимулов
Вербальное кодирование сигналов	Зрительно-пространственный анализ
Предпочтительно аналитическое, последовательное восприятие, абстрактное, обобщенное, инвариантное узнавание	Предпочтительно целостное (гештальт), одновременное восприятие, конкретное узнавание
Фокусированное представление	Диффузное представление
Мыслительная направленность деятельности	Направленность к конкретным видам деятельности
Медленная обработка информации	Быстрая обработка информации
Функционирует по принципу индукции (сначала анализ, затем синтез)	Функционирует по принципу дедукции (сначала синтез, затем анализ)
Мыслительный тип	Художественный тип

• 1-й год ж и з н и. Происходит постепенное увеличение количества условных рефлексов на непосредственные раздражители: сначала вегетативные, потом двигательные, затем речедвигательные, условные рефлексы. Слово еще имеет второстепенное значение.

• 2-й год ж и з н и. Возникают образы отдельных предметов, происходит установление связи (ассоциации) слова и вида предмета. Понимание речи и ее воспроизведение (сенсорная и моторная речь). Слово замещает чувственный образ определенного предмета

и группы однородных предметов (1—2-я степень интеграции). Слово превращается в самостоятельный сигнал.

- 3-й год жизни. Слово заменяет ряд чувственных образов разнородных предметов (3-я степень интеграции).

- 4—5-й годы жизни. Четвертая степень интеграции. В слове реализуется ряд обобщений предыдущих степеней (например, *ляля — игрушка — вещь*).

- 6—10 лет. Формирование управления своим поведением на основе словесно-обобщенной инструкции. Способность удерживать программу действий, состоящую из ряда движений. Поведение определяется степенью вероятности событий в окружающем мире. Наиболее ярко начинают проявляться генетически заданные особенности высшей нервной деятельности.

- 10—12 лет. Развитие коры приближается к уровню взрослого человека, происходит формирование высших нервных и психических функций ребенка.

Таким образом, к 12—14 годам происходят основные процессы превращения биологического организма человека в индивидуума. Дальнейшая жизнь — процесс превращения индивидуальности в личность. На этом пути роль внешних условий становится решающей, т. к. уже все генетические возможности реализованы.

Стресс как форма неспецифической ответной реакции проявляется при явной или потенциальной угрозе физическому или психическому благополучию целого организма. Она реализуется в три стадии.

- Первая стадия — реакция тревоги («аварийная фаза»). Характеризуется генерализованным иммунодепрессивным ответом, энергетически неэкономным, часто превышающим необходимые потребности для ликвидации воздействия. Это обусловлено катаболическим характером сдвига метаболизма. В ответ вовлекаются кровообращение, дыхание, симпатoadреналовая система. Организм из стационарного состояния вступает в переходной период. Происходит смена принципов функционирования процессов. Вступает в свои права принцип временной независимости (см. лекцию 3). На этой стадии не затрагиваются молекулярные механизмы стабилизации гомеостаза.

• **Вторая стадия** — стадия резистентности. Начинается процесс формирования межсистемных связей. Вступают в действие гормоны коры надпочечников (гормоны адаптации). Усиливается синтез нуклеиновых кислот и белков, наблюдается их компенсаторная гипертрофия. Метаболизм переключается на анаболический путь. Мобилизуется иммунная система. Происходит избирательное обеспечение пластическим (строительным) и энергетическим материалом органов и систем, играющих ведущую роль в осуществлении ответной реакции. Происходит выключение «лишних» реакций, а следовательно, и излишней траты энергии.

Установлением нового резистентного состояния в пределах нормы реакции организма стрессовая реакция заканчивается. Суммарная трата энергии за оба этих периода — цена адаптации к новым условиям. Выход за пределы нормы реакции заставляет организм до предела напрягать все защитные силы. В этом случае начинается заключительный этап стрессорной реакции.

• **Третья стадия** — истощение. Использование всех защитных возможностей организма. Может заканчиваться смертью.

В отношении сильных воздействий сделано два эмпирических обобщения.

1. Адаптация происходит быстрее к дискретному воздействию, чем к длительно действующему.

2. Устойчивая долговременная адаптация к одному фактору нередко защищает организм от действия других. Это явление в теории стресса носит название перекрестного защитного эффекта адаптации. Например, тренировки к гипоксии повышают резистентность к большим мышечным нагрузкам, и наоборот (сравни с общими правилами действия факторов в лекции 3).

Здоровье

Понятие здоровья как предельной интегральной характеристики состояния организма может быть использовано не только для оценки биологической основы человека, но и для оценки личности, т. к., кроме понятия физического здоровья, существуют понятия социального, душевного, духовного здоровья. В данном кон-

тексте рассмотрения экологических взаимодействий выделим два основных вида здоровья: физическое и психическое.

Физическое здоровье. В настоящее время больше определяется вещественно-энергетическим каналом связи с окружающим миром, нежели энергоинформационным. В будущем возможна смена ролей этих каналов.

«Постоянство внутренней среды есть условие свободной жизни» (К. Бернар). Сделаем одно добавление к этому афоризму одного из великих физиологов прошлого: ...свободной и здоровой жизни.

Под физическим здоровьем будем понимать гомеостаз внутренней среды организма в пределах генетически заданной нормы.

Термин «гомеостаз» ввел в 1929 г. У. Кеннон. Гомеостаз (неподвижность) — способность организма противостоять изменениям и сохранять динамически относительное постоянство состава и свойств. Нарушение механизмов, лежащих в основе гомеостатических процессов, можно рассматривать как болезнь. Различные сдвиги в функциональных системах организма, происходящие в пределах генетически заданной нормы реакции, можно рассматривать как определенную форму ответной реакции целого организма на внешние воздействия.

Поддержание гомеостаза обеспечивается нервной, эндокринной и иммунной системами организма. У человека гомеостаз более строгий, чем у других теплокровных организмов, что увеличивает расход энергии на гомеостатические механизмы.

Нервная и эндокринная системы контролируют количественные характеристики гомеостаза. Часть этих характеристик имеют узкий диапазон изменчивости, другие — достаточно широкий. В отношении регуляции количественных характеристик сформулированы два эмпирических обобщения.

1. Направленность и величина изменения гомеостатической константы под влиянием воздействующего фактора зависят от ее исходных (фоновых) значений. Например, человек выходит из помещения с температурой около +12 °С, где у него было ощущение

холода, на улицу с температурой $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Запускается механизм увеличения термогенеза и уменьшения теплоотдачи. Возврат в помещение ($+12\text{ }^{\circ}\text{C}$) вызывает ощущение перегрева, и запускается механизм терморегуляции противоположной направленности.

2. Регуляция сдвигов гомеостатических констант носит гиперкомпенсаторный характер. Это обобщение утверждает, что новое значение гомеостатической константы должно превышать фоновое.

Иммунная система охраняет качественное постоянство генетически детерминированного клеточного и гуморального состава организма.

Иммунная система защищает организм от чужеродных тел и веществ. С точки зрения экологии она противостоит биологическому и химическому воздействию на организм. Анатомически эта система представлена группой органов (селезенка, вилочковая железа, красный костный мозг, лимфатические узлы), а также специальными клетками, распределенными по всему организму. Она обеспечивает:

- защиту организма от внедрения чужеродных и возникших в организме модифицированных клеток;
- уничтожение старых, дефектных и поврежденных собственных клеток и их элементов;
- нейтрализацию с последующим удалением всех чужеродных для данного организма высокомолекулярных веществ биологического происхождения — белков, полисахаридов и т. д.;
- продуцирование разнообразных биологически активных молекул (цитокинов, ростовых факторов, медиаторов воспаления и т. д.), в отличие от гормонов, поддерживающих не гомеостаз, а сложную ответную реакцию всего организма на внедрение чужеродных клеток, вирусов.

Для оптимизации реализуемых ею защитных механизмов привлекает нервную, гуморальную и многие другие системы организма.

Вещества, которые воспринимаются организмом как чужеродные и вызывающие специфический иммунный ответ, называются **антигенами** (антирожденными). Они могут быть общими для организмов одного вида и специфичными для отдельных внутривидовых групп. Форма иммунного ответа на них — образование антител, клеточного иммунитета, аллергии. Интенсивность и глу-

бина ответа зависит от степени чужеродности антигена. Иммунная система млекопитающих способна распознавать более 10 млн различных антигенов.

Иммунная система, обладающая способностью различать собственные и генетически чужеродные структуры и уничтожать последние, фактически контролирует не только целостность организма, но и его индивидуальность.

В иммунном ответе на внешние воздействия можно выделить два аспекта: 1) неспецифический, проявляющийся в форме воспалительной реакции и регенеративных процессов, и 2) специфический — в форме клеточного (Т-клетки лимфоцитов) и гуморально-го (выработка антитела) механизмов.

Интенсивность иммунного ответа на тот или иной антиген определяют *Ir*-гены (*Immune response*).

Наследственные болезни (генетически детерминированные отклонения регуляции гомеостаза нервной, эндокринной и иммунной систем).

К генетически заданным жизненным стратегиям неприменимы такие характеристики, как «плохие» или «хорошие», т. к. это нравственные критерии личности, задаваемые группой организмов в соответствии с принятыми в ней. Биологическая основа жизненных стратегий создает условия для формирования разнообразия проявлений нравственных критериев.

Стресс. Понятие стресса как формы ответной реакции организма, индивидуума, личности на внешние воздействия введено в научный оборот Г. Селье в 50-е гг. XX в.

|| Стресс — это форма проявления неспецифической ответной реакции целостным организмом, индивидуумом, личностью.

Подведем итог. Индивидуальное развитие организма и его взаимодействие с конкретными жизненными условиями является исходным моментом формирования необходимого разнообразия организмов (индивидуумов, личностей) для последующего объединения в группы по всему спектру биологических, социальных, духовных критериев.

ЛЕКЦИЯ 8

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУППОВЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ ЛЮДЕЙ

Различные формы групповых объединений людей. — Группы людей, выделяемые по биологическим критериям: расы, адаптивные типы. — Этнос как претендент на основную внутривидовую группу. — Хозяйственно-культурный тип как проявление экологических взаимодействий. — Особенности трофических (пищевых) взаимодействий отдельных групп людей

Ничто не существует вне сотрудничества.

Г. Будда

Формы групповых объединений

Объединение людей в группы есть естественный процесс для всего живого мира. Человек не исключение из этого правила. Скорее наоборот, наиболее отчетливо и в самой полной форме оно проявляется именно у *Homo sapiens*. Возрастные объединения — ясельные, дошкольные, школьные, вузовские. Производственные — цеховые, заводские, отраслевые коллективы. Клубы по интересам, творческие союзы. Классы, сословия, касты, религиозные общины. Расы, адаптивные типы, хозяйственно-культурные типы, этносы, антропологические типы. Семейные союзы, родовые и племенные объединения... Вот далеко не полный список возможных групповых объединений людей. Сам термин «популяция», используемый для обозначения элементарной единицы существования, размножения, адаптации и эволюции любого биологического вида, в переводе с латинского (*populus*) означает «народ» (отсюда непопулярные решения и законы, принимаемые нашим правительством и Государственной думой, по сути своей — антинародные, которые почему-то считаются высшим достижением чиновничьей и законодательной власти).

Ранее (см. лекцию 6) отмечались трудности выделения у человека внутривидовых объединений организмов. Теоретически в экологии человека возможно рассмотрение групп людей, выделенных по любому объединяющему их критерию и их отношению с окружающим миром. Для продуктивного обсуждения этих вопросов необходимо наличие как минимум двух условий:

- достаточного количества сведений о структуре самой группы и особенностях ее отношений с другими группами и природной средой;

- возможности достаточно четкого определения понятия «окружающая среда» для выбранной группы.

Соблюсти это правило не всегда удается, т. к. для большинства групповых объединений людей сведений по обоим условиям всегда недостаточно.

В данной лекции рассмотрим такие группировки людей, где эти требования можно соблюсти с достаточной полнотой:

1) группы людей, выделяемые по биологическим критериям: расы, адаптивные типы;

2) группы людей, выделяемые по другим критериям: этносы, хозяйственно-культурные типы.

Группы людей, выделяемые по биологическим критериям

Расы. Объединения людей по расовым признакам являются самыми крупными из всех сформированных по биологическим критериям. Основными расовыми признаками являются следующие:

- форма волос на голове;
- характер и степень развития волосяного покрова на лице и теле;
- цвет волос, кожи, радужины глаз;
- форма верхнего века, носа, губ;
- форма головы и лица;
- длина тела или рост.

Разнообразные сочетания этих признаков позволяют выделить от трех до несколько десятков рас. Межрасовые метисы плодovиты,

равноценны в биологическом и психическом отношениях с представителями чистых рас. По данным ЮНЕСКО не менее половины населения Земли являются межрасовыми метисами.

Выделяют три основных ствола рас: австрало-негроидный, монголоидный, европеоидный.

- К расовым признакам австрало-негроидного ствола относятся: 1) черные спирально-завитые или волнистые волосы; 2) шоколадно-коричневая или черная, иногда желтовато-коричневая кожа; 3) карие глаза; 4) плоский, мало выступающий нос с низким переносьем и широкими крыльями; 5) у большинства толстые губы и длинная голова; 6) умеренно развитый подбородок, выступающий вперед зубной отдел верхней и нижней челюстей (челюстной прогнатизм). Наиболее полно выражены признаки расы у суданских негров. Жизненные условия реализуются в рамках экваториальной зоны. Географически распадается на две малые расы — западную (африканскую) и восточную (океаническую, или австралийскую).

- Монголоидная (азиатско-американская) раса характеризуется: 1) смуглой кожей желтоватых оттенков; 2) глаза темно-карие; 3) волосы черные, прямые, тугие; 4) борода и усы не развиваются совсем или очень слабо; 5) сильно выделяется и своеобразно расположена складка верхнего века, прикрывающая внутренний угол глаза, обуславливая несколько косое положение глазной щели (эпикантус); 6) лицо плоское, скулы широкие; 7) подбородок и челюсти мало выдаются; 8) нос прямой с низким переносьем; 9) губы средние; 10) рост средний и ниже среднего. Такая совокупность признаков чаще всего встречается у северных китайцев. Раса является самой многочисленной и в настоящее время заселяет большую часть земного шара.

- Европеоидная, или европейско-азиатская, раса обладает следующими отличительными признаками: 1) розоватая кожа от светлых до смуглых тонов; 2) большое разнообразие цвета (от светлых до черных) и формы (от кудрявых до прямых) волос; 3) среднее и сильное развитие волосяного покрова на теле и лице; 4) узкий и сильно выступающий из плоскости лица нос с высоким переносьем; 5) слабо развитая складка верхнего века; 6) средне и сильно

выступающий подбородок. По окраске волос и глаз выделяют три малые расы: северную, светлоокрашенную; южную, темноокрашенную; средневропейскую, с промежуточным сочетанием цветов.

Большая часть русских относится к беломорско-балтийской группе типов северной малой расы. Темноокрашенные группы южных европеоидов образуют основную массу населения Испании, Франции, Италии, Швейцарии, стран Балканского полуострова и др.

Постоянная межрасовая метисация является одной из основных причин образования смешанных типов. Так, лопари связывают между собой европеоидную и монголоидную расы и характеризуются желтоватой кожей и темными мягкими волосами. Эфиопская группа типов связывает негроидную и европеоидную расы.

В общей сложности все три ствола рас состоят из 25—30 групп типов. Некоторые исследователи предлагают считать их отдельными расами. В качестве примера приведем одну из таких классификаций.

- Экваториальные негроидные (африканские) расы: негры, негрилли, бушмены, готтентоты.

- Экваториальные австралоидные (океанийские) расы: веддоиды, папуасы, меланезийцы, австралийцы, негритосы, айны.

- Переходная группа между экваториальными и европеоидными расами: южно-индийская раса (дравиды); восточно-африканская раса (эфиопы); американские мулаты; южно-африканские «цветные»; население Западного Судана.

- Европеоидные расы: северные группы (блондины); переходные группы (шатены); южные группы (брюнеты).

- Переходные группы между европеоидными и монголоидными расами: уральская, южно-сибирская, среднеазиатские смешанные, американские метисы.

- Монголоидные расы: континентальные (северные азиатские), арктическая (эскимосская), тихоокеанские (восточные), американские (индейские).

- Переходные между монголоидными и экваториальными расами: южно-азиатские, японская, полинезийско-индонезийская, мадагаскарская.

Расовые группы характеризуются сильной индивидуальной изменчивостью, и границы между ними обычно резко не выражены. Отдельные расовые признаки могут варьировать даже в течение жизни отдельного человека. Так, Ф. Боас показал, что форма черепа может изменяться на протяжении одного поколения при перемещении из одной части света в другую.

Вопрос о моно- или полицентризме происхождения рас остается открытым. Процесс дифференциации вида на расы начался, видимо, сравнительно недавно и постоянно прерывался метисацией, что привело к гигантскому полиморфизму. Большую роль в расогенезе играла изоляция отдельных, особенно небольших, групп людей. В красных группах при освоении новых территорий с течением времени (примерно 50 поколений) происходят заметные изменения расовых особенностей в результате генетического дрейфа. Географическая изоляция и особенности местообитания усиливают этот процесс, что особенно заметно в группах людей, живущих на островах, в горах и пустынях.

Проблема адаптационной ценности расовых признаков остается дискуссионной. Расовые морфофизиологические признаки у представителей негроидных групп явно несут адаптационную нагрузку. С другой стороны, представители самого многочисленного ствола рас — монголоидного, заселившие большую часть земной поверхности, демонстрируют довольно слабую связь расовых признаков с природными условиями.

Адаптация к цивилизованному миру (культуре), происходящая на уровне социально-экономических условий и духовных ценностей, происходит значительно труднее для разных расовых групп.

Географическая приуроченность многих морфологических и физиологических признаков у людей, принадлежащих к разным расовым группам, свидетельствует о довольно устойчивой связи между природно-климатическими условиями и ответными биологическими реакциями организма.

Адаптивные типы. Учение об адаптивных типах людей, сформировавшееся во второй половине XX в., — это процесс расширения общеэкологических представлений о жизненных формах живых организмов на человека.

Адаптивный тип рассматривается как норма биологической реакции групп людей на комплекс условий окружающей среды, обеспечивающая состояние равновесия с этой средой и имеющая внешнее выражение в морфофункциональных особенностях этих групп¹.

Адаптивные реакции у человека, как и у других видов, проявляются, в двух формах. Это неспецифическая и специфическая формы (табл. 8.1). Неспецифичность выражается в общем повышении сопротивляемости организма к неблагоприятным условиям и обеспечивается иммунной системой.

Таблица 8.1

Характеристика основных адаптивных типов человека

Адаптивный тип	Условия окружающей среды	Специфические ответные реакции организма
Тропический (базовый)	Высокая влажность и температура воздуха, сильное солнечное излучение с повышенной долей ультрафиолета	Увеличение количества потовых желез на кв. см кожи, уровня иммуноглобулинов. Понижение основного обмена, мышечной массы, синтеза жиров, концентрации АТФ, содержания холестерина. Темная пигментация кожи, курчавость волос, удлинённая форма тела и головы. Болезни белковой недостаточности
Высокогорный	Пониженное атмосферное давление и температура, недостаток кислорода, нарушение геохимического баланса	Увеличение основного обмена, насыщенности крови кислородом, длины и массы тела. Задержка ростовых процессов и полового созревания. Увеличение детской смертности
Пустынный	Высокая температура и сухость воздуха, мощное тепловое и ультрафиолетовое излучение, ветер, пыль	Повышение метаболической активности, потоотделения. Замедление пульса, снижение температуры тела, понижение минерализации скелета
Арктический	Низкая температура воздуха, уменьшенное количество солнечного излучения	Повышение содержания гемоглобина, гаммаглобулинов, белков и липидов в крови, способности к окислению жиров, минерализации скелета, плотности тела. Цилиндрическое строение грудной

¹ См.: Алексеева Т. И. Географическая среда и биология человека. М., 1977.

Окончание табл. 8.1

Адаптивный тип	Условия окружающей среды	Специфические ответные реакции организма
Арктический		клетки. Отсутствие астеников. Высокая стабильность уровня обмена в условиях переохлаждения
Континентальный	Наибольшая годовая амплитуда температур воздуха (65 °С)	Повышение гаммаглобулинов, гемоглобина, эритроцитов, теплопродукции, содержания жира. Понижение минерализации скелета, костно-мышечной массы. Увеличение процента особой пикнического сложения
Умеренного пояса (контрольный)	Средние значения температуры и влажности воздуха	Достаточно нейтральны к среде. Все характеристики — промежуточные между тропическим и арктическим типами

На уровне адаптивных типов во взаимодействии человека и среды есть несколько особенностей, обращающих на себя внимание.

- Независимо от расовой и этнической принадлежности реакции организма на одни и те же воздействия проявляются в одном и том же направлении.

- Норма реакции реализуется в пределах границ, присущих определенному этносу, что, видимо, свидетельствует о генетической природе этой нормы.

- При ослаблении признаков физического развития (понижение массы, обхвата груди и т. п.) наблюдается увеличение содержания в крови гаммаглобулинов, вырабатывающих антитела, повышающие сопротивление организма неблагоприятным воздействиям.

Из сведений, полученных для наземных млекопитающих, под углом зрения которых могут быть рассмотрены особенности адаптивных реакций у человека, можно привлечь представления об активном и пассивном характере адаптации.

Активная адаптация связана с интенсификацией роста, развития, размножения, повышением уровня обмена, четкой локализацией жизненного цикла. Пассивная, напротив, осуществляется при замедлении развития и энергетических процессов. С. С. Шварц показал, что субарктическим видам млекопитающих свойственны активные, энергетически менее выгодные пути адаптации; высоко-

горным, наоборот, пассивный тип адаптации². Для человека, видимо, более приемлемы активные формы адаптации.

Адаптивные типы являются самым крупным и грубым выделением жизненных форм у человека. Дальнейшая разработка этого направления неизбежно приведет к разделению их на более частные и специфические. Так, работами В. П. Казначеева показано, что по краткосрочным адаптационным возможностям можно выделить три конституциональных типа³.

1. «С п р и н т е р». Способен осуществлять мощные физиологические реакции с высокой степенью надежности в ответ на действие значительных, но кратковременных факторов внешней среды. Но высокий уровень надежности поддерживается в течение лишь относительно короткого срока.

2. «С т а й е р». Менее приспособлен к переносимости мощных кратковременных нагрузок. Однако после относительно кратковременной перестройки организм способен выдерживать продолжительные равномерные воздействия факторов внешней среды в неадекватных условиях.

3. «М и к с т». Смешанный тип. Реакции зависят от сдвинуто-сти в сторону «стайера» или «спринтера».

Теоретически можно выделить жизненные формы по любому признаку, т. к. каждый из них всегда проявляется в крайних и промежуточных вариантах.

Каждый выделенный выше адаптивный тип занимает большие территории и включают в себя группы людей разной расовой, этнической, национальной, хозяйственно-культурной принадлежности.

Этносы

Среди внутривидовых единиц, выделяемых по социальной компоненте, наибольший интерес для экологии человека представляет этнос. Оригинальную целостную систему представлений об этносе разработал в 60—80-х гг. XX в. Лев Николаевич Гумилев. Как

² Шварц С. С. Экологические основы эволюции. М., 1980.

³ См., в частности: Казначеев В. П. Очерки по экологии человека. М., 1983.

заметил Д. Н. Лихачев, систему взглядов Л. Н. Гумилева нельзя расщепить по частям; ее надо либо принимать целиком, либо не принимать совсем.



Лев Николаевич
Гумилев (1912—1992)

На наш взгляд, учение об этносах Л. Н. Гумилева есть фундаментальная основа будущей экологии человека, т. к. определены главные направления научного поиска реального проявления взаимосвязей человека и его местообитания. Подробный анализ всех представлений этого учения с позиций экологии требует нового цикла лекций, поэтому ограничимся кратким перечислением наиболее важных положений.

Желающим самостоятельно освоить взгляды Л. Н. Гумилева советуем начать с классического труда «Этногенез и биосфера Земли».

К наиболее интересным для экологии человека следует отнести следующие положения учения об этносах Л. Н. Гумилева.

Определение этноса. Этнос — естественно сложившаяся структура на основе оригинального стереотипа поведения коллективов людей, существующих как энергетическая система, противопоставляющая себя всем другим таким же коллективам исходя из ощущения комплиментарности.

Стереотип поведения группы людей есть интегральный результат биологических адаптивных реакций, социальных отношений между людьми и особенностей местообитания. Изменение поведенческих реакций на изменения в среде хорошо известно в биологии и экологии различных видов живых организмов. Поэтому как основа внутривидовой дифференцировки эта характеристика вполне приемлема, т. к. позволяет естественно соединять биологическое и социальное в одной структурной единице. Человек живет этносами, а не биологическими популяциями.

Разработка внутривидовой классификации человека — этнической иерархии

- Антропосфера — биомасса всех человеческих организмов.

- **Этносфера** — сочетание этноландшафтных целостностей, всегда динамичных.
- **Суперэтнос** — группа этносов, возникающих одновременно в одном регионе, проявляющая себя в истории как мозаичная целостность.
- **Этнос** — устойчивый, естественно сложившийся коллектив людей, противопоставляющий себя всем прочим аналогичным коллективам и отличающийся своеобразным стереотипом поведения, который закономерно меняется в историческом времени.
- **Субэтнос** — элемент структуры этноса, взаимодействующий с прочими. При упрощении этносистемы в финальной фазе число субэтносов сокращается до одного, который становится реликтом.
- **Конвексия** — группа людей с однохарактерным бытом и семейными связями. Фиксируется не историей, а этнографией.
- **Консорция** — группа людей, объединенных одной исторической судьбой на короткое время; либо распадается, либо переходит в конвексию.

Введение в научный оборот новой характеристики этноса — пассионарности. Приведенные определения терминов понятийной области, связанной с новым понятием, отчетливо показывают неразрывную связь биологических и социальных процессов у человека (табл. 8.2).

Т а б л и ц а 8.2

Понятийная область термина «пассионарность»

Понятие	Определение
Пассионарность	Избыток биохимической энергии живого вещества, обратный вектору инстинкта и определяющий способность к сверхнапряжению
Пассионарии	Особи, пассионарный импульс поведения которых превышает величину импульса инстинкта самосохранения
Субпассионарии	Особи, пассионарный импульс которых меньше импульса инстинкта самосохранения
Пассионарный импульс	Поведенческий импульс, направленный против инстинкта личного и видового самосохранения

Окончание табл. 8.2

Понятие	Определение
Пассионарный признак	Рецессивный генетический признак, обуславливающий повышенную абсорбцию особью биохимической энергии из внешней среды и выдачу этой энергии в виде работы
Пассионарная индукция	Явление трансформации поведения гармоничных особей и субпассионариев в присутствии пассионариев под влиянием пассионарного поля
Пассионарное напряжение	Количество имеющейся в этнической системе пассионарности, деленное на количество персон, составляющих этническую систему
Пассионарное поле	Поле, обусловленное наличием биохимической энергии — пассионарности
Пассионарный толчок	Микромутация, вызывающая появление пассионарного признака в популяции и приводящая к появлению новых этнических систем
Пусковой момент	Момент пассионарного толчка в абсолютной шкале времени, являющийся нулевой точкой отсчета для диахронической шкалы
Контактная разность потенциалов	Перепад пассионарности (биохимической энергии), возникающий при контакте двух и более суперэтносов

Установление стадий этногенеза. Введение понятия пассионарности как характеристики стереотипа поведения позволяет выявить стадии этногенеза, не зависящие от уровня развития, культуры, социального устройства, и, самое главное, установить срок жизни этноса: 1200 ± 300 лет. Это приравнивает этнос к организму как закрытой по времени системе, а не к биологической популяции как системе, открытой по времени. Этнос исчезает, генофонд остается, формируя новые этносы или обогащая другие, сохраняя при этом полностью или частично как биологические адаптации, так и накопленный социальный и духовный опыт — культуру.

Этногенез, как и онтогенез, проходит ряд фаз. Составленный Л. Н. Гумилевым обобщенный ход этногенеза представлен на рис. 8.1. Поясним этот рисунок.

По оси ординат отложено пассионарное напряжение этнической системы в трех шкалах.

- В качественных характеристиках от уровня P_{-2} (неспособность удовлетворить вождения) до уровня P_6 (жертвенность). Эти характеристики следует рассматривать как некую усредненную «физиономию» представителя этноса. Одновременно в этносе присутствуют представители всех отмеченных на рисунке типов, но

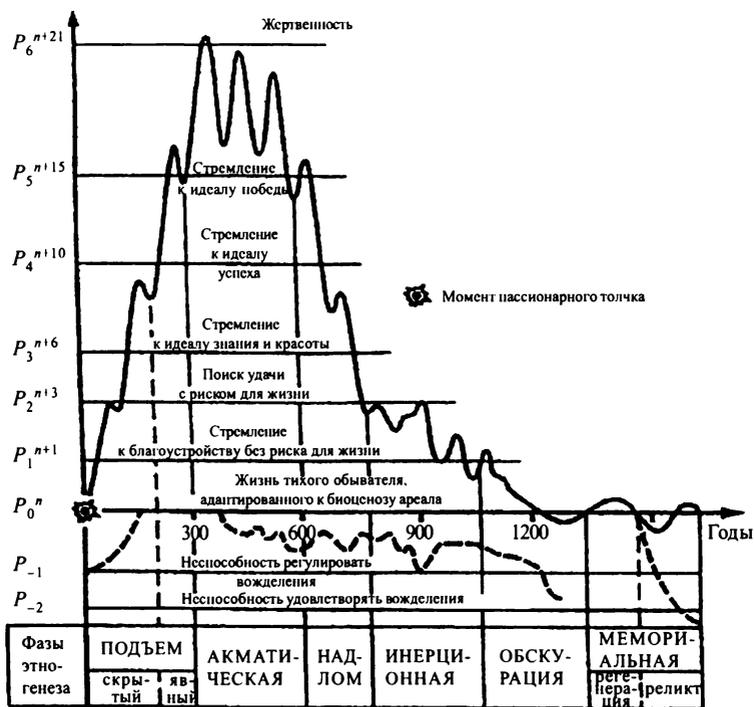


Рис. 8.1. Изменение пассионарного напряжения этнической системы (по Л. Н. Гумилеву)

господствует статистический тип, соответствующий данному уровню пассионарного напряжения.

- В шкале — количество субэтнотосов (подсистем этноса). Индексы $n, n + 1, n + 3$ и т. д., где n — число субэтнотосов в этносе, не затронутым толчком и находящемся в гомеостазе.

- Частота событий этнической истории — непрерывная кривая. Предлагаемая кривая — обобщение 40 индивидуальных кривых этногенеза, построенных для различных этносов, возникших вследствие различных толчков. Пунктирной кривой отмечен качественный ход изменения плотности субпассионариев в этносе. Снизу прописным шрифтом выделены названия фаз этногенеза соответственно отрезкам по шкале времени: подъем, акматическая, надлом, инерционная, обскурация, мемориальная (регенерация, реликт).

Л. Н. Гумилев предложил образные характеристики фаз этногенеза. Они не нуждаются в комментариях (табл. 8.3).

Таблица 8.3

*Характеристика фаз этногенеза
(по Л. Н. Гумилеву)*

Фазы	Господствующие императивы	Фазовые переходы
Исходное сочетание этносов и ландшафтов региона	Разнообразны «Надо исправить мир, ибо он плох!»	Пассионарный толчок — пусковой момент этногенеза
Пассионарный подъем: инкубационный (скрытый) период	—	—
Пассионарный подъем: явный период	«Мы хотим быть великими!»	Оформление этнической системы. Переход к акматической фазе
Акматическая фаза	«Будь самим собой!» «Мы устали от великих!»	Переход к фазе надлома
Надлом	«Мы знаем, мы знаем, все будет иначе!» «Дайте же жить, гады!»	Переход к инерционной фазе
Инерция	«Будь таким, как я!» «С нас — хватит!»	Переход к фазе обскурации
Обскурация	«Будь таким, как мы!» «День, да мой!»	Переход к мемориальной фазе: возможна регенерация
Мемориальная фаза	«Помни, как было прекрасно!» «Будь сам собой доволен, троль!»	Переход к гомеостазу: реликт

Адаптивные типы и этносы формируются под влиянием всего комплекса условий конкретного местообитания. Климатическая ситуация определяет видовой состав растений и животных, геохимическая — химический состав, а воздействие на организм начинает проявляться тогда, когда выросшие в данном месте растения и животные будут съедены, а вода выпита человеком. Области использования характеристик адаптивных типов и этносов при решении конкретных задач еще предстоит выяснить в специальных исследованиях.

Особенности проявления функции питания человека

При рассмотрении данного вопроса необходимо выделить два процесса: собственно процесс питания и процесс обеспечения пищей.

Процесс заглатывания и переваривания пищи не является предметом экологического рассмотрения. Это область биологии и медицины.

В процессе обеспечения пищей следует различать количественный и качественный аспекты. Предельное для человечества количество пищи есть производное от средней продуктивности поверхности Земли. Невысокая естественная продуктивность, социальное неравенство в распределении продуктов питания — залог голодного и полуголодного существования значительной части населения Земли. По оценкам экспертов ЮНЕСКО как минимум половина населения планеты в той или иной мере испытывает недостаток в пище. Увеличить количество продовольствия возможно только за счет интенсификации сельскохозяйственного производства, т. к. большая часть Мирового океана является биологической пустыней (см. лекцию 6), а надежды на синтетическую пищу весьма призрачны.

Производство пищи как биосферный процесс является основным в реализации перерабатывающей функции человека.

На ранних стадиях становления человека поиск пищи, как и у всех животных, занимает практически все время. При этом реализуется прямая пищевая цепь: нашел — поймал — съел. Отличительной особенностью человека является амбивалентность, т. е. способность употреблять в пищу организмы любого трофического уровня. Освоение огня, становление земледелия, скотоводства, выступая как стадии усиления перерабатывающей функции (см. лекцию 5), имеют немаловажное следствие — дают возможность запасть пищу впрок, что приводит к разветвлению пищевой цепи: часть пищи по-прежнему съедается сразу, а часть оставляется на будущее. Фактически это начало становления системы хранения, пере-

работки, распределения пищи. В простейшем варианте эта схема реализуется до сих пор любой семьей, которая занимается сбором дикорастущих ягод, грибов, ловлей рыбы, охотой или разводит животных и выращивает растения на приусадебном участке. В рамках всего вида (общества) процесс производства, переработки, хранения, распределения, потребления пищи лежит в основе всего промышленного и сельскохозяйственного производства, сферы услуг. Поиск полезных ископаемых, их добыча и переработка, вырубка лесов, осушение болот, распашка степей, лугов и т. д. производятся человеком только для того, чтобы каждый человек каждый день мог поесть (и не один раз), причем в уютном помещении и не под грохот орудийных залпов, свист пуль, взрывы ракет. Ради этого появилась вся система промышленного и сельскохозяйственного производства, сфера услуг, а для того, чтобы никто не отнял кусок хлеба, — система охраны, армия. Увеличить количество пищи значит интенсифицировать всю производственную деятельность человека. Именно здесь и возникают экологические проблемы человечества, такие как загрязнение и деградация почв, уменьшение биоразнообразия, разрушение озонового пояса и т. д. Повышение продуктивности на всех звеньях пищевой цепи потребует резкого увеличения количества удобрений, мощности сельскохозяйственной техники, горюче-смазочных материалов и т. д.

Увеличение количества пищи — это проблема разумного природопользования в самом широком смысле.

Качественный аспект проблемы питания связан с химическим составом потребляемых продуктов. Человек, как растения и животные, не остается безразличным к избытку или недостатку тех или иных химических элементов в окружающей среде (см. лекцию 2). В самом общем виде связь геохимической ситуации и процессов формообразования, опосредованная через процесс питания, представлена на рис. 8.2.

Особенности национальной кухни, обычаи и традиции различных групп людей вносят существенные коррективы в корреляционные связи, осуществляемые через функцию питания. Например, на схеме (рис. 8.3), построенной по материалам индийского иссле-

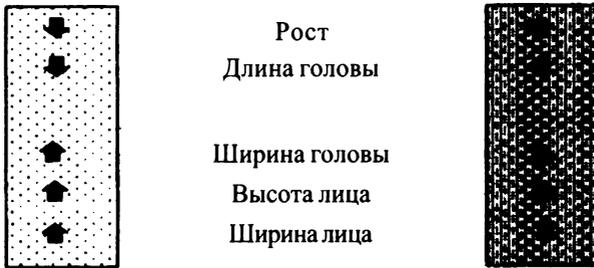


Рис. 8.2. Связь размеров скелета человека с содержанием химических элементов в почвах⁴:

светлая штриховка — пониженное содержание костеобразующих минералов в почвах; темная штриховка — повышенное содержание; стрелка вверх — повышение величины признака; стрелка вниз — понижение величины признака (по Т. И. Алексеевой)

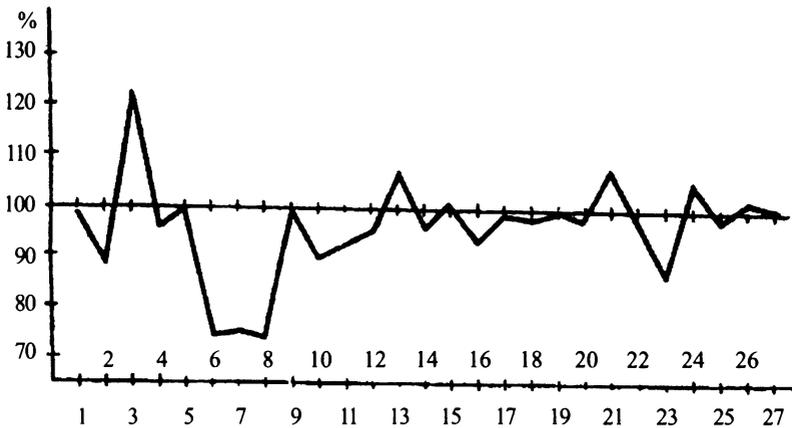


Рис. 8.3. Сопоставление морфологических и физиологических признаков у двух групп индийского населения, находящихся на разных диетах (величина признака у невегетарианца принята за 100 %):

1 — рост; 2 — вес тела; 3 — амилазная активность; 4 — кальций; 5 — хлориды; 6 — общий холестерин; 7 — свободный холестерин; 8 — эфир холестерина; 9 — креатинин; 10 — глюкоза; 11 — остаточный азот; 12 — кислая фосфатаза; 13 — щелочная фосфатаза; 14 — общий белок; 15 — pH сыворотки крови; 16 — мочевина; 17 — мочевая кислота; 18 — эритроциты; 19 — лейкоциты; 20 — лимфоциты; 21 — эозинофилы; 22 — гемоглобин; 23 — уровень седиментации; 24 — пульс; 25 — систолическое давление; 26 — диастолическое давление; 27 — температура ротовой полости

⁴ См.: Алексеева Т. И. Географическая среда и биология человека.

дователя, хорошо видны значительные различия морфофизиологических показателей уроженцев окрестностей Калькутты, принадлежащих к генетически близким группам, но живущих на разных диетах (приводится по Т. И. Алексеевой).

Человек, как и животные, считает пищу по белку, а не по общему количеству. Сбалансированность пищи по животному и растительному белку является важнейшим показателем качества пищи. По данным ЮНЕСКО до двух третей населения Земли питается несбалансированной пищей. Эта проблема охватывает всю систему ведения сельского хозяйства — от подбора видов в севооборотах до условий хранения, транспортировки и приготовления пищевых продуктов.

Таким образом, в рамках экологии человека природопользование выступает как промежуточный процесс, обеспечивающий удовлетворение основной потребности человека в пище. Другие потребности человека становятся доминантами только тогда, когда человек сыт. Не случайно в китайском языке иероглиф, выражающий понятие «мир», одновременно означает «накормить всех людей досыта».

Роль дыхания в экологии человека. Динамика численности населения

Роль дыхания в экологии человека, по-видимому, имеет то же значение, что и во всем остальном животном мире. Дыхание является самым чувствительным процессом к изменениям газового состава атмосферы. Человек может достаточно долго переносить голод, легко изменять состав потребляемых продуктов, но он совершенно беспомощен при незначительных изменениях газового состава атмосферы. Массовое осознание экологических проблем началось тогда, когда газовые выбросы заводов, автомобилей, составляющие ничтожную примесь к естественной азотно-кислородной атмосфере, стали приводить к быстрой смерти людей. Достаточно напомнить знаменитые смоги 30-х гг. в европейских

странах, трагедию Бхопала в Индии, применение хлора в Первой мировой войне и т. д. Поэтому первые природоохранные законодательные акты разных стран в XX в. связывались с обеспечением чистоты атмосферного воздуха.

По функции размножения вид *Homo sapiens* следует отнести к *r*-стратегам. В истории человечества, по-видимому, было несколько периодов быстрого увеличения численности. Выделяют две основные демографические революции. Первую связывают с развитием земледелия и датируют около 10 тыс. лет назад, вторую — с промышленной революцией XVI—XVII вв. в Европе. Существуют подсчеты абсолютного количества людей на Земле за исторический период, выполненные на основе различных косвенных сведений.

Для выяснения динамики численности населения используют следующие подходы.

- Подсчет количества окаменевших и костных остатков. Определение принадлежности их к полу и возрасту человека.
- Сведения об образе жизни. Наличие в современном человечестве групп людей разных хозяйственно-культурных типов дает возможность примерно оценить численность (плотность) людей на Земле, когда этот тип доминировал. Приведем пример такой связи (табл. 8.4).

Таблица 8.4

Связь плотности населения и способа ведения хозяйства

Хозяйственно-культурный тип	Число людей на 1 км ²
Собиратели	до 0,2
Охотники и рыболовы	до 20
Древние земледельцы	0,5—50
Пастушеские и кочевые народы	10—100
Земледельцы более поздней стадии	10—150

- Сведения о численности войск, количестве пленных, раненых и погибших.

- Сведения о смертности во время эпидемий.
- Данные переписи. В Китае, например, начали проводить перепись населения около четырех тысяч лет назад.

Наиболее часто в литературе приводится следующая динамика численности населения Земли:

25 тыс. лет назад	— 3,3 млн,
10 тыс. лет назад	— 5,3 млн,
6 тыс. лет назад	— 86,5 млн,
2 тыс. лет назад	— 330,0 млн,
300 лет назад	— 545,0 млн,
200 лет назад	— 2,4 млрд,
1975 г.	— 4,0 млрд,
2000 г.	— 6,5 млрд.

12 октября 1999 г. средства массовой информации сообщили, что на Земле появился 6-миллиардный житель. Им стал мальчик, родившийся в Хорватии.

В биологии увеличение численности любого вида рассматривается как биологический прогресс. Увеличение численности людей есть функция рождаемости, смертности, продолжительности жизни.

Р о ж д а е м о с т ь как функция группы у человека обуславливается не только биологическими свойствами, но и социальным положением людей. Биологическая способность людей к размножению вряд ли изменилась за время его исторического развития, но темпы размножения меняются заметно. Так, к 1970 г. они составляли 2,1 % в год, а к 1991 г. упали до 1,7 %. Хорошим показателем рождаемости является общая плодовитость — число детей, рождаемых женщиной за весь детородный период. Удобство этого показателя в том, что исходя из двух предпосылок — продолжительности детородного периода и интервалов между появлениями детей — может быть определена предельная и установлена желаемая плодовитость как целевая функция в регуляции численности людей. Если принять продолжительность детородного периода в 20 лет, а интервал — 2,5 года, то общая плодовитость будет равна 8. Не следует забывать, что это показатель, средний для группы, а не для отдельных особей, которые сами определяют, сколько

иметь детей и с каким интервалом. Для современного разнообразия людей определение этого показателя дает следующую картину:

— народы развитых стран: Северная Америка — 3,7; Европа — 2,7; СССР — 2,9;

— народы развивающихся стран (Африка, Юго-Восточная Азия) — 5,7;

— земледельцы-китайцы — 6—8; нигерийцы — 3—4; банту — 6;

— эскимосы Гренландии — 3—4.

Как видно из приведенных данных, полностью реализуют свои возможности китайские земледельцы, в то время как народы развитых стран не используют даже половины своих возможностей, поэтому в настоящее время каждый четвертый житель Земли — китаец.

Регуляция рождаемости возможна только через недопущение зачатий. Осуществляется это с помощью гормонов, механических атрибутов, социальных запретов (монашество, кастовость, пожизненное вдовство и т. п.).

Смертность имеет значительно больше каналов влияния на численность по сравнению с рождаемостью. К ним следует отнести стихийные бедствия (голод, землетрясения, цунами, пожары и т. д.), болезни, войны, катастрофы, аборт, детоубийство, принудительная смерть стариков, человеческие жертвоприношения по религиозным, расовым, политическим, идеологическим, материальным и другим соображениям.

Продолжительность жизни как явление, оказывающее влияние на численность населения Земли, мало изучена. Общепринятым считается увеличение продолжительности жизни в XX в. по сравнению с предыдущим временем. Однако причины остаются неизвестными. Оценка продолжительности жизни целиком связана с анализом возрастной смертности (см. лекцию 7).

Возрастная динамика смертности людей состоит из трех периодов: 1) высокой детской смертности и ее уменьшения с возрастом; 2) половозрелости, когда интенсивность смертности растет с возрастом в соответствии с законом Гомперца — Мейкема; 3) старческого периода, когда интенсивность смертности очень высока, но сравнительно медленно растет с возрастом.

Можно сформулировать три основных причины сложности изучения продолжительности жизни: развитие медицины и здравоохранения, различные условия жизни возрастных групп, сильная генетическая и социальная разнородность.

До сих пор остаются открытыми вопросы о половых различиях в продолжительности жизни, о видовом пределе, о связи продолжительности детородного периода с общей продолжительностью жизни.

Проблема продления жизни является прикладным аспектом выяснения причин старения и возрастной смертности. Не обсуждая эту весьма интересную проблему, заметим, что априори можно сказать, что увеличение продолжительности жизни еще резче поставит перед человечеством проблемы обеспечения продовольствием, чистым воздухом и водой, регуляции численности людей.

Рассмотрение проблемы связи численности людей и состояния окружающей среды в рамках концепции экосистемы (см. лекцию 2) позволяет выявить все возможные варианты такого взаимодействия. В ответ на изменения окружающей среды численность людей может увеличиться, уменьшиться или остаться неизменной. Состояние окружающей среды можно оценивать по степени ее организованности, хотя не известно, какие показатели при этом использовать: любой из них все равно будет только увеличиваться, уменьшаться либо оставаться неизменным при изменении численности людей. Возможны всего девять сочетаний состояния среды и изменения численности людей. Все они интересны для интерпретации и поиска аналогичных состояний в человеческой истории. Наибольший интерес представляет вариант увеличения численности людей, сопряженный с соответствующим увеличением организованности среды. Но это уже относится к проблеме выбора стратегии развития человеческого общества и находится в области интересов будущей теории ноосферы.

Суммируя вышеизложенное, сформулируем основные положения, рассмотренные в лекции.

- Экология человека относится к категории экологий отдельного вида и занимается изучением особенностей проявления у чело-

века функций питания, дыхания, размножения в рамках общей перерабатывающей функции живого вещества.

- Внутривидовое устройство вида *Homo sapiens* может быть структурировано по биологической и социальной компонентам. Для экологии особый интерес представляют такие внутривидовые структуры, как адаптивные типы и этнос, т. к. обе они самым тесным образом связаны с местообитанием.

- Наибольший интерес для дальнейшей разработки экологии человека представляет этнос, т. к. эта внутривидовая структура органично соединяет биологическую и социальную компоненты вида.

- Обеспечение функции питания у человека связано с формированием всей системы природопользования. При этом возникающие экологические проблемы порождают значительное количество различных экологий, отражающих соответствующие частные связи человека со своим окружением.

- Функция дыхания у человека, как и у других видов, весьма чувствительна к состоянию газовой оболочки Земли и выступает как сигнальная, свидетельствуя об изменениях в ней.

- Изменение численности людей на Земле может регулироваться, как и у других видов, путем воздействия на рождаемость и смертность. Теоретически возможен вариант увеличения численности людей на Земле при соответствующем увеличении организованности окружающей человека среды.

ЛЕКЦИЯ 9

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ КАК АСПЕКТ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Появление термина «природопользование» и превращение его в понятие. — Задачи природопользования. — Особенности представления взаимоотношений человека с окружающим миром в рамках природопользовательского аспекта. — Основные понятия природопользования: потребности, ресурс, труд и их место в структуре экосистемного представления взаимоотношений человека и природы. — Основные биологические потребности человека как основа становления социальной и духовной сфер его жизни

И чтобы землю уберечь
И нас в несчастья не вовлечь,
Природа неотступно
Сама крепит взаимосвязь,
На мудрецов не полагайся.
И чтобы мир был молод,
Царят любовь и голод!

Фридрих Шиллер

В мире есть царь,
Этот царь беспощаден.
Голод — название ему.

Н. А. Некрасов

Задачи и цели природопользования

Термин «природопользование» появился в научном обращении в конце 50-х гг. XX в. Группа членов Московского общества испытателей природы и Географического общества СССР (Ф. Н. Петров, Г. Е. Бурдин, Ю. Н. Куражковский, А. Н. Формозов, К. М. Эфрон) пришли к выводу о необходимости начать разработку нового научного направления — природопользования. После доклада Ю. Н. Куражковского на объединенном заседании обоих обществ термин сразу получил признание в научных кругах. В 1960-е гг. его стали использовать и практические работники. В первой моногра-

фии, посвященной проблемам природопользования, Ю. Н. Куражковский попытался определить круг интересов этой области знания:

Задачи природопользования как науки сводятся к разработке общих принципов осуществления всякой деятельности, связанной либо с непосредственным пользованием природой и ее ресурсами, либо с изменяющими воздействиями на нее. Конечная цель — обеспечить единый подход к природе как ко всеобщей основе труда¹.

Прошедшие десятилетия привели к появлению значительного количества определений данного термина, что и отразил Н. Ф. Реймерс. Природопользование — это:

- совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению;
- совокупность производительных сил, производственных отношений и соответствующих организационно-экономических форм и учреждений, связанных с первичным присвоением, использованием и воспроизводством человеком объектов окружающей его природной среды для удовлетворения своих потребностей;
- использование природных ресурсов в процессе общественно-го производства для целей удовлетворения материальных и культурных потребностей общества;
- совокупность воздействий человечества на географическую оболочку Земли;
- комплексная научная дисциплина, исследующая общие принципы рационального (для данного исторического момента) использования природных ресурсов человеческим обществом².

В последнее время появился термин «экология природопользования». Под ним Н. Ф. Реймерс понимает «научно-техническое направление, разрабатывающее конкретные управленческие, юридические, технологические, экономические и другие решения, улучшающие экологические параметры развития материального производства и коммунального хозяйства»³.

¹ Куражковский Ю. Н. Периодическая система экологических условий суши. Ростов н/Д, 1976.

² См.: Реймерс Н. Ф. Природопользование. М., 1990.

³ Реймерс Н. Ф. Экология: Теория, гипотезы, законы. М., 1994.

Анализ значительного количества определений понятия «природопользование» показывает, что все их можно разделить на две основных группы, отражающие направление мысли в этой области знания:

1) природопользование как научное направление, изучающее принципы рационального природопользования природных объектов (включая анализ антропогенных воздействий на природу и их последствий);

2) природопользование как сфера общественно-производственной деятельности человека, направленная на удовлетворение потребностей человечества с помощью природных ресурсов.

Много копий сломано по поводу определений «рационального» и «нерационального» природопользования. Не анализируя эти попытки, сделаем только одно замечание: обсуждения понятия рациональности возможно только в рамках какой-либо общей картины мира. Физическая картина мира, принятая в настоящее время цивилизованным обществом, не включает жизнь (живое) как обязательный элемент мироздания. Поэтому все рассуждения о рациональности, экологически обоснованных решениях теряют смысл, т. к. они требуют введения нравственных критериев, которые присущи только живому. Конструктивное обсуждение этих вопросов возможно в рамках натуралистической картины мира, которая еще не стала общепринятой.

Природопользование обычно отделяют от экологии, что создает иллюзию независимости от биологической основы его возникновения. В настоящее время, природопользование выступает как главный канал связи человека с окружающим миром, что позволяет считать его одним из разделов экологии человека.

Природопользование как механизм реализации потребностей человека

Общей чертой всех определений понятия природопользования является то, что человек в рамках этого аспекта рассматривается через понятие потребности, а окружающая его среда — как

ресурс. Представим это в виде следующей схемы как основы для всех дальнейших размышлений:

человек ↔ окружающая среда;
потребность ↔ ресурс.

Представление человека через его потребности, а окружающей среды в виде ресурса не является чем-то новым для науки и практической деятельности. Другое дело, что в рамках логики экосистемного выражения всех взаимодействий человека с окружающим миром оно выступает как один из частных вариантов и соответственно требует введения собственного понятийного аппарата и характеристик для его описания.

Рассмотрим основные понятия этого взаимодействия.

Потребность есть нужда в чем-либо объективно необходимом для поддержания жизнедеятельности и развития организма, личности, группы людей, общества в целом; внутренний побудитель активности.

В психологии потребность рассматривается как особое состояние психики индивидуума, ощущаемое или осознаваемое им «напряжение», «неудовлетворенность» — отражение несоответствия между внутренним состоянием и внешними условиями его деятельности; обнаруживается во влечениях и мотивах.

Потребности, осознанные обществом, группами, индивидуумами, выступают как их ресурсы.

Потребности личности образуют определенную иерархию, основой которой являются витальные (пища, вода, воздух, размножение) потребности. На их основе формируются уровни социальных потребностей, высшее проявление которых — потребность в самореализации, самоутверждении, т. е. в творческой деятельности.

В рамках экологии человека все его потребности можно разделить на две основные группы: 1) наследуемые (биологические) и 2) ненаследуемые (социальные, духовные). Рассмотрим особенности выделенных групп потребностей (табл. 9.1).

В цивилизованной части современного мира реализуется явный примат удовлетворения социальных потребностей, что

Таблица 9.1

*Сравнительная характеристика основных групп
потребностей человека*

Наследуемые (биологические)	Ненаследуемые	
	социальные	духовные
Определяют основу жизни человека (питание, дыхание, размножение)	Определяют уровень социального статуса человека в группе	Определяют уровень духовного развития отдельной личности
Адекватны окружающей среде	Могут быть адекватны и неадекватны среде	Могут быть адекватны и неадекватны миру индивидуума
Удовлетворенные потребности требуют повторения, но не порождают новых потребностей	Удовлетворенные потребности требуют повторения и порождают новые потребности	Удовлетворенные потребности требуют повторения, но необязательно порождают новые
Удовлетворение потребности совершается индивидуально	Удовлетворение потребностей требует оценки других людей, носит коллективный характер	Удовлетворенные потребности не обязательно требуют оценки других людей, т. к. индивидуальны
Мотивируются внутренними процессами, протекающими в организме	Мотивируются внешней средой	Мотивируются внутренними и внешними процессами
Не могут быть отменены или заменены	Могут быть изменены, отменены, заменены	Могут быть изменены, отменены, заменены
Являются отправлениями отдельного организма	Являются отправлениями отдельного организма и группы	Являются отправлениями отдельной личности

затеняет роль биологических и духовных в жизни человека. Общество потребления — это идеал современной цивилизации.

В конце XVIII в. о судьбе такого общества предупреждал Ж. Б. Ламарк:

Человек, ослепленный эгоизмом, становится недостаточно прудумительным даже в том, что касается его собственных интересов. Вследствие своей склонности извлекать наслаждения из всего, что находится в его распоряжении, одним словом — вследствие без-

заботного отношения к будущему и равнодушия к себе подобным, он сам как бы способствует уничтожению средств к самосохранению и тем самым — истреблению своего вида. Ради минутной прихоти он уничтожает полезные растения, защищающие почву, что влечет за собой бесплодие и высыхание источников, вытесняет обитавших вблизи них животных, находивших здесь средства к существованию, так что обширные пространства земли, некогда очень плодородные и густо населенные разного рода живыми существами, превращаются в обнаженные, бесплодные и необитаемые пустыни. Подчиняясь своим страстям, не обращая внимания ни на какие указания опыта, он находится в состоянии постоянной войны с себе подобными, везде и под любым предлогом истребляя их, вследствие чего народности, весьма многочисленные в прошлом, мало-помалу исчезают с лица Земли. Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания.



Жан Батист Ламарк
(1774—1889)

В истории науки Ламарк известен прежде всего как создатель первой целостной концепции эволюции живой природы, изложенной в книге «Философия зоологии» («Philosophie zoologique», 1809)⁴.

Прогноз Ж. Б. Ламарка находится в полном соответствии со вторым законом эволюции биосферы В. И. Вернадского, но человек — единственный биологический вид на Земле, осознавший свою эволюцию и потому получивший право выбора своей судьбы. Сумеет ли он разумно его использовать? Вариантов выбора всего два:

1. Ничего не предпринимать. Оставить все как есть. Сделать вид, что проблемы не существует. Итог описан в прогнозе Ж. Б. Ламарка.

2. Приступить к изменению сложившейся ситуации. Возможны два направления:

- принять за идеал общество потребления и продолжать осознанно интенсифицировать процесс удовлетворения социальных потребностей (конечный результат такой же, как и в первом варианте);

⁴ Ламарк Ж. Б. Избранные произведения: В 2 т. М., 1955—1959.

- отказаться от безграничного удовлетворения потребностей, свести их к разумному уровню, на первый план выдвинуть удовлетворение духовных потребностей личности; в этом случае необходима стабилизация уровня удовлетворения как биологических, так и социальных потребностей.

В конечном итоге все разнообразие существующих и будущих потребностей (биологических, социальных, духовных) удовлетворяется за счет окружающей его среды, а основным механизмом реализации в рамках экологии человека выступает природопользование.

Природопользование есть непрерывный процесс реализации механизмов удовлетворения потребностей человека (организма, личности, группы, общества).

Любой процесс реализуется в двух ипостасях — структурной (технологической) и управленческой. В природопользовании как процессе также следует выделять технологический и управленческий аспекты. Принципиальные основы этих аспектов рассмотрим несколько позднее.

Принципиальная невозможность отменить или заменить основные биологические потребности (рассматриваемые в предыдущих лекциях как процессы): питание, дыхание, размножение, — в данном разделе экологии человека выявляет свои другие аспекты. Неразрывность этой триады свидетельствует о том, что каждая из них имеет свою область проявления, представляющую интерес для процесса природопользования (табл. 9.2).

- Потребность в оставлении потомства является высшей интегративной функцией любого живого организма (вида). Человек не является исключением из этого правила. В рамках природопользования наиболее существенными особенностями данной потребности являются следующие:

- непосредственное удовлетворение потребности не приводит к каким-либо изменениям в окружающей среде, т. к. необходим только сексуальный партнер;

- проявляется только в определенный (детородный) период постэмбрионального развития;

Таблица 9.2

*Сравнительная характеристика
основных биологических потребностей человека*

Показатели	Потребности		
	Размножение	Дыхание	Питание
Форма проявления	Половое	Аэробное	Всеяден
Основная функция	Воспроизводство себе подобных	Регуляция основного обмена организма	Обеспечение всей жизнедеятельности организма
Необходимое условие удовлетворения	Сексуальный партнер	Наличие определенной концентрации кислорода в атмосфере	Разнообразие растительного и животного мира, грибов, микроорганизмов
Время наибольшего проявления в ходе индивидуального развития	Детородный период	Весь постэмбриональный период	Весь постэмбриональный период
Глобальные следствия удовлетворения	Изменение численности людей на Земле	Участие в газовой функции всего живого вещества	Изменение состояния окружающей среды

— воздействие на окружающую среду проявляется через конечный результат ее реализации для всего вида — изменение численности людей на Земле, что фактически формирует основную экологическую проблему современного мира — демографическую;

— формы удовлетворения этой потребности не представляют интереса для природопользования (желающим ознакомиться с данным вопросом можно порекомендовать великолепную научную сводку профессора Уральского университета им. А. М. Горького Ю. И. Новоженова⁵).

• Потребность в дыхании задается человеку в постэмбриональный период с первого вдоха в момент рождения и до по-

⁵ См.: Новоженов Ю. И. Статус-секс и эволюция человека. Свердловск, 1991.

следнего выдоха при переходе в иной мир. На протяжении всей жизни дыхание осуществляется автоматически, что лишает человека какого-либо выбора в удовлетворении этой потребности. Назначение дыхания — регуляция основного обмена в организме, который оценивается по количеству поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа. Поэтому даже незначительные изменения в составе атмосферного воздуха — повышение или уменьшение содержания кислорода, углекислого газа, каких-либо примесей — благодаря дыханию сразу же становятся «известны» организму. Человек совершенно беспомощен даже при незначительных изменениях газового состава атмосферы. Массовое осознание экологического неблагополучия современного мира началось тогда, когда газовые выбросы заводов, автомобилей, составляющие ничтожную примесь к естественной азотно-кислородной атмосфере, стали приводить к быстрой смерти людей (еще раз напомним знаменитые смоги 30-х гг. в европейских странах, трагедию Бхопала в Индии, применение хлора в Первой мировой войне и т. д.). Не случайно первые природоохранные законодательные акты разных стран в XX в. связывались с обеспечением чистоты атмосферного воздуха.

• Потребность в пище задается человеку с момента рождения и до кончины. В отличие от предыдущих потребностей она обладает следующими особенностями:

— требует постоянного удовлетворения (обслуживания) на протяжении всего индивидуального развития;

— занимает значительное время в общем балансе биологических и социальных отправлениях организма;

— для своего удовлетворения требует разнообразия растений, животных, грибов, микроорганизмов;

— оказывает прямое влияние на состояние окружающей среды за счет изъятия растений, животных, грибов, микроорганизмов.

Таким образом, потребность в пище — единственная из неразделимой триады, которая не только оказывает прямое воздействие на состояние окружающей среды, но и нуждается в постоянном, ежедневном обслуживании на протяжении всего индивидуального

развития. Это дает право считать потребность в пище (и воде как неизменной ее спутнице) главной в формировании системы природопользования.

Рассмотрим два основных аспекта связи биологической потребности в пище, возможностей окружающей среды в ее удовлетворении и становлении природопользования как основного связующего их канала.

1. Трофическая (пищевая) структура живого мира организована по типу цепной связи и носит название пищевых цепей (сетей). К особенностям проявления потребности в пище у человека можно отнести его всеядность и отсутствие запретов на размеры потребляемых организмов. Следствием этих особенностей является более сильное, чем у строгих травоядных или хищников, влияние на окружающую среду. Используя в пищу растения, животных, грибы, микроорганизмы, уничтожая хищных зверей как своих конкурентов, человек является единственным видом, способным изменять существующие в природе пищевые взаимоотношения на всех звеньях пищевых сетей, что и определяет его как основного регулятора трофической структуры всего живого мира.

2. Освоение огня есть решающий момент общего усиления перерабатывающей функции человека и становления его в роли главного вершителя судеб не только отдельных видов растений и животных, но и других земных процессов — геологических, географических, геохимических.

Для удовлетворения потребности в пище освоение огня имело для человека в плане формирования системы природопользования, как минимум, два важных следствия.

Переход на жареную и вареную пищу. В сыром виде биологическая потребность одного человека в пище составляет примерно одну тонну в год. Средний американец потребляет в настоящее время 2—3 т в год. Получается, что современный человек цивилизованного мира съедает в два-три раза больше, чем далекий предок. Изменение пищеварительной системы человека в связи с переходом на вареную и жареную пищу имело место, но оно в основном связано с трансформациями микрофлоры желудочно-кишечного тракта и поэтому никак не может объяснить такое увеличение

потребления пищи. Логичнее этот процесс связать с увеличением потерь исходного сырья при его переработке. Котлеты, бифштексы, колбасы и т. п. оборачиваются для природы все большим давлением на живой мир планеты. Возврат человечества к сыроедению невозможен, но понимать, что чем глубже переработка пищевого сырья, тем больше надо исходного материала, необходимо для оценки различных диет и расчета норм потребления продуктов питания.

Необходимость делать запас пищи. Проблема запаса пищи существует для многих биологических видов, хотя основная масса предпочитает обходиться без него. Виды, делающие запасы пищи, решают эту проблему двумя основными путями — одиночным или групповым созданием и потреблением пищевых запасов, что можно выразить следующей схемой (рис. 9.1).



Рис. 9.1. Единоличное и групповое создание и потребление пищи

Первый путь наиболее широко распространен в живом мире и обеспечивает благополучие отдельного организма. В растительном мире создание запаса питательных веществ осуществляется за счет использования каждой особью собственных органов — листа, стебля, корня, семени. В животном мире данный способ отчетливо проявляется у тех животных, что на неблагоприятный период уходят в спячку — медведь, суслик, сурок и т. п. Создание запаса пищи вне организма может осуществляться двояким способом:

— отдельной особью, как безадресное — для себя и для других организмов (белка, бурундук, мыши, бобры и т. д.);

— хорошо организованной группой, для всех ее членов (пчелы, муравьи, осы, термиты). Изучение жизни последней группы животных показывает, что при такой форме запасаения пищи формируется

структура, разительно напоминающая устройство человеческого общества. У них отмечается наличие всех основных звеньев технологического цикла, свойственного организационной структуре природопользования и у человека⁶.

Рассмотрим подробнее роль запаса пищи в становлении процесса природопользования у человека (рис. 9.2).

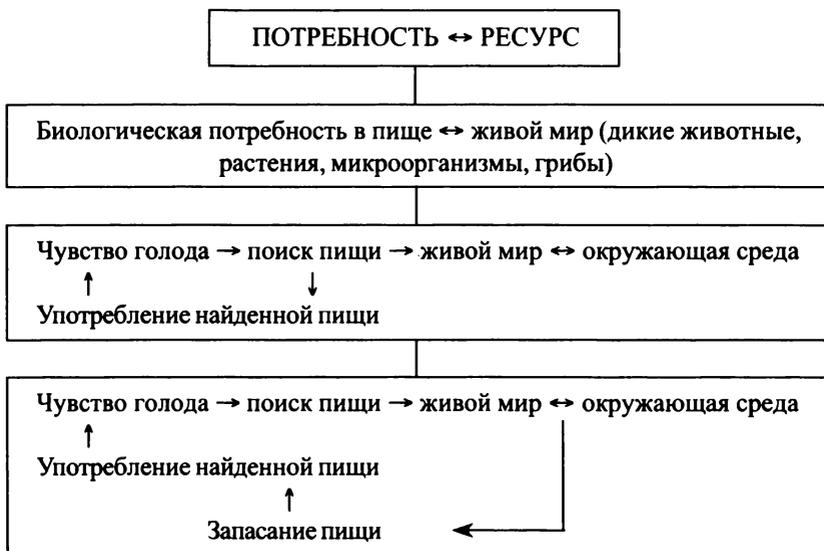


Рис. 9.2. Потребность в пище как исходный момент формирования процесса природопользования

Первый вариант детализирует общее базовое представление экологических взаимодействий для рассматриваемой потребности. Потребность в пище у человека удовлетворяется всей совокупностью живого мира.

Второй вариант есть продолжение детализации биологической потребности в пище. Потребность проявляется через чувство голода, что заставляет человека осуществлять соответствующий поведенческий акт, вкладывая в этот процесс физические и умственные усилия. Объектом их приложения является весь живой мир,

⁶ См.: Тинберген Н. Социальное поведение животных. М., 1993. С. 174 .

выбирая из которого нужные (в данном случае съедобные) виды, человек неизбежно начинает изменять окружающую среду не только прямым способом — изменением численности отдельных видов, но и косвенно, нарушая сложившиеся экологические взаимоотношения этих видов со своим окружением. Появляется два взаимосвязанных цикла изменений окружающего мира: один замкнут непосредственно на человека (чувство голода ↔ живой мир), другой выступает как следствие первого (живой мир ↔ окружающая среда). Процессы, происходящие во втором цикле, ничем не отличаются от обычных трофических взаимодействий между видами до тех пор, пока человек не начинает брать больше, чем он может сразу же использовать в пищу.

Формирование запаса пищи является тем первым шагом в направлении появления новых потребностей, которые в конечном итоге приведут к такому изменению среды, что ее придется дифференцировать как минимум на три: 1) природная, 2) социальная, 3) духовная. Стадный образ жизни предков, освоение огня, невозможность накапливать запасы пищи в своем теле фактически определили человечеству единственный путь создания запаса продовольствия — групповой.

Необходимость поддерживать огонь объективно снижала маневренность первобытного стада (группы) и тем способствовала оседлости, что, в свою очередь, приводило к функциональной дифференцировке особей внутри группы.

Охотники, оставляя у костра женщин, стариков, детей, теперь должны были приносить пищи столько, чтобы ее хватило до следующего раза. Необходимость создавать запас пищи становится неизбежной. Вместе с его созданием сразу появляются проблемы его сохранения, охраны и распределения. Другими словами, создание запаса пищи на группу потребовало от человека реализации всей технологической цепочки природопользования.

Простое собирательство, охота, рыболовство позволяют начать процесс формирования запаса пищи, но не гарантируют его постоянства. Природные катаклизмы — бури, наводнения, похолодания, засухи, эпизоотии и т. п. — могут сильно уменьшить возможности создания запаса пищи: растения могут не вырасти, животные отко-

чуют, рыба уплывет. Не так уж много надо было умственных усилий, чтобы заметить, что оброненные или выброшенные семена или плоды рядом с местом проживания прорастают и дают урожай, кабана или оленя лучше не убивать сразу, а поймать и привести к стойбищу, где его съедят в нужное время. Для групп людей, сумевших взять в руки огонь, эти действия были значительно проще. Начало земледелия и скотоводства уходит в глубочайшую древность. Наиболее известными, но, возможно, не самыми ранними являются земледельческие цивилизации Месопотамии и Египта.

Процесс совершенствования сельскохозяйственного производства протекал достаточно медленно. Он происходит и сейчас, и будет происходить все время, пока будет существовать человек.

Абсолютное большинство населения любой страны причастно к обслуживанию потребности в пище. Рассмотрим предельно упрощенный вариант. Количество людей на Земле — 6,5 млрд. Каждому из них необходимо хотя бы один раз в день съесть 50 г хлеба и выпить стакан воды. Конечно, на таком рационе долго не проживешь, но не в этом суть. Важно постоянство потребления. Кто-то должен посеять пшеницу, рожь, кукурузу, вырастить, убрать, переработать, испечь хлеб и доставить его к нам на стол, чтобы мы могли поесть его ежедневно. Для обеспечения этой цепочки нужно иметь сельскохозяйственные машины, перерабатывающее оборудование, топливо и т. п., что, в свою очередь, потребует металла и других материалов, которые тоже кто-то должен найти: руду добыть, металл выплавить и обработать, машину спроектировать и т. д. Начнем приближать ситуацию ближе к реальности. На одном хлебе и воде не проживешь, необходимо разнообразие. Да и есть, сидя под кустом в костюме Адама, тоже не очень комфортно. Появляются еще две необходимых цепочки: производство, сохранение и распределение одежды и помещений для приема пищи — индивидуальных, семейных, общественных. Сделаем еще одно усложнение: есть хочется не один раз в день, а хотя бы два-три; хочется быть спокойным, что никто не отнимет кусок хлеба, а для этого нужна охрана (армия). Вот и становится понятным, что за спокойным ежедневным актом приема пищи стоят промышленное и сельскохозяйственное производство, силовые структуры, сфера услуг.

Особое место в технологической цепочке формирования и использования запаса имеет функция распределения. Огонь и оседлость разделили первобытное стадо на две группы — добытчиков и потребителей. Неизбежно появление двух лидеров: у добытчиков — мужчина, у потребителей у костра — женщина. Проявление всех вариантов сочетания матриархата и патриархата становится объективной реальностью. Кто распределяет пищу, тот и главный. Зарождение и становление властных структур, бюрократии, чиновничьего беспредела стало возможным только благодаря функции распределения запаса, прежде всего запаса пищевых продуктов. В настоящее время в цивилизованном мире эта функция проявляется в основном в форме денежных выплат и всяческих льгот. Именно распределение запаса всего, что только создал человек, составляет основу существования социальной сферы. Замкнутость групп людей, осуществляющих функцию распределения, на самих себя, удаленность от первичного производства запаса, обеспеченность всем необходимым для жизни объективно приводят к формированию социальных потребностей, не адекватных природным процессам того или иного региона.

Зарождение и становление духовных потребностей неразрывно связано с появлением устойчивого запаса пищи. Жрецы, шаманы, религиозные деятели, художники, музыканты, писатели, ученые всегда освобождались от необходимости самим производить продукты питания, одежду, строить жилища и т. п. За это освобождение они должны были расплачиваться идеями, рисунками, фресками, скульптурами, музыкальными и художественными произведениями и т. п., основное назначение которых разъяснять другим людям смысл жизни. Духовный мир человека индивидуален, и поэтому восприятие предлагаемых разъяснений смысла жизни одни люди воспринимают, а другие отрицают. Индивидуализация духовных потребностей сближает их с биологическими, а не социальными потребностями. Поэтому роль духовных потребностей в реализации распределительной функции значительно ниже социальных. «Одухотворение» социальных потребностей может быть одним из постулатов теории ноосферы.

Таким образом, групповой путь создания запаса продовольствия объективно заставил человека реализовывать сразу всю технологическую цепочку: формирование запаса — его переработка — сохранение и охрана — распределение. Все природопользование до настоящего времени реализует именно эту технологическую схему, только в более разветвленном варианте. Исключительно важно, что выпадение любого из звеньев сводит на нет все усилия по созданию запаса.

Запас пищи позволил:

- обеспечить более равномерное качественное питание в течение всего года и относительную независимость от внешних условий, что способствовало появлению более здорового потомства;
- увеличить радиус расселения;
- содержать людей, не занятых в прямом добывании пищи, — стариков, детей, больных и т. д.;
- усилить дифференцировку труда и, как следствие, сформировать специализированные группы людей, занятых только в отдельных звеньях технологической цепочки;
- резко усилить управленческую деятельность через функцию распределения;
- начать процесс формирования сельскохозяйственного и промышленного производства;
- заложить основы социальной и духовной сфер жизни человека;
- начать производить обмен товарами.

Сделаем заключение.

В основе процесса природопользования лежит необходимость создания запаса любых материалов, служащих для удовлетворения любой потребностей человека.

Природа рассматривается как все сущее, весь мир в многообразии его форм. Термин употребляется наряду с такими понятиями, как материя, универсум, Вселенная. В экологии человека природа рассматривается как совокупность естественных условий существования человеческого общества. Использует-

ся и понятие «вторая природа», под которым понимаются созданные самим человеком материальные условия его существования или осуществление обмена веществ между человеком и природой. Дальнейшее сужение понятия природы связано с термином «природная среда» (окружающая природная среда), которая рассматривается как природная часть среды обитания и производственной деятельности человечества. В конечном итоге, в природопользовании природа выступает как ресурс, служащий для удовлетворения потребностей индивидуума, группы, общества в целом.

Термин «ресурс» происходит от фр. *ressource* — вспомогательное средство, ценности, запасы, возможности, источники средств, доходов.

В природопользовании существует достаточно много определений понятия «ресурс», но через все определения красной нитью проходит мысль, что ресурсы — источник удовлетворения потребностей человека. Еще более кратко об этом высказался Тилман: «...Все, что потребляет организм человека, составляет его ресурс»⁷.

Ресурс — это природное образование (объект — минерал, живой организм, река, почва, гора и т. д.), доступное для использования человеком (с у щ н о с т н ы й п л а н).

Ресурс есть природные и измененные человеком объекты (тела, процессы, явления), для которых имеются способы (технологии) использования в деятельности человека (д е я т е л ь н о с т н ы й п л а н).

Из определения следует принципиально важное следствие: удовлетворение потребностей приводит к уменьшению запаса ресурсов. Скорость использования лежит в основе деления их на исчерпаемые и неисчерпаемые, а наличие или отсутствие технологии использования — в основе деления на потенциальные и реальные.

В зависимости от решаемых задач выделяют материальные, трудовые, природные, финансовые и т. п. ресурсы. Сформулирова-

⁷ *Tilman D. Resource Competition and Community Structure. Princeton: Princ. Univ. Press, 1982.*

но понятие интегрального ресурса как системной совокупности всех видов природных ресурсов — вещественных, энергетических, информационных факторов жизни общества в сочетании с материальными и трудовыми.

Главной особенностью любого ресурса является его полифункциональность, понимаемая как способность удовлетворять более одной потребности. Например, растительный покров планеты удовлетворяет пищевые, топливные, эстетические, лечебные, красильные и т. п. потребности.

Необходимость разрабатывать технологии использования объектов окружающего нас мира позволяет сделать вывод, что ресурсы формируются в результате приращения наших знаний и, как следствие, появления новых потребностей. Знания есть продукт мыслительной деятельности человека, и поэтому умножение ресурсов можно рассматривать как один из итогов ее реализации. С этой точки зрения исчерпаемыми могут быть только объекты природные или измененные человеком, а неисчерпаемой является *мысль*, которая и может рассматриваться как основной ресурс человека⁸. Забегая вперед, отметим, что идею ноосферы В. И. Вернадский обосновал, базируясь на исследовании как природной, так и социальной реальности, но положив в основу учение об эволюции материи. В рамках геологической эволюции Вернадский видел этапы «косной» материи, затем — «живой», в своем единстве образовавших биосферу; следующей ступенью было появление человека и человеческого общества. И, наконец, «под влиянием научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние — ноосферу».

При таком подходе к пониманию ресурсов проблема их истощения в связи с развитием человеческого общества переводится с технологического на управленческий уровень.

Разработка в «запас» технологий использования новых объектов становится одним из условий устойчивого развития, т. к. позво-

⁸ Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М., 1977.

ляет заранее быть готовыми к смене его вещественного, энергетического и информационного обеспечения.

Взаимодействие потребностей и ресурсов осуществляется посредством трудовой деятельности человека. Поэтому ее можно рассматривать как своеобразную форму проявления поведенческой реакции человека в рамках понятийного аппарата природопользования. Классическое определение труда, данное К. Марксом еще в XIX в., точно отражает его место в структуре экосистемных взаимодействий:

Труд есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой, процесс, в котором человек своей собственной деятельностью опосредует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой. <...> ...Труд есть целесообразная деятельность для созидания потребительных стоимостей... вечное естественное условие человеческой жизни⁹.

Труд может быть рассмотрен как предельное средство реализации перерабатывающей функции человека, обеспечивающей его адаптацию к окружающему миру. Совершенствование процесса трудовой деятельности выступает как механизм адаптации, реализуемый в форме дифференцировки труда. Количество и качество различных форм труда есть характеристика связей между человеком и окружающим миром.

В зависимости от решаемых задач выделяют разные формы труда: коллективный/индивидуальный; физический/умственный; добровольный/принудительный и т. д. Для экологических взаимодействий, реализуемых на уровне потребность ↔ ресурс, лучше всего подходит разделение на управленческий и исполнительный труд, т. к. это соответствует сути природопользования как процесса.

Вещественно-энергетические каналы взаимодействия человека с окружающим миром в рамках природопользования реализуются в форме его технологических аспектов, а информационные — в форме управленческих.

⁹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 23. С. 195.

Технологические аспекты природопользования

Технология (от гр. τέχνη — искусство, мастерство, умение и λόγος — учение) определяется как операции по добыче, обработке, транспортировке, хранению и контролю в структуре общего производственного процесса.

Используемые определения технологии как научной дисциплины или совокупности методов производственного процесса являются частными аспектами этого общего определения.

Технологические аспекты природопользования составляют его основу и реализуются в большом количестве частных технологий и их вариаций в зависимости от характеристик самого объекта, выступающего в качестве ресурса, а также географического места их применения.

В общем плане технологии могут быть разделены на 1) поисковые, 2) добывающие, 3) перерабатывающие, 4) технологии хранения и охраны, 5) технологии потребления (сферы услуг), 6) технологии распределения.

Рассмотрение особенностей каждой из этих групп технологий составляет основу подготовки соответствующих отраслевых специалистов, поэтому не является объектом наших интересов.

Последняя группа технологий формирует управленческий аспект природопользования и будет рассмотрена отдельно.

Любая технология реализуется по принципу пищевой цепи или сети и поэтому требует учета расхода вещества и энергии на процессы самоподдержания каждого звена и производство того продукта, который будет передан следующему звену. В то же время реализация любой технологии для удовлетворения потребностей человека всегда имеет отходы, получившие названия техногенных загрязнений.

В общем виде они подразделяются на вещественные (газообразные, жидкие, твердые) и энергетические (теплота, шум, вибрации, электромагнитные и ионизирующие излучения).

Законы природы не позволяют рассчитывать на создание технологий, полностью свободных от отходов. Все виды энергии в конечном итоге превращаются в тепловую энергию, и поэтому тепловые отходы всегда будут. Природный круговорот веществ фактически создал и продолжает это делать до сих пор за счет своих «отходов» современные геологические оболочки — атмосферу, гидросферу, литосферу. Вопрос может стоять только об уменьшении общего количества отходов и их качественном составе, приближающемся по своим характеристикам к природным соединениям. Поэтому в настоящее время идет процесс разработки ресурсосберегающих технологий. Эта задача является основополагающей для стремительно развивающейся прикладной экологии — раздела общей экологии, иначе называемой еще инженерной (или промышленной) экологией¹⁰.

В широком смысле прикладная экология занимается изучением механизмов разрушения биосферы человеком, способов предотвращения этого процесса и разработкой принципов рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни. В узком смысле она связана с разработкой норм использования природных ресурсов и среды жизни, допустимых нагрузок на них, форм управления экосистемами различного иерархического уровня. Промышленная экология — раздел экологии, изучающий воздействие промышленности (от отдельных предприятий до техносферы) на природу и влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Необходимость учета географической (ландшафтной) компоненты усложняет процесс разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий, но только этот путь способен оказать решающее влияние на изменение мировоззренческих установок всех практических работников — от изыскателей до эксплуатационников. Введение различных форм нормирования воздействия человеческой деятельности на окружающий мир (ПДК, ПДВ и т. д.) является первым шагом в этом направлении, т. к. эти нормы пока еще имеют

¹⁰ См.: Мазур И. И., Молдаванов О. И. Курс инженерной экологии. М., 1999. С. 448.

усредненный характер и практически не привязаны к конкретным ландшафтам. Но главное, надо начать двигаться в этом направлении.

Разнообразие природных ландшафтов может быть классифицировано по разным характеристикам. В рамках природопользования может быть достаточно продуктивно использована представленная ниже классификация по И. И. Мазуру и О. И. Молдаванову.

- **Уникальные и типичные.** По своей значимости являются эталонными, и поэтому их необходимо сохранять в первоначальном состоянии, объявляя памятниками природы, заповедниками, национальными парками и т. п. К этой же категории следует относить также ландшафты, значительно измененные человеком и представляющие культурное наследие.

- **Рекреационные ландшафты.** По своей значимости они играют решающую роль в формировании комфортных условий жизни человека. К ним следует относить курортные зоны, зеленые зоны внутри и вне городской черты, заказники разного назначения, охотничьи и рыболовные угодья. Антропогенная нагрузка должна быть адекватной их назначению. Компенсационные способности ландшафтов должны быть поддержаны соответствующими управленческими и инженерными решениями.

- **Ландшафты месторождений полезных ископаемых.** Изменения их неизбежны. Степень нарушения пропорциональна запасам и обратно пропорциональна содержанию полезного компонента. Необходимо предусматривать восстановительные мероприятия уже на стадии обсуждения возможностей использования месторождения и их реализации как в процессе эксплуатации, так и на конечной стадии.

- **Сельскохозяйственные ландшафты.** Одни из наиболее измененных человеком. Больше всех остальных требуют учета географической зональности, реализуемой в форме разработки районированных систем земледелия.

- **Лесные ландшафты.** Степень антропогенного воздействия зависит от доступности. Ежегодно подвергаются сильному пирогенному воздействию естественного и антропогенного происхождения.

- **Непродуктивные ландшафты.** Малопригодны или совсем непригодны для сельскохозяйственного или рекреационного использования. Не содержат полезных ископаемых. В зависимости от доступности могут быть использованы для промышленного и гражданского строительства или как резервный фонд страны.

Для нашей страны эта классификация требует привязки к конкретным географическим условиям.

Управленческие аспекты природопользования

Управленческая деятельность присуща не только человеку, но и животному миру. Наиболее отчетливо она начинает проявляться у животных с выраженной заботой о потомстве (медведей, волков, шимпанзе, горилл и т. д.). Воспитание нового поколения — одна из наиболее ранних форм управленческой деятельности.

У п р а в л е н и е — процесс организации взаимосвязей между какими-то составляющими, приводящий к намеченным результатам.

Организация взаимосвязей возможна только при наличии готовых компонентов, между которыми надо установить связи и цель, ради которой это надо делать.

Для природопользования конечная цель управления может быть сформулирована как достижение удовлетворения потребностей человека с минимальными изменениями среды. В качестве компонентов выступают потребность человека и объект среды, способный ее удовлетворить. Поэтому управляющее воздействие может быть направлено как на потребность, так и на ресурс.

Рассмотрим управляющие воздействия на основные биологические потребности.

- Управляющее воздействие на процесс размножения заключается в принятии законодательных актов, стимулирующих или, наоборот, ограничивающих рождаемость.

- Управляющее воздействие на процесс дыхания заключается в сохранении чистоты атмосферного воздуха, реализуемое за ко- нодательным и технологическим путем.

- Управляющее воздействие на процесс питания заключается в пропаганде оптимальных режимов количественного, качественного и временного потребления пищевых продуктов.

- Управляющие воздействия на ресурсы могут осуществляться в форме жесткого и мягкого воздействия.

Под жестким управлением понимается непосредственное прямое воздействие на ресурс. Например, распашка земель, строительство каналов, плотин, населенных пунктов и т. п. С одной стороны такое управление позволяет быстро и эффективно (на данный момент) решить проблемы удовлетворение потребностей, а с другой — чаще всего приводит к необратимому преобразованию ресурсов. Именно такой тип управляющего воздействия несет ответственность за образование на лике земной поверхности большинства пустынь. Нарушенный такими воздействиями почвенный покров не может восстановиться до зонального уровня даже за тысяче-летия.

Мягкое управление выражается в учете и использовании естественных механизмов саморегуляции, которыми обладает тот или иной ресурс. Например, вырубка леса сплошными лесосеками (жесткое управление) считается экономически выгодным воздействием, а выборочно (мягкое управление) — невыгодным. Однако при учете вложения средств в ликвидацию долгосрочных нарушений при сплошной рубке (прежде всего — нарушение среды самого леса) она оказывается неэкономичной по сравнению с выборочной (сохраненная среда леса позволяет дешевле проводить лесовосстановительные работы).

Ранее отмечалось, что распределительная функция в технологической схеме формирования запаса явилась самым мощным стимулом совершенствования управленческого труда. Процесс продолжается до сих пор. Управление осуществляется по своей технологической схеме, в основе которой лежит принцип обратной связи. Он реализуется в форме «кнута и пряника» (стимула и наказания), положительной и отрицательной обратной связи. Все ис-

кусство управления заключается в дозировании в нужное время и в нужном месте технологического процесса стимула или наказания (положительной или отрицательной обратной связи).

Кроме крайних вариантов управленческого воздействия — жесткого и мягкого, следует выделить технологическое воздействие как форму управления механизмом реализации этих двух крайних вариантов.

Итак, многоступенчатость управленческой и исполнительной иерархии порождает промежуточные цели, которые в природопользовании могут оказывать существенное влияние на достижение конечной цели.

ЛЕКЦИЯ 10

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА (общество ↔ природа)

Понятие общества. — История человеческого общества как процесс реализации экологических взаимодействий. — Современное состояние человеческого общества

Человечеству угрожают три вещи: невежество священнослужителей; атеизм ученых; безответственность демократов.

Пифагор Самосский



Понятие общества

Из достаточно большого количества определений понятия «человеческое общество» воспользуемся самым общим, отражающим главные отличия его от понятия «биологический вид».

Человеческое общество — совокупность исторически сложившихся к настоящему времени форм совместной деятельности всех людей на Земле.

Из определения следует, что объединение всех людей в единое целое происходило постепенно и основывалось на проявлениях деятельности как формы взаимосвязей и взаимозависимостей.

К началу XXI в. человечество, в отличие от других биологических видов, представляет собой достаточно хорошо выраженное единое целое, охватывающее практически всю сушу поверхности Земли. Внутривидовые группы людей, ведущие обособленный образ жизни, видимо, сохранились только в тропических лесах бассейна реки Амазонки и других очень труднодоступных местах.

В основе сплочения людей в единое целое лежит процесс дифференцировки труда (деятельности), приводящий, с одной стороны,

к формированию значительного количества новых внутривидовых групп, а с другой — инициирующий процесс интегрирования, приводящий также к появлению новых групповых объединений. Изучением этого явления занимается значительный цикл гуманитарных наук.

Процесс становления современного общества описывается разными специалистами в зависимости от их интересов. Для экологии человека все они представляют определенный интерес, т. к. отражают различные формы проявления экологических взаимодействий, выраженных в рамках своего понятийного аппарата. Для нашего аспекта выделим крайнюю форму проявления этих взаимодействий, получившую названия экологических катастроф и экологических кризисов (см. лекцию 1).

Экологическая катастрофа и экологический кризис

Все изложенное в предыдущих лекциях приводит к неизбежному выводу, что глобальные изменения (экологические катастрофы) необратимы.

Экологическая катастрофа — это одно из состояний природы, связанное с необратимыми изменениями в ней.

Сформулируем основные причины экологических катастроф на Земле¹.

- Падение метеоритов. В настоящее время на поверхности Земли обнаружено 135 кратеров от падения крупных метеоритов. Самый древний (кратер Вредефорт) находится на юге Африки и имеет возраст около 2 млрд лет. Наибольшей известностью пользуется кратер на Среднесибирском плоскогорье под названием Попи-гайской котловины. Изотопный метод определяет время падения

¹ См., например: Резанов И. А. Жизнь и космические катастрофы. М.: Агар, 2003; Осипов В. И. История природных катастроф на Земле // Вестн. РАН. 2004. Т. 74, № 11.

метеорита $35,7 \pm 0,2$ млн лет назад. Падение этого и других метеоритов коррелирует со значительными изменениями в фауне.

- Солнечные вспышки — выброс радиоизлучения и большого потока солнечных частиц с 11-, 22-, 80—90-летней и более длительной периодичностью, что ведет к изменению светимости Солнца и, видимо, проявляется в виде климатических периодов потепления/оледенения. Самое раннее оледенение зафиксировано 2,5—2,2 млрд лет назад (Гуронское). Крупные оледенения происходили 460—430, 310—260 млн лет назад. Наличие льда на полюсах Земли и в Гренландии, горные ледники, зоны вечной мерзлоты свидетельствует, что и сейчас на нашей планете присутствует ледниковая эпоха. Изменение видового состава флоры и фауны в периоды ледниковых и межледниковых эпох является хорошо установленным фактом.

- Сейсмическая активность земной коры. Вспышки вулканизма в определенные периоды жизни планеты приводят к излиянию базальтовых лав на обширных территориях, выбросу большого количества пыли и газов, что приводит к затемнению атмосферы, изменению ее газового состава и, как следствие, вымиранию одних групп организмов и процветанию других.

- Инверсии магнитного поля. Установлено, что за последние 5 млн лет произошло не менее 10 инверсий, что приводило к временному открытию доступа к поверхности Земли мощного потока космического излучения, губительного для живых организмов.

- Изменение соотношений площадей суши и воды. Трансгрессии и регрессии Мирового океана меняют соотношение водных и наземных видов мировой биоты.

- Выделение человека из животного мира можно рассматривать как главную причину современного экологического неблагополучия Земли, поставившего под угрозу само ее существование.

Природные катастрофы происходят постоянно и в наше время. Почти каждый день средства массовой информации сообщают о землетрясениях, циклонах, тайфунах, извержениях вулканов, засухах, «небывалых» ливнях, эпидемиях и т. д. Все эти явления есть не что

иное, как проявления непрекращающегося процесса активной жизни нашей планеты.

Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что человек в XX в. усилил своей деятельностью естественный фон экологических катастроф (см. лекцию 1). Любопытство человека безгранично, и он будет стремиться познать суть процессов, протекающих в окружающем мире и в нем самом. Глобальность отрицательных следствий возможного применения научного знания выдвигает на первый план вопрос о морально-этических нормах людей, ответственных за использование достижений научной мысли.

Важнейшим понятием в эволюции экологических систем является экологический кризис.

Экологический кризис — это фаза развития биосферы, на которой происходит качественное обновление разнообразия живых организмов: вымирание одних видов и появление на арене жизни других.

Понятия кризиса и катастрофы достаточно близки, т. к. смены флор и фаун довольно тесно коррелируют с крупными геологическими событиями. Достаточно вспомнить, что геохронология основных этапов истории Земли разработана на основе детального анализа изменений видового состава живых организмов. В более узком смысле экологический кризис понимается как напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой. В истории человечества такие состояния возникали неоднократно (см. лекцию 1).

Современное напряженное состояние взаимоотношений человека и природы является следствием как природных процессов, так и интенсивного развития промышленного и сельскохозяйственного производства, создания большого количества различных веществ, в том числе таких, которые не могут быстро включаться в существующие на Земле круговороты вещества. Результатом является резкое, прежде всего геохимическое, изменение окружающего мира, что и оценивается человеком как неблагоприятное состояние, или экологический кризис. Но если катастрофа — необратимое явление, то кризисная ситуация может быть обратима, особенно при

небольших, локальных изменениях окружающего нас мира (засушливое лето, очень холодная зима, возврат холодов в начале лета, ранние заморозки в конце лета и т. д.).

Экологический кризис нашего времени является глобальным, охватывает всю поверхность Земли, и потому выход из него — задача всего человечества. Следствием осознания сложившейся ситуации явилось выделение экологических проблем в разряд самостоятельных и резко повысило интерес к экологии как науке.

История человеческого общества

Освоение огня отдельными группами антропоидов следует рассматривать как начальный этап антропогенеза. Точная датировка начала процесса неизвестна, поэтому отметим это как свершившийся акт.

Второй момент, имеющий значение для анализа экологических взаимодействий в историческом аспекте, — время появления людей современного морфофизиологического типа. Основная масса находок окаменевших остатков, самый древний из которых датируется около 7,5 млн лет назад, относится к морфофизиологическому типу, отличительной особенностью которого является отсутствие подбородочного выступа. Считается, что становление человека современного облика началось примерно 40 тыс. лет назад (кроманьонец). Находки в Сибири и на Алтае (алтайская принцесса) отодвигают эту границу на порядок и изменяют представления о месте его зарождения. Если принять во внимание мнение М. В. Ломоносова, что история России началась не с принятия христианства, а примерно 400 тыс. лет назад и связана с Севером, то придется признать появление кроманьонцев на территории Европы около 40 тыс. лет назад как один из этапов в расселении людей современного морфофизиологического типа, возникшего не в Африке, а на Севере. В этой связи рассмотрение времени возникновения земледелия и скотоводства принимает совсем другие временные рамки, а месопотамская и египетская модели землепользования

скорее представляют собой остатки великих цивилизаций каменного века, распространенных по всей поверхности Земли, нежели первичный процесс их зарождения. Отсутствие и для этого момента возможности точно датировать начало заставляет принять его тоже как свершившийся факт и рассматривать только его экологические следствия.

Собирательство и охота как первичные формы реализации экологических взаимодействий человека, направленные в первую очередь на удовлетворение пищевой потребности, не выводили его за рамки обычных, присущих всему живому миру трофических взаимодействий, ограничивая как ареал распространения, так и численность людей. С этим этапом связывают уничтожение человеком крупных травоядных животных, прежде всего мамонтов.

Гипотеза строится на предположении о большой эффективности загонной охоты, применяемой людьми этого периода (рис. 10.1, 10.2).

В естественный процесс ухода с арены жизни отдельных видов растений и животных человек начал вносить и свой вклад. Прямое и косвенное уничтожение видов животных и растений продолжается до сих пор. Достаточно напомнить о достоверном уничтожении человеком таких видов животных, как стеллерова корова, дронг,

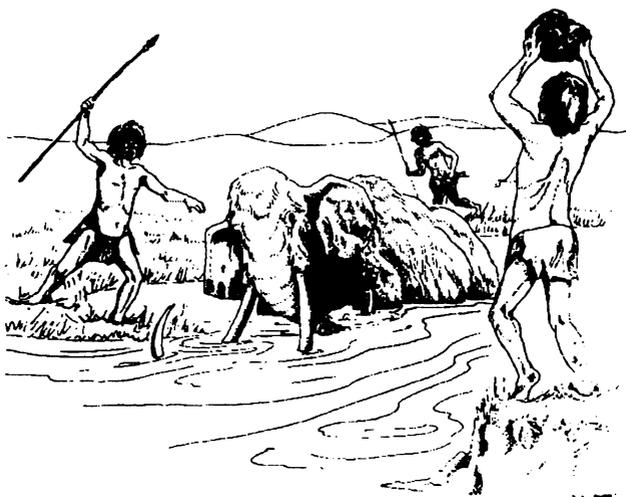


Рис. 10.1. Охота на мамонта



Рис. 10.2. Загонная охота

дикие голуби и т. д. Под угрозой уничтожения находятся десятки и сотни видов растений и животных в разных географических зонах. Человечество уже составило списки этих видов и назвало их Красными книгами. В настоящее время под угрозой исчезновения находятся 24 % млекопитающих и 12 % (1 183 вида) птиц².

Второй этап связан с т. н. неолитической революцией и становлением разных форм земледелия и скотоводства, для чего сильнейшим стимулом явилось освоение огня. Его можно рассматривать как период формирования запаса продуктов питания, явившегося причиной нарушения естественных трофических взаимодействий в биоте. Запас пищи позволил человеку резко увеличить свою численность и ареал распространения, т. к. площадь земли, необходимая для обеспечения питанием одного организма, сократилась на два-три порядка. За этот «взрыв» численности пришлось заплатить разрушением лесных массивов, деградацией почвенного покрова и образованием пустынь, изменением гидрологического режима значительных территорий земного шара, введением в культуру отдельных видов растений и животных, что привело к их значительному изменению. Процесс продолжается до сих пор.

Третий этап связан с возможностью получения материалов, отсутствующих в природе в готовом виде. Он также связан с освоением огня. Медь, олово затем железо положили начало этому этапу, получившему название технологического. Продолжается до сих пор, принимая все угрожающие размеры. В настоящее время человечество извлекает из природных объектов и использует

² Красная книга России. Т. 1. Животные. Т. 2. Растения. М., 2000.

в своих целях почти 80 % всех элементов, из которых состоит природа Земли.

Начальная стадия этого этапа позволила наращивать объемы экстенсивного сельскохозяйственного производства за счет изготовления более совершенных орудий для уничтожения лесов, распашки нетронутых лугов и степей. Увеличение запаса продовольствия приводило к увеличению общей численности людей и позволяло содержать все увеличивающееся количество людей, занятых другими производствами: ремесленничество, торговля, армия, властные и распределительные структуры. Постепенно начался процесс обособления отдельных групп людей, не связанных с кормящим ландшафтом, приведший к появлению городов и получивший название у р б а н и з а ц и и.

Экологические проблемы современного общества

Современная стадия технологического этапа характеризуется исключительно интенсивным использованием минеральных, энергетических и биологических ресурсов; быстрыми темпами идет процесс урбанизации (население городов ежегодно увеличивается на 4 %); почти 23 % земель сельскохозяйственного назначения подвержено деградации, что ведет к снижению их продуктивности; водопотребление на 10 % превышает возобновляемые ресурсы чистой пресной воды; почти 99 % исходного промышленного сырья и изделий из него исключаются из биосферных процессов (синтезировано более 18 млн химических веществ и материалов, большая часть которых не подвержена атаке жизни) и т. д.

Основная экологическая проблема современного мира — неуправляемый процесс роста численности населения (демографическая проблема).

26 февраля 2006 г. средства массовой информации сообщили, что численность людей достигла 6,5 млрд человек. По прогнозам

к 2050 г. она увеличится до 8,9 млрд. Прирост населения осуществляется за счет высокой рождаемости в развивающихся странах, где приходится по 3,1 ребенка на женщину, в развитых странах этот показатель составляет 1,57, что ниже порога замещения, равного 2,1 ребенка на женщину.

Неуправляемость демографического процесса определяется нарушением человеком природных механизмов регуляции численности и несовершенством социальных процессов.

Непрерывное увеличение количества запасаемых продуктов питания, несправедливый характер их распределения, постоянно возникающее и практически неуправляемое формирование новых социальных потребностей, в основном не адекватных природным процессам, и необходимость для их удовлетворения интенсифицировать все воздействия на окружающий мир составляют основу неуправляемости демографической ситуации.

Нарушение природных механизмов регуляции численности людей связано с развитием медицины и социального контура регулирования численности.

Наследственные болезни и эпидемии являются главными природными регуляторами численности людей. Измененный природный фон стимулирует мутационный процесс, а достижения в области медицины позволяют сохранять и продлевать жизнь людей, обреченных природой. Победа человека над эпидемическими заболеваниями (оспа, холера, чума, тиф, грипп и др.), уносившими ранее в короткий срок огромные массы людей, является одной из главных причин быстрого увеличения численности. В Средние века эпидемия чумы в Европе унесла за несколько лет почти 75 % населения Европы. В 20-е гг. XX в. пандемия гриппа унесла около 20 млн человеческих жизней.

Похоже, что во второй половине XX в. природа включила новый механизм ограничения численности людей — увеличение количества мужчин-импотентов в детородном периоде. По оценкам до 25—30 % мужчин цивилизованного мира в этом возрасте страдают импотенцией. Произошла также замена «побежденных» эпидемических болезней на новые, более скрытые и коварные: СПИД, гепатит и пр.

Одной из причин, влияющей на численность населения и присутствующей только человеку, являются войны. Уничтожение почти 50 млн человек за период Второй мировой войны с 1939 по 1945 г., из которых больше половины приходится на СССР (27 млн), до сих пор продолжает сказываться на демографической ситуации в России.

Социальные способы регуляции численности людей в основном направлены на рождаемость и продолжительность жизни. В конечном итоге они выражаются в форме правовых актов, стимулирующих или ограничивающих процесс размножения, а также определяющих компенсационную поддержку людям, занятым наиболее тяжелыми формами деятельности. Эти же методы могут быть использованы и для регуляции численности через увеличение смертности путем создания «невыносимых» условий жизни и работы. Обычно они камуфлируются благими намерениями.

Необходимость удовлетворения для каждого нового организма всего спектра потребностей — биологических, социальных, духовных — провоцирует новые проблемы.

На первом месте стоит проблема производства и распределения продуктов питания. После Второй мировой войны решение этой проблемы связывалось с освоением биологических ресурсов Мирового океана и созданием пищевых продуктов химическим синтезом. К концу шестидесятых годов, после исследований, проведенных по Международной биологической программе (МБП), развеялся миф о необъятных запасах пищи в Мировом океане. Не удалось обнаружить в нем ни одного нового, еще не освоенного человеком высокопродуктивного участка.



А. Н. Несмеянов
(1889—1980)

Надежды на синтетическую пищу тоже не оправдались. Черная икра, синтезированная под руководством академика А. Н. Несмеянова, показала утопичность этой идеи. Однако с помощью химических и физико-химических методов можно превратить любой растительный белок в пищевой продукт, по вкусу мало неотличимый от натурального (мясо, творог, молоко), не прибегая к помощи животного. На Западе реализованы технологии производства искусственной белковой

пищи из сои, но... белок все-таки остался растительным, а сою и другие растения необходимо вырастить. Пришлось снова возвращаться к обычному сельскохозяйственному производству.

Казалось, что благодаря интенсификации сельского хозяйства все продовольственные проблемы будут решены, т. к. достаток продуцентов (растений) автоматически обеспечивает животной пищей. Однако высокопродуктивные сорта растений и породы животных потребовали от человека строжайшего выполнения агротехники выращивания и технологии кормления, доения, ухода, что сразу же существенно увеличило энергетические затраты на их содержание. Стало понятно, что обеспечить выращивание таких сортов и содержание каких-либо пород под силу только хозяйствам с очень высокой агрокультурой и наличием достаточно дешевой энергии. Оказалось, что небольшие нарушения технологии выращивания или содержания приводят к такому резкому снижению их продуктивности, что они в конечном итоге уступают обычным районированным сортам и породам. Появился даже афоризм, что высокопродуктивные сорта растений и породы животных обогащают богатого и обедняют бедного.

С того момента, когда наши очень далекие предки начали разбрасывать семена и не убивать на охоте, а ловить и приводить живыми к своему стойбищу промысловых животных, и до настоящего времени человек из сотен тысяч видов растений и миллионов животных приручил и использует для пищевых целей очень ограниченный круг организмов.

На протяжении истории Земли ее климат претерпевал естественные метаморфозы: ледниковые периоды сменялись эпохами потепления. Менялись ландшафты, одни виды животных и растений погибали, уступая место другим. Там, где некогда цвели сады или простирались бескрайние степи, сегодня кипит жизнь многомиллионных городов. Но что станет с ними через тысячи лет?

В результате длительного воздействия засух и активного вмешательства человека природа целых регионов кардинально изменяется³.

³ Глазовский Н. Ф. Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни: Зарубеж. опыт и пробл. России. М.: КМК, 2002.

Девственные субтропики Средиземноморья уступили место разрозненным лесным массивам, кустарникам и обширным безлесным пространствам. Бескрайние ковыльные русские степи практически перестали существовать, а знаменитая русская тайга с сетью многоводных рек и болот превратилась в конгломерат вторичных лесов, пустошей и пахотных угодий.

Сегодня стараниями человека на смену эволюционно сформировавшейся последовательности естественных широтных зон — тундры, тайги, лесостепи, степи и пустыни — пришли новые природно-антропогенные ареалы с измененной растительностью, искалеченными плотинами и водохранилищами реками, обмелевшими и загрязненными озерами, безжизненными пустынями, что приводит к изменению биосферы и условий обитания людей в целом. Необходимо помнить, что влияние процессов опустынивания выходит далеко за пределы зоны самих пустынь. Чтобы избежать дальнейшего развития процесса, необходимо не только противостоять наступлению пустыни и восстанавливать утраченные угодья, но и сохранять природу смежных, более влажных регионов.

Процесс опустынивания представляет собой разрушение аридных и семиаридных экосистем, приводящее к уменьшению природного потенциала ландшафтов и создающее тяжелейшие экологические условия для развития всех форм жизни⁴.

К этому времени последний имеющийся, не тронутый запас сельскохозяйственных земель в мире, находившийся тогда в пределах Советского Союза (целинные и залежные земли Северного Казахстана, Алтая, Дальнего Востока), был уже бездарно распахан, а большая часть его уничтожена ветровой эрозией. Эпоха увеличения производства продуктов питания путем экстенсивного земледелия закончилась. Остался только один путь — интенсификация сельскохозяйственного производства. Основной путь интенсификации — выведение новых высокопродуктивных сортов растений и пород животных. Во второй половине XX в. грянула «зеленая револю-

⁴ Пустыня наступает [Беседа с проф. В. П. Чичаговым] // В мире науки. 2006. № 6. С. 81—83.

ция». Селекционеры вывели сорта пшеницы, способные давать 100 и более центнеров с гектара.

Южнорусские территории, в частности Прикаспийская равнина и Калмыкия, в советский период испытали мощное антропогенное воздействие, спровоцировавшее процесс опустынивания, который существенно изменил природную среду. На составленной чл.-корр. РАН Н. Ф. Глазовским карте (рис. 10.3) видно, что засушливые, полузасушливые и сухие субгумидные районы занимают значительную часть бывшего СССР: подобные области есть в Молдове, Украине, Азербайджане, Грузии, Армении, государствах Центральной Азии, а также на юге европейской части России, в Алтайском крае, Туве и Забайкалье. Их площадь составляет порядка 4,6 млн км², на которых проживает более 70 млн человек.



Н. Ф. Глазовский
(1946—2005)

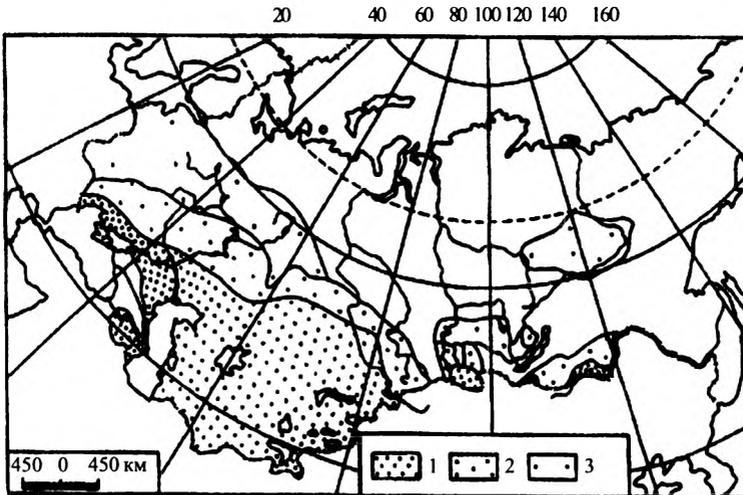


Рис. 10.3. Распространение засух, сухие и засушливые районы на территории бывшего СССР:

- 1 - - - регионы с отношением осадков к потенциальной эвако-транспирации $< 0,65$; 2 - - - регионы с частотой засух $> 25\%$; 3 - - - регионы с частотой засух $< 25\%$

К 1990 г. сельскохозяйственные земли нашей страны были повреждены водной эрозией на площади 300 тыс. км², а ветровой — на 79 тыс. км²; ежегодно площадь эродированных угодий возрастала на 4—5 тыс. км²; на площади 7,7 тыс. км² происходило засоление орошаемых земель. Наблюдалась существенная деградация растительного покрова пастбищ в Калмыкии и Астраханской области.

Пример Калмыкии, где находятся наиболее аридные районы РФ, весьма показателен. На протяжении нескольких веков здесь преобладало скотоводство, причем соотношение численности верблюдов, коней и овец позволяло поддерживать экологическое равновесие и сохранять растительный покров. Но во второй половине XX в. в регионе были созданы крупные коллективные овцеводческие хозяйства, а поголовье верблюдов уменьшилось с 40 до 6,7 %, что привело к истощению пастбищ. Земельный фонд стал использоваться очень интенсивно, но нерационально и недальновидно. Например, на равнинах у подножия Ергеней в районе старого русла реки Волги начали культивировать рис. Для заполнения водой рисовых чеков использовалась вода небольших речек, стекавших с гор. В результате были получены обнадеживающие урожаи, но уже через несколько лет водные потоки иссякли, питавшиеся ими озера резко обмелели, а рисовые чеки были заброшены.

В смежных районах Прикаспийской равнины была проложена сеть оросительных каналов, что привело к интенсивному вторичному засолению почв и подтоплению более сорока населенных пунктов. Длительные антропогенные нагрузки и нерациональное использование территорий превратили район Черных степей Калмыкии из плоской степной равнины с устойчивым травянистым покровом в подвижное песчаное море, лишенное растительности и непригодное для сельского хозяйства, в том числе из-за выпаса скота из Астраханской области, Ставропольского края и Дагестана. В итоге почти 83 % земель практически превратились в пустыню. Русский академик К. М. Бэр, изучивший и описавший сто лет назад равнинные территории Калмыкии и Нижнего Поволжья, сегодня не узнал бы их.

К счастью, природа до поры до времени терпелива и способна к регенерации. Там, где воздействие человека в силу тех или иных обстоятельств становится менее интенсивным, земля постепенно залечивает раны. Так, после распада СССР сельское хозяйство Калмыкии пришло в упадок, антропогенные нагрузки на равнины резко сократились — и природа начала понемногу восстанавливаться. Травяной покров стал более густым, прекратили движение зыбучие пески. Правда, восстановленная природа беднее, чем изначальная.

Продовольственная проблема теснейшим образом связана с обеспечением биологических и социальных потребностей в воде. Поверхность Земли на 71 % покрыта водой. Казалось бы, какие здесь могут быть проблемы! Но человек не может употреблять любую воду. Ему для биологических потребностей нужна пресная и чистая вода (содержание солей до 0,5 г/л). Для различных технологических процессов переработки ресурсов также требуется в основном вода с небольшим содержанием солей. Большую часть воды на поверхности Земли составляют соленые воды Мирового океана со средней соленостью 3,5 г/л.

В этой связи нельзя не затронуть еще одну проблему, которая будет обостряться в XXI в., особенно в ближайшие двадцать лет, проблему чистой питьевой воды. Сегодня человечество потребляет 2 млрд т нефтепродуктов и 10 млрд т питьевой воды. При этом каждый грамм нефтепродуктов, выброшенный в природу, «убивает» тонну чистой питьевой воды. Чтобы потом эту воду опять сделать пригодной для питья, нужны серьезные затраты. Поэтому сегодня цена тонны питьевой воды сравнивается с ценой тонны нефти. И начиная с 2010 г. каждые пять лет эта цена будет удваиваться, т. е. реально к 2020 г. цена на воду вырастет в четыре раза. Она будет постоянно увеличиваться и далее, ибо дефицит питьевой воды нарастает. Сегодня две трети населения земного шара пьют некачественную воду, а одна треть испытывает количественную нехватку воды, т. е. страдает от жажды. А Россия обладает двумя третями мировых запасов питьевой воды, которая на наших глазах превращается в очень востребованный и дорогой продукт. Тонна пищевого льда в Европе и Америке сегодня стоит 7 тыс. долл., а тонна бензина № 98 — 1,5 тыс. долл., т. е. тонна пищевого льда уже в пять-шесть

раз дороже тонны бензина. Другое дело, что сегодня затруднительно доставить эту воду по всему мировому рынку в массовом порядке из-за больших транспортных затрат.

Человек не может жить без чистого воздуха. Он должен дышать. Поэтому исключительную актуальность приобретают контроль и практические мероприятия, обеспечивающие сохранение на приемлемом уровне состояния атмосферы — газовой оболочки, окружающей планету Земля (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Состав атмосферы

Газ	Содержание в воздухе, %	
	по объему	по массе
Азот	78,084	75,50
Кислород	20,946	23,10
Аргон	0,932	1,286
Вода	0,5—4,0	—
Углекислый газ	0,032	0,046
Неон	$1,818 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Гелий	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$
Метан	$1,7 \cdot 10^{-4}$	—
Криптон	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$
Ксенон	$8,7 \cdot 10^{-6}$	—
Закись азота	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$

Концентрация газов, составляющих атмосферу, практически постоянна за исключением воды (H_2O) и углекислого газа (CO_2).

Кроме указанных в таблице газов, в атмосфере содержатся SO_2 , CH_4 , NH_3 , CO , углеводороды, HCl , HF , пары Hg , I_2 , NO и другие газы в незначительных количествах.

В тропосфере постоянно находится большое количество взвешенных твердых и жидких частиц (аэрозоли).

Атмосфера (рис. 10.4) снабжает нас необходимым для дыхания кислородом. Однако вследствие падения общего давления атмосферы по мере подъема на высоту соответственно снижается и парциальное давление кислорода.

Уже на высоте 5 км над уровнем моря у нетренированного человека появляется кислородное голодание, и без адаптации работоспособность человека значительно снижается. Здесь кончается

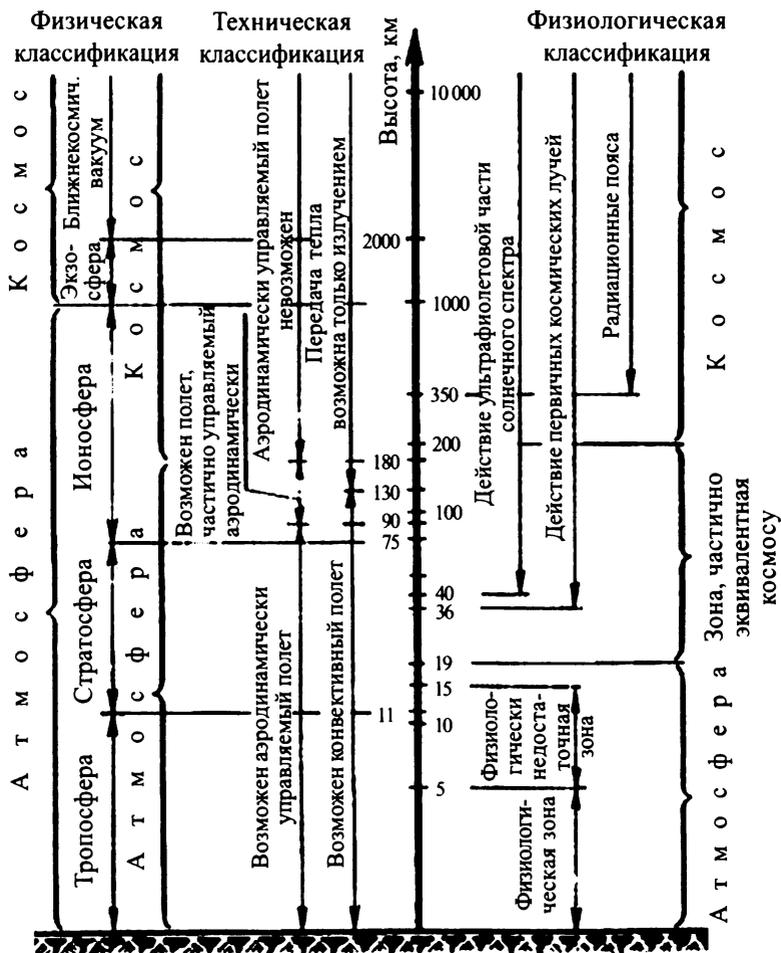


Рис. 10.4. Схема строения атмосферы

физиологическая зона атмосферы. Дыхание человека становится невозможным на высоте 15 км, хотя примерно до 115 км атмосфера содержит кислород.

Плотные слои воздуха — тропосфера и стратосфера — защищают нас от поражающего действия радиации. При достаточном разрежении воздуха на высотах более 36 км интенсивное действие на организм оказывает ионизирующая радиация — первичные космические лучи; на высотах более 40 км действует опасная для человека ультрафиолетовая часть солнечного спектра.

Именно в стратосфере (на высоте от 15—20 до 55—60 км) располагается слой озоносферы (озоновый слой), который определяет верхний предел жизни в биосфере. Важный компонент стратосферы и мезосферы — O_3 , образующийся в результате фотохимических реакций наиболее интенсивно на высоте ~ 30 км. Общая масса O_3 составила бы при нормальном давлении слой толщиной 1,7—4,0 мм, но и этого достаточно для поглощения губительного для жизни УФ-излучения Солнца. Разрушение O_3 происходит при его взаимодействии со свободными радикалами, NO , галогенсодержащими соединениями (в т. ч. фреонами).

Громадные количества CO_2 потребляются при фотосинтезе и поглощаются Мировым океаном. Этот газ поступает в атмосферу благодаря разложению карбонатных горных пород и органических веществ растений и живых организмов, а также вследствие вулканизма и производственной деятельности человека. За последние 100 лет содержание CO_2 в атмосфере возросло на 10 %, причем основная часть (360 млрд т) поступила в результате сжигания топлива. Если темпы роста сжигания топлива сохранятся, то в ближайшие 50—60 лет количество CO_2 в атмосфере удвоится и может привести к глобальным изменениям климата.

Сжигание топлива — основной источник загрязняющих газов (CO , NO , SO_2). Диоксид серы окисляется кислородом воздуха до SO_3 в высших слоях атмосферы, который взаимодействует с парами H_2O и NH_3 , а образующиеся при этом H_2SO_4 и $(NH_4)_2SO_4$ возвращаются на поверхность Земли вместе с атмосферными осадками.

Использование двигателей внутреннего сгорания приводит к значительному загрязнению атмосферы оксидами азота, углеводородами и соединениями свинца.

Аэрозольное загрязнение атмосферы обусловлено как естественными причинами (извержение вулканов, пыльные бури, унос капель морской воды и частиц пыльцы растений и др.), так и хозяйственной деятельностью человека (добыча руд и строительных материалов, сжигание топлива, изготовление цемента и т. п.). Интенсивный широкомасштабный вынос твердых частиц в атмосферу — одна из возможных причин изменений климата планеты. Защита атмосферы предусматривает широкий спектр деятельности многоаспектного характера.

Таким образом, состояние биосферы — земной атмосферы, гидросферы, литосферы — и всего многообразия живых организмов, включая человека, зависит от множества взаимодействий, множества прямых и обратных связей, делающих нашу планету пригодной для жизни, с надеждой эволюции биосферы в ноосферу.

Проблемы природопользования (демографическая, энергетическая, пищевая, чистой воды и чистого воздуха) сложны и взаимосвязанны. С развитием цивилизации они лишь усложняются, приобретая дополнительные черты.

В качестве примера обсудим проблему создания искусственного холода, необходимого для сохранения пищевых продуктов, кондиционирования среды обитания в жарком климате и на производстве. Законы термодинамики постулируют самопроизвольный процесс передачи энергии от тела более нагретого к телу менее нагретому. При этом избыточная тепловая энергия диссипирует — рассеивается в окружающую среду, повышая ее температуру, что сопровождается увеличением интенсивности хаотических видов движения на атомно-молекулярном уровне. Процесс кондиционирования требует затрат «упорядоченных» форм энергии, прежде всего электрической и механической, т. е. является процессом техническим и весьма затратным.

В США на производство холода (т. е. на кондиционирование) тратится энергетических ресурсов в 2,5—3 раза больше, чем в России на обогрев. А в Саудовской Аравии или Арабских Эмиратах вообще 25 % ВВП тратится на производство пресной воды и получение холода, иначе там трудно жить и работать. На планете Земля есть как жаркие, так и холодные территории. И поскольку распре-

деление тепла на планете неравномерно, его необходимо перераспределять. Однако... технологии перераспределения тепла есть, а перераспределения холода отсутствуют. Единственный на сегодня способ получения холода выглядит примерно так: сжигают нефть, последовательно получают тепловую, механическую и электрическую энергию, которая расходуется на вскипание и испарение инертных газов и других хладагентов с охлаждением поверхностей теплообменников, встроенных в морозильники, холодильники или кондиционеры. У этой технологии получения холода много побочных эффектов: сжигается углеводородное сырье, повышается температура окружающей среды, выделяются вредные газы.

Если же соединить проблему получения и быстрой транспортировки естественного холода в форме льда с последующим получением из него качественной питьевой водой, то ситуация может коренным образом трансформироваться. Холод российского Севера, Северной Канады, лед чистых рек и озер, включая Байкал, могут кардинально улучшить ситуацию в проблемных регионах планеты.

Очень похоже на то, что в XXI в. вода станет для человечества тем же, чем в веке минувшем была нефть, — самым вожаделенным ресурсом и главным яблоком раздора вплоть до вооруженных конфликтов. Сейчас стоимость питьевой воды приближается уже к стоимости нефти.

Не случайно 2003 г. был объявлен Генеральной Ассамблеей ООН Международным годом пресной воды, а Всемирный день защиты окружающей среды прошел под лозунгом «Вода — за нее страдают два миллиарда людей!». И это — реальность.

Пресная вода составляет всего 3 % мировых водных ресурсов. Их них непосредственно доступны лишь 1—1,5 % пресной воды. Этого количества хватило бы на все население земного шара, если бы она распределялась равномерно. Сегодня используется 55 % доступного стока поверхностных пресных вод. Ожидается, что через 20—25 лет этот показатель достигнет 70 %. Ежегодно население планеты увеличивается на 85 млн человек, причем одновременно растет и потребление воды на душу населения: например, в развитых странах оно удваивается каждые два десятилетия. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО)

к 2030 г. мировые потребности в пресной воде возрастут на 60 %. Между тем запасы воды, пригодной для питья, сокращаются ввиду сброса в водоемы жидких отходов, общего загрязнения окружающей среды, вырубки лесов и т. п. Таким образом, не исключено, что уже нынешние поколения столкнутся с ситуацией, когда мировые потребности в чистой пресной воде превысят ее абсолютные запасы. Пока до этого далеко, но из-за неравномерности распределения пресноводных ресурсов во многих районах мира наблюдается все более обостряющийся их дефицит. В первую очередь речь идет о таких регионах, как Ближний и Средний Восток, север и юг Африки, полуостров Сомали (Африканский Рог), Северный Китай, Средняя Азия, Мексика... На личное потребление (включая стирку, мытье посуды и т. д.) человеку необходимо 100—200 л воды в день, или 36—72 кубометров в год. С учетом же потребностей промышленности, сельского хозяйства, сферы соцкультбыта минимальная норма на душу населения оценивается приблизительно в 1 тыс. кубометров воды в год, достаточная — в 1,7 тыс. кубометров. Всего в странах, где показатель обеспеченности водой ниже уровня достаточности, проживает 2,3 млрд человек; питьевая вода нормального качества недоступна более чем 1 млрд человек; серьезно страдают от нехватки воды 400 млн человек, ежегодно в буквальном смысле слова от жажды умирают 3,4 млн человек. Наиболее тяжелое положение в Кувейте (всего 11 куб. м воды в год на душу населения), Египте (43 куб. м) и Объединенных Арабских Эмиратах (64 куб. м); восьмое место в этом списке занимает Молдова (225 куб. м), девятое — Туркмения (232 куб. м). Проблемы дефицита качественной пресной воды испытывают и развитые страны. Такой воды не достает каждому третьему горожанину мира. По оценке Всемирной организации здравоохранения 15 % жителей Европы вообще не имеют доступа к воде, которая могла бы считаться питьевой. В Западной Европе ею располагают только Скандинавия и регионы, прилегающие к Альпам, а в других районах нормальная вода — редкость.

Не удивительно, что индустрия продаж бутилированной питьевой воды — одна из самых быстрорастущих в мире. Ежегодно продается свыше 100 млрд л питьевой воды, в основном в пластико-

вой расфасовке. По данным журнала «Fortune» прибыли в этой отрасли уже достигают \$1 трлн в год — это 40 % всей прибыли нефтяных компаний и больше прибыли фармацевтических фирм. Мировой рынок питьевой воды контролируют десять больших корпораций; крупнейшие из них (французские Vivendi Universal и Suez) имеют свыше 200 млн потребителей в 150 странах.

И все же продажи бутилированной воды индивидуальным потребителям — это, так сказать, «малый» рынок. На повестке дня — формирование «большого» рынка воды, который позволит решать проблемы дефицита качественной пресной воды в национальных масштабах. Так, в стадии планирования находится ряд проектов по строительству магистральных водопроводных линий для межрегиональной переброски воды, в частности из Канады в Мексику и южные штаты США. А некоторое время тому назад американские компании собирались осуществить проект танкерных поставок арабским странам воды из Великих Озер. Однако эти планы застопорились из-за противоречий с той же Канадой, имеющей на Озера свои права и виды.

Значительное место на «большом» водяном рынке может занять Россия, на долю которой приходится треть всех мировых запасов пресной воды (суммарный сток российских рек составляет в среднем 4270 куб. км в год). По прогнозам специалистов, прибыли на новом рынке будут гораздо выше, чем на рынке углеводородного сырья. К тому же, в отличие от нефти и газа, на продажу пойдут самовозобновляющиеся ресурсы. Важно не опоздать и вовремя застолбить свою нишу, однако не следует забывать, что во многих регионах самой России ситуация с водоснабжением тоже далека от благополучия.

Подведем итог. Человеческая цивилизация должна осознать сложившуюся и продолжающую развиваться крайне неблагоприятную экологическую ситуацию во взаимодействии с природой. Только разум, воля и разумная деятельность человечества способны предотвратить надвигающуюся катастрофу. Судьба человечества находится в его собственных руках.

ЛЕКЦИЯ 11

НООСФЕРНАЯ ПАРАДИГМА

Появление термина «ноосфера». — Определения ноосферы. — Представление ноосферы в виде экологической системы. — Научная мысль как биотический компонент ноосферы. — Применимость базовых характеристик живого вещества к мысли. — Место мысли в перерабатывающей функции живого вещества. — Применимость для мысли понятия «окружающая среда». — Ноосферная парадигма как основа разработки концепции мира будущего

Чтобы достигнуть совершенства,
надо овладеть наукой единства.

Махабхарата

Ноосфера как экологическая система

Термин «ноосфера» появился в конце 20-х гг. XX в. и связан с именами палеонтолога П. Тейяра де Шардена и математика Э. Леруа. Прослушав первый цикл лекций о биосфере, прочитанных В. И. Вернадским в Сорбонне, и размышляя над идеями, сформулированными им, они предложили выделить в отдельную оболочку Земли «мыслительный пласт», назвав его *н о о с ф е р о й*. Термин оказался удачным, и В. И. Вернадский часто его использовал. В 1944 г., за год до кончины, он написал небольшую статью под названием «Несколько слов о ноосфере». Эта статья — своего рода научное завещание великого натуралиста будущим разработчикам теории ноосферы.

Для построения научной теории необходимо определить те основополагающие первичные положения, на основе которых может быть развернута система знаний относительно изучаемой области явлений. Обычно этот процесс начинается с выявления основных понятий и их определения.

Ноосфера (гр. νοῦς — разум и σφαῖρα — шар) — сфера разума. Рассмотрим некоторые наиболее распространенные определения.

Ноосфера — это:

- особый надбиосферный «мыслительный пласт», окутывающий планету (*П. Тейяр де Шарден, Э. Леруа*);
- качественно новая форма организованности, возникающая при взаимодействии биосферы и общества;
- новое эволюционное состояние биосферы, направленно преобразуемой в интересах мыслящего человечества;
- высший тип управляющей целостности, для которой характерна тесная взаимосвязь законов природы, мышления и общества;
- новое состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором ее развития.

Понимание ноосферы авторами термина требует рассмотрения основополагающих понятий на уровне объект-субъектных отношений и вовлечения в обсуждение всего арсенала философских категорий. Остальные определения не выходят за рамки экологических воззрений и могут служить отправной точкой для дальнейшего обсуждения.

Ключевым словом ноосферной парадигмы является термин «разум». Носителем наивысшей формы его проявления на Земле является человек. Поэтому ноосферная проблема является логическим продолжением экологии человека, в рамках которой она может быть представлена одной из форм экосистемных взаимодействий и записана в следующем виде:

ноосфера = разум ↔ окружающая среда.

Особенность такого представления в том, что биотической компонентой экосистемы является одно из свойств живого, для которого трудно определить измеряемые характеристики. Аналогичная ситуация и с характеристиками окружающей среды.

Трудности начинаются с определения термина «разум». Кантовское определение разума как способности к априорному знанию



Пьер Тейяр де Шарден
(1881—1955)



Эдуар Леруа
(1870—1954)

может служить отправной точкой обсуждения ноосферной парадигмы в рамках представлений П. Тейяра де Шардена и Э. Леруа.

Для деятельностного подхода лучше попробовать использовать определение разума через сознание.

|| Р а з у м есть состояние сознания, объединяющее такие его проявления, как мысль, воля, чувства.

Разделение проявлений разума позволяет понять, что в качестве исходных представлений ноосферной парадигмы могут быть использованы любые из них. Например, приняв за основу волю как проявление разума и используя понятийный аппарат этой области знания, можно разработать соответствующую теорию ноосферы. В этом случае два других проявления разума будут выступать как дополнительные. Поэтому все религиозные системы, апеллирующие к чувству, могут рассматриваться как уже имеющиеся варианты концепций ноосферы.

В XX в. доминирующей формой отражения окружающего мира стала наука. Нет оснований считать, что ситуация в XXI в. коренным образом изменится, т. к. наука является деятельностным проявлением философии, искусства, религии. В. И. Вернадский считал, что основой теории ноосферы должна быть *научная мысль* человечества, т. к. она становится ведущей в обеспечении перерабатывающей функции человека.

Место научной мысли в структуре перерабатывающей функции человека

Выделение науки как самостоятельной формы отражения окружающего нас мира началось с XVI—XVII вв. и связано с опережающим накоплением теоретических представлений над их практическим использованием. К XX в. во всех областях человеческого знания накопилось большое количество теоретических обобщений разного ранга, действительный объем которых трудно оценить.

Формирование «запаса» теоретических знаний (мыслей) человека открывает возможность регулирования их использования. Ситуация аналогична с рассмотренной ранее функцией питания. Нет запаса, все используется «с колес», а если запас есть, то приходится развивать сферу хранения, переработки, распределения, доставки, охраны. В случае с продовольствием это привело к формированию системы природопользования, а с накоплением мысли — к становлению системы информационного обеспечения жизни человеческого общества. Развитие информационных сетей и всего, что им сопутствует, есть следствие лавинообразного накопления теоретического знания, а будущее представляется в виде информационного общества.

Регулирование потоков информации есть функция управления вещественно-энергетическими процессами переработки окружающей среды, а не осуществления самого процесса. Для ноосферной парадигмы можно сформулировать обобщение.

|| Научная мысль в геохимической (перерабатывающей) функции живого вещества выполняет роль управляющего.

Основные характеристики мысли

Ранее каждый раз при выделении уровней представления биоты в экосистеме использовались базовые характеристики живого вещества (масса, химический состав, запас свободной энергии) и отмечалось, что форма их выражения изменялась. Попробуем приме-

нить этот же подход и к мысли, рассматривая ее как форму представления биоты.

Видимо, использовать для характеристики мысли такой показатель, как средний химический состав, не имеет смысла. Что же касается массы и свободной энергии, то это не столь уж очевидная бессмыслица. Главное препятствие на этом пути — миф о нематериальности мысли. Представление об идеальности мысли сродни представлениям об идеальном газе, абсолютно черном теле, гармонически развитом человеке, потенциальной экологической нише и т. п.

Интуитивно человек всегда считал мысль материальной, давая ей такие определения, как «слабая» и «сильная», «грязная» и «чистая», «концентрированная», «мощная», «светлая», «глубокая» и т. д.

В свое время солнечный луч тоже считался невесомым. С. В. Лебедеву удалось показать давление солнечного излучения и тем самым неопровержимо доказать его материальную основу. Сделать подобное с мыслью пока не удается.

Несмотря на неясности в вопросе о материальности мысли, разработано множество приемов ее концентрации, стимуляции, хранения, передачи, воспроизводства. В рамках ноосферной парадигмы необходимо выделить два аспекта: 1) мысль как свойство живого вещества, 2) информация как проявление работы мысли.

• Мысль как свойство живого вещества. Субстратом, в котором наиболее отчетливо проявляется процесс образования мысли, являются ткани головного мозга позвоночных животных. Наибольшего развития этот процесс достигает у человека (возможно, и у дельфинов). Раскрытие механизма возникновения мысли в головном мозге даст в руки человечества управленческий канал прямого влияния на количественный и качественный состав мыслей. Страшно думать о социальных и духовных последствиях такого прорыва в неизвестное, т. к. прогресс научной мысли в XX в. обернулся для человечества резким ухудшением состояния окружающей среды и здоровья самого человека. Пока нет оснований считать, что и этот прорыв принесет благо, а не новые неприятности. Показатели массы, химического состава, запаса свободной энергии в рамках данного аспекта а могут быть связаны не столько с самой мыслью, сколько с ее субстратом. В настоящее время счита-

ется, что масса головного мозга не коррелирует с гениальностью. Но ведь гениальность можно рассматривать как проявление свободной энергии мысли. Разработка подходов к оценке уровня интеллектуальности, возможно, и есть путь косвенного определения запаса свободной энергии мысли.

Информация как проявление работы мысли. В данном аспекте мысль отделяется от своего естественного субстрата и начинает существовать в виде информационных потоков, устроенных на других носителях. В этом аспекте заключены все проблемы формирования информационного общества, а в конечном итоге — информационного бессмертия каждого организма. Использование показателя массы выступает в форме объема информации, а запас свободной энергии — как ее качественная характеристика: достоверная или недостоверная, неопасная, опасная, смертельно опасная и т. п.

Таким образом, в ноосферной парадигме могут быть использованы те же базовые характеристики, что и при оценке взаимосвязей живого вещества со своим окружением, а именно масса и запас свободной энергии.

Проблема понятия «окружающая среда» в ноосферной парадигме

Требование выделить и определить границы окружающей среды для биотической компоненты экосистемы остается незабытым и для ноосферной парадигмы. Необходимо понять, что является окружающей средой для мысли и какие показатели могут быть использованы для ее характеристики.

В. И. Вернадский отметил, что только мыслью человек может проникать в безграничные просторы космоса. По-видимому, при такой постановке вопроса границей окружающей мысль среды может быть космологический горизонт — граница Метагалактики, находящаяся на расстоянии, которое прошел свет за время, равное 15 млрд световых лет, что и определяется как возраст Вселенной или граница проникновения нашей мысли.

Космологический горизонт окружает нас со всех сторон. Свет из-за горизонта к нам не доходит, он в пути, и нужно время, чтобы он достиг нас. Мы не знаем точного возраста Вселенной, поэтому не знаем и точного расстояния до горизонта. Правда, мы совершенно точно знаем, что горизонт отступает на 300 тыс. км каждую секунду, т. е. со скоростью света. Дешифровка всех сведений, которые несут нам космические излучения, явно не успевает за таким расширением горизонта. Человечество до сих пор не извлекло всей информации, идущей с излучениями Солнца, других звезд, планет, а также отдельных образований на поверхности и внутри Земли. Что говорить о космосе, когда каждый человек является загадкой для другого. В то же время можно достаточно определенно сказать, что степень влияния мысли на окружающее пространство определяется объемом, степенью достоверности сведений, заключенных в мысли, расстоянием, на которое она передана и в конечном итоге реализована в виде каких-либо действий, приводящих к изменению или, наоборот, стабилизации состояния объекта воздействия.

Нет никаких запретов на рассмотрение воздействия окружающей среды на изменение самой мысли в рамках представлений об экологических взаимодействиях. Стоит только добавить, что и сама ответная мысль может рассматриваться как воздействие.

Загруднительно однозначно определиться с конкретными характеристиками такой окружающей среды, да и сам термин не очень-то гармонирует с понятием «мысль». В ноосферной парадигме, видимо, более приемлемо использование понятия поля как определенным образом организованной среды. Смена понятия открывает возможности для разработки специфических полевых характеристик, отражающих степень влияния мысли, переработки мыслью природной и формирование социальной и духовных сфер, собственно и представляющих среду ее обитания на Земле.

Социальная и духовная сферы, сформировавшиеся как следствие развития и совершенствования распределительной функции в общей технологической цепочке экосистемных отношений человека с окружающим миром, выполняют роль управляющих, и поэтому теория ноосферы должна быть теорией управления развитием человеческого общества.

Ноосферная парадигма как теория управления развитием человеческого общества

Парадигма, по определению Т. Куна (T. Kuhn), — это свод основных положений, правил¹. Нет запретов на разработку разных вариантов представлений взаимодействия мысли со своим окружением. Рассмотрим возможности варианта в рамках экосистемных взаимодействий.



Томас Кун
(1922—1996)

Управление есть процесс воздействия на объект с целью приближения его состояния к желаемым (целевым) параметрам.

Предельных целей управления не может быть более одной. Если их несколько, то рано или поздно они придут во взаимное противоречие.

Конечная единственная цель фактически определяет всю структуру управленческой иерархии, на самом нижнем конце которой выявляются объекты управления. Трудности определяются необходимостью методологически верного формулирования системы промежуточных целей (дерева целей), обеспечивающих точное достижение предельной. В рамках выявленных объектов управления формируется исполнительная структура.

Формулирование двух основных причин экологического неблагополучия современного мира как равноправных фактически сразу же задает пространство конфликтных ситуаций между человеком и окружающим миром.

Противопоставление человека как носителя разума и природного хода изменений в окружающем мире априори обернется большими неприятностями как для природы, так и для самого человека, т. к. выдвигает на первый план идею борьбы, а не сотрудничества.

Совершенство в единстве, а не в противопоставлении, и идея коэволюции человека и природы только в этом плане имеет смысл.

¹ См.: Кун Т. Структура научных революций. 2-е изд. М.: Прогресс, 1977.

Этические (нравственные) критерии отношений человека с окружающим миром и научная картина мира не являются равноположенными. Представления об окружающем мире и самом человеке всегда обслуживали нравственные критерии, принятые в тот или иной период развития отдельных групп людей, этносов, цивилизаций. Особенно отчетливо это проявилось в становлении капиталистической формации современной цивилизации.

При этом происходит постепенная замена истинных потребностей человека на прибыль ради прибыли, реальный счет того, что надо сделать и сделано на пресловутый валовый продукт. Все великолепно обслуживается безнравственной наукой, не принимающей живое за обязательный элемент мироздания, а потому и позволяющей при решении практических задач не считаться с растительным и животным миром, да и с самим человеком.

Переход биосферы в новое, управляемое состояние (ноосферу) возможен только при сознательном выборе и формировании целей развития на каждой ступени управления.

Схема, изображенная на рис. 11.1, отражает основные ступени управленческой иерархии вне связи с историческим опытом и настоящим временем и показывает соподчиненность уровней управления и вклад каждого из них в повседневную жизнь. Проанализируем схему последовательно по блокам.

• Блок 1. Определение и выбор основных целей развития, т. е. предельных концептуальных установок

Экосистемное представление взаимодействия человека с окружающим миром позволяет рассмотреть предельные конечные исходы и сделать некоторые выводы. Предельное взаимодействие человека с окружающим миром может быть выражено следующим образом:

(+, 0, -) человек ↔ окружающий мир (+, 0, -).

Выводы

1. У человека (как и у любого биологического вида) нет никаких других отношений с окружающим миром, кроме экологических, реализуемых в двух основных формах: человек ↔ природа, человек ↔ человек.

2. Экологические проблемы для человека всегда были, есть и будут, пока он существует на Земле как биологический вид.

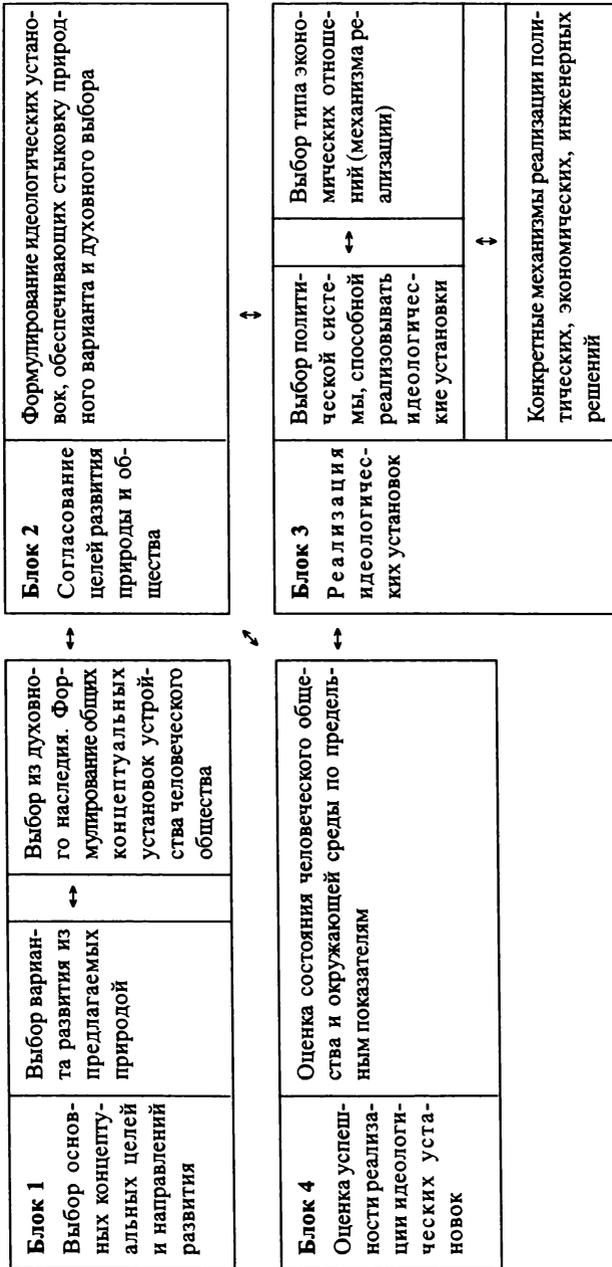


Рис. 11.1. Принципиальная схема управления развитием человеческого общества

3. Экологические проблемы нельзя решить раз и навсегда. Необходимо непрерывно и постоянно их решать, т. к. на смену одним приходят другие.

4. Успешность решения экологических проблем определяется нравственными критериями, концептуальными установками, реализуемыми той или иной цивилизацией.

Изменение численности (массы) живых организмов рассматривается в экологии отдельных видов как конечный результат их взаимодействия со своим окружением. В применении к человеку это означает, что численность людей может увеличиваться (+), оставаться неизменной (0) или уменьшаться (-).

В экосистемной парадигме изменение окружающего мира также должно измеряться изменением его массы. В настоящее время количество выбрасываемого человеком в космос вещества несоизмеримо мало с общей массой Земли, а результат воздействия человека проявляется не столько в изменении количества, сколько в изменении состояния вещества, т. е. меняется организованность окружающего мира. Поэтому для анализа предельных для человека экосистемных взаимодействий в качестве характеристики окружающего мира можно использовать понятие организованности, которая также может увеличиваться (+), оставаться неизменной (0), уменьшаться (-). Конечный результат данного взаимодействия проявляется в девяти возможных вариантах.

К р а й н и е в а р и а н т ы:

1) (++) — увеличивается численность людей и улучшается состояние (организованность) среды, с и м б и о з человека и природы;

2) (00) — численность людей и состояние среды поддерживаются на постоянном уровне, н е й т р а л ь н ы й вариант;

3) (--) — уменьшается численность людей и снижается организованность окружающей среды, к о н к у р е н т н ы е отношения человека и природы.

П р о м е ж у т о ч н ы е в а р и а н т ы (4—9):

4) (+ -), 5) (- +), 6) (+ 0), 7) (0 +), 8) (0 -), 9) (- 0) — отражают односторонние выгоды природы и человека.

Анализ крайних вариантов показывает, что идея конкуренции с природой и между людьми, реализуемая как одна из концептуальных установок современного этапа развития библейской цивилизации, имеет своим пределом взаимное уничтожение людей и окружающего их мира. Именно поэтому жесткие конкурентные отношения в живом мире крайне редки и только у человека они предельно гипертрофированы. В природе реализуются еще два крайних варианта — симбиоз и нейтраллизм, а также шесть промежуточных.

Первый наш выбор цели дальнейшего развития может быть осуществлен только из данного разнообразия. Природа предупреждает нас, что реализуемый в настоящее время предельный (конкурентный) вариант есть путь в никуда, конечный исход — ухудшение состояния среды и снижение численности людей.

Вариант нейтрального существования природы и человека давно пройден. Это вариант существования наших предков, когда они были обычными хищниками в трофической системе живого вещества. Другой формой данного варианта можно рассматривать полное отделение человечества от окружающего мира и создание собственной, полностью управляемой биосферы. Прототипом ее можно рассматривать замкнутые системы жизнеобеспечения типа проектов «Биосфера 1», «Биосфера 2» и др.

Вариант симбиоза остается единственным для будущего развития человечества. Перейти сразу на такой путь невозможно. Поэтому человечеству, если оно выбирает этот путь, придется пройти через промежуточные этапы, осуществляя выбор из шести предлагаемых природой.

Второй выбор человечеству необходимо сделать из своего духовного наследия, выделив (сформулировав) нравственные критерии будущей цивилизации (ноосферы), соответствующие выбранному пути развития, т. е. определить цель развития человеческого общества в рамках выбранного из природных вариантов. Вряд ли удастся придумать что-нибудь принципиально новое. Мудрецы древности, кажется, обдумали все нравственные установки и сформулировали их в свойственной им образной форме. Наша задача — выбрать из их наследия соответствующие нашему времени и вы-

бранному пути и довести их до сведения населения Земли. Это задача для следующего блока управленческой иерархии.

• Блок 2. Определение и выбор идеологических установок

Начало реализации концептуальных установок первого блока — согласование природного варианта развития и духовных критериев. Проблема целей развития природы и общества — предмет современных дискуссий. В основном обсуждается вариант, когда природа стремится к стабильности, а человек — к удовлетворению своих потребностей. На этом основании делается вывод, что человек и природа противостоят друг другу, поэтому компромисс невозможен. Надо понимать, что заставить природу сменить ее «целевые» установки человек не в состоянии. У него есть только один путь — изменять свои целевые установки, согласуя их с природными тенденциями. Не следует забывать, что большинство наших потребностей — формируемые, а следовательно, их можно изменять, отменять, заменять.

После того как компромисс будет найден, необходимо, чтобы сформулированные идеи овладели массами. Требуется разработка идеологических установок, рассчитанных на определенный период. Главные исполнители идеологических целей развития — система образования и воспитания, средства массовой информации. Обратная связь от этого блока к первому достаточно жесткая. Если идеологические установки выходят за пределы концептуальных, то возможны только два конечных результата — физическое уничтожение таких идеологов или их победа и смена основных концептуальных установок.

• Блок 3. Повседневная реализация идеологических установок

Происходит через цели отдельных политических партий, выбор типа экономических отношений. Реализация этих установок в конкретных правовых, экономических, инженерных решениях. Большое разнообразие частных концепций, доктрин, установок и т. п., призванных детализировать основные идеологические установки для различных групп населения. Обратная связь с идеологическим блоком необходима для постоянной коррекции идеологических ус-

тановок и выступает как постоянный учет происходящих изменений в обществе и природе.

- Блок 4. Блок управляющей иерархии

Призван оценивать состояние человеческого общества по его макропоказателям. В экосистемной парадигме на первый план выходят не экономические показатели (ВВП и др.), а характеристики живой компоненты системы — человека — и состояния окружающей его среды, например: численность, половой, возрастной состав; состояние здоровья и продолжительность жизни; годовая энергетическая, вещественная и информационная стоимость жизни отдельного человека; число техногенных и природных катастроф; изменение состояния лесов, почвенных угодий и т. д. Экономические показатели являются промежуточными и выступают как средство достижения концептуальных целей развития и соответствующих им идеологических установок. Обратная связь от этого блока позволяет корректировать как текущую жизнь (блок 3), так и идеологические установки (блок 2)

Природа использует лишь один механизм управления, известный человеку как метод кнута и пряника. В науке он получил название метода обратной связи. Выделено два основных типа обратных связей: положительные и отрицательные. Оба типа могут проявляться как с различными ограничениями, так и беспредельно. В последнем случае срыв управления неизбежен. Все искусство управления состоит в точной дозировке стимула и наказания (отрицательной и положительной обратной связи) в данный момент времени.

Выбор направления развития человеческого общества

Процесс осознания необходимости выбора направления развития человеческого общества уже начался, к сожалению, не с предельных концептуальных разработок, а как прямая практическая задача решения экологических проблем современного мира.

Доминирующая в настоящее время идея самоуправляемой рыночной экономики как основы устойчивого развития является блефом, т. к. неуправляемой экономики не существует. Основным в структуре управления является концептуальный уровень, определяющий исходные посылки мира будущего. Экологически чистое развитие, или развитие без разрушения, возможно только в том случае, если на этом уровне определяющими будут приняты экологические требования и в соответствии с ними разработаны остальные уровни управления. Все другие варианты создают лишь иллюзию решения экологических проблем.

Основные постулаты рыночной экономики, выступающей как механизм реализации концептуальных установок стратегии устойчивого развития, по своей сути антиэкологичны, и поэтому ожидания улучшения здоровья окружающей среды и человечества на Земле являются явно неоправданными (табл. 11.1).

Таблица 11.1

*Сравнительная характеристика
основных «ценностей» рыночной экономики
и требований экологически чистого развития*

«Ценности» рыночной экономики	Требования экологически чистого развития
Максимальная прибыль любой ценой	Искоренение нищеты
Высокое качество жизни «золотого миллиарда» за счет «развивающихся» стран	Устранение неустойчивых моделей потребления и производства
Несовместимость экономической логики Запада с экологическими критериями. Продолжение за «зеленой» ширмой прежней политики	Охрана и рациональное использование природной ресурсной базы экономического и социального развития. Здоровоохранение и устойчивое развитие
Кризис индустриальной цивилизации. Разрушение природы. Непримиемые противоречия между рыночной экономикой и демократией	Устойчивое развитие развивающихся государств. Повышение уровня жизни
Приоритет частной собственности. Наличие высокого запаса валютных резервов, влияние через МВФ и Всемирный банк	Наличие средств и методов осуществления программных документов ООН

Окончание табл. 11.1

«Ценности» рыночной экономики	Требования экологически чистого развития
СМИ как рупор рыночной экономики. Оболванивание массового потребителя: научить жить по инстинктам, навязать представление о потреблении как смысле жизни. Люди как потребляющий элемент. Интересы человека отошли на задний план, главное — непрерывный рост прибыли фирм	Институциональные рамки устойчивого развития (укрепление институциональной базы на международном уровне). Роль ООН. Роль Экономического и социального совета ООН. Роль и функции Комиссии по устойчивому развитию. Роль международных учреждений. Укрепление институциональных механизмов устойчивого развития на региональном и национальном уровнях

Единственной идеологией, которая не поддалась рыночной экономике и не поддастся ей никогда, осталась ЭКОЛОГИЯ. Это потому, что экономика и экология — в корне противоположные идеи. Экономика — это стремление к богатству, стремление к накоплению вещей всеми возможными, честными и нечестными способами. Экология — это стремление к сохранению природы, стремление к ее познанию и овладению ее скрытыми возможностями. Экономика стремится разрушить природу, экология — сохранить ее. Экология видит в природе самого Бога, а экономика стремится низвести природу до уровня сырья, объявляя богом деньги. Еще Христос говорил, что нельзя служить одновременно двум господам — Богу и мамоне, Богу и богатству. Вот почему эти две идеологии не сойдутся никогда.

Одним из самых острых проявлений общего кризиса индустриальной цивилизации стало официальное признание природоразрушающего характера созданного этой цивилизацией типа хозяйства — т. н. «рыночной экономики». Это признание стало итогом беспрецедентной конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992). Ее генеральный секретарь Морис Стронг подчеркнул:

... Западная модель развития более не подходит ни для кого. Единственная возможность решения глобальных проблем сегодняшнего дня — это устойчивое развитие.

Незадолго до этого было предложено и понятие:

Устойчивое развитие — это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Это условие накладывает на современную хозяйственную деятельность ограничение, «идушее из будущего». Оно связано прежде всего с невозобновляемыми ресурсами — минеральными и экологическими. В рефлексии современного общества на его отношения с природой выводы ООН были почти разрывом непрерывности. В истории культуры редко приходилось видеть такой радикальный и «моментальный» отказ части интеллигенции от общепринятой и господствующей модели всего образа жизни. Говоря о способе производства и потребления Запада как общей модели развития, нобелевский лауреат Я. Тинберген формулирует этот отказ следующим образом:

Такой мир невозможен и не нужен. Верить в то, что он возможен — иллюзия, пытаться воплотить его — безумие. Осознавать это — значит признавать необходимость изменения моделей потребления и развития в богатом мире².

В концепции устойчивого развития в качестве концептуальной установки мира будущего предлагается изменить структуру приори-



Морис Стронг



Ян Тинберген
(1903—1994)

² Тинберген Я. Пересмотр международного порядка. М., 1980.

тетов. Если раньше на первом месте стояло развитие производства, а уже под него формировалась структура потребления, то новая концептуальная установка диаметрально противоположна. Предлагается всем странам при разработке своих планов развития выдвигать на первое место структуру потребления, а уже под нее формировать структуру производства. Очевидно, что эта попытка изменить ситуацию на самом низшем (экономическом) уровне, не затрагивая вышестоящие, не может коренным образом изменить ситуацию. В лучшем случае это приведет к некоторому замедлению темпов приближения краха. Экономика есть средство реализации концептуальных установок и поэтому всегда управляема.

В 2002 г. была предпринята попытка сформулировать новую всемирную этику отношений и обсудить ее в Йоханнесбурге на конференции ООН, посвященной 10-летию конференции в Рио-де-Жанейро. Вместо конференции состоялся Всемирный саммит общественных организаций (более 60 тыс. чел.). Никаких решений принято не было, что наводит на мысль о начале саботажа выводов мировых экспертов и рекомендаций, принятых на их основе конференцией в Рио-де-Жанейро.



Кофи Аннан



Способен ли человек управлять развитием биосферы? Однозначного ответа на этот вопрос, по-видимому, дать нельзя, т. к. необходимо определиться с уровнем эффективности управления. Одно из положений теории систем утверждает, что сложность системы

управления, сохраняющей необходимое качество управления, растет неизмеримо быстрее сложности самой системы. Применительно к нашему случаю оно означает, что если человек хочет эффективно управлять развитием биосферы, то сложность его разума должна быть как минимум равна, а лучше превышать уровень представления биосферы в качестве управляемой системы. Кто может измерить сложность разума? Только сам разум! Сложность устройства головного мозга отдельного человека не вызывает сомнений, так же как и то обстоятельство, что управлять развитием всей биосферы единичным мозгом уже невозможно и в данный момент.

Первым шагом усложнения этой управляющей системы является переход на использование умственных усилий группы людей (коллективные методы управления). Предел этого шага — использование умственных усилий всего населения Земли. Референдум выступает как форма его проявления. Но невозможно по всякому управленческому решению опрашивать всей людей. Возможно, что когда-нибудь, при полностью развитой системе информационного обслуживания всего населения Земли, такие референдумы станут необходимой частью принятия важнейших решений.

Вторым шагом усложнения управляющей системы может быть использование опыта прошлых поколений. Мы и сейчас с ним знакомимся, изучая историю человеческого знания, но, к сожалению, не обращаем внимания на его уроки. История не учит, она предупреждает. Этот путь усложнения умственных усилий как управленческих практически бесконечен, т. к. каждое поколение оставляет свой опыт. Надо научиться его использовать, и тогда эффективность управления будет непрерывно повышаться с каждым новым поколением. Нет предела усложнению человека как управляющей системы, и поэтому есть надежда на то, что человечество научится соизмерять свои знания об окружающем мире и удовлетворение необходимых и формируемых потребностей.

Результаты социальных, экономических, демографических, экологических аспектов жизнедеятельности человечества (их число можно умножить) показывают неизбежность смены парадигмы развития земной цивилизации. Формы индустриального потребительского развития исчерпали свой потенциал. Чтобы остановить

процесс деградации и самоистребления, необходимо кардинально изменить вектор развития цивилизации. Мировое сообщество императивно вынуждено перейти на путь устойчивого развития, которое подразумевает гармоничное сосуществование человека, общества и природы. Огромный вклад в понимание ситуации и формирование стратегии внесли многие российские ученые, и прежде всего научные школы Н. Н. Моисеева и В. А. Коптюга.

Академик В. А. Коптюг принимал активное участие как в подготовке конференции в Рио в 1992 г., так и в разработке концепции устойчивого развития России. Одной из заслуг Коптюга является доведение до общественности, что конференция была посвящена отнюдь не только проблемам окружающей среды. Что надо иметь в виду три сферы — социальное развитие, экономическое развитие и сохранение окружающей среды, именно такую триаду. Коптюг внес колоссальный вклад в разработку концепции устойчивого развития России, но его идеи не были включены в итоговый документ. Таковым (весьма формальным) документом стал подписанный 1 апреля 1996 г. президентом России Б. Н. Ельциным Указ № 440 о Концепции перехода России к устойчивому развитию, опубликованный 9 апреля 1996 г. в «Российской газете».

Хочется сделать небольшое замечание: официальная Концепция перехода России к устойчивому развитию строится на идее постоянства окружающей человека среды. Мир же изменяется достаточно быстро и без участия человека.

К сожалению, большей части общества идеи Валентина Афанасьевича Коптюга мало известны, поскольку основные его публикации выходили в системе СО РАН³.

И еще несколько слов об истории, порядочности и этике. А. Эйнштейн, подписавший в канун Второй мировой войны письмо-пре-

³ См., например: Памяти Валентина Афанасьевича Коптюга. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999; *Матросов В. М.* «...Одного мы должны принести в жертву» // Там же. С. 22—32; *Коптюг В. А. и др.* Устойчивое развитие цивилизации и место в ней нашей России: проблемы формирования национальной стратегии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996; *Коптюг В. А.* Возможна ли разработка стратегии устойчивого развития России в настоящее время? // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2001. № 9(1). С. 145—155.

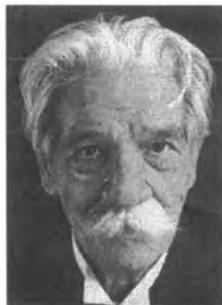
дупреждение физиков-атомщиков к президенту Ф. Д. Рузвельту о развертывании в Германии работ по атомной бомбе, в конце жизни считал это своей величайшей ошибкой: немцы бомбу не сделали, а американцы выпустили атомного джина из бутылки.

Близкий друг А. Эйнштейна, музыкант, врач и философ Альберт Швейцер, считал, что современная западная культура находится в глубоком кризисе именно из-за упадка веры и связанной с нею духовности. В понятие нравственности он включал не только разумеющиеся отношения между людьми, но и их отношения ко всему живому. Таким образом, он стал одним из духовных отцов экологии.

Жизнь, согласно Швейцеру, как самое сокровенное из того, что создала природа, требует к себе великого уважения. Это требование охватывает любую жизнь независимо от уровня ее развития. «Этика благоговения перед жизнью, — подчеркивает Швейцер, — не делает различия между жизнью высшей или низшей, более ценной или менее ценной».



Валентин Афанасьевич
Коптюг (1931—1995)



Альберт Швейцер
(1875—1965)

Первичность факта жизни, ее уникальность в любых формах проявления — вот что, по его мнению, следует принимать во внимание при разработке норм нравственных отношений. Он спорит с высказыванием Р. Декарта «Мыслью значит существую» и противопоставляет ему свою философскую доктрину «благоговения перед жизнью». Из своей философской формулы «Я есть жизнь, которая хочет жить среди жизни, которая также хочет жить» Аль-

берт Швейцер пытается вывести универсальные понятия добра и зла: «Добро — это сохранять жизнь, содействовать жизни, зло — это уничтожать жизнь, вредить жизни».

В заключение как проблемы для обсуждения сформулируем в сжатом виде предлагаемые идеи для формирования ноосферной парадигмы.

- Ключевым понятием ноосферной парадигмы является разум. Для разработки теории ноосферы необходимо принять деятельностное определение разума. Одним из возможных вариантов является представление разума как проявления сознания в виде мысли, воли, чувств.

- Научная мысль как возможная основа теории ноосферы требует разработки системы понятий и соответствующих показателей для оценки самой мысли и окружающей ее среды. В рамках научного подхода базовыми характеристиками мысли могут служить обычные для науки понятия «масса» и «запас свободной энергии». Вместо понятия «окружающая среда» в ноосферной парадигме имеет смысл перейти на понятие «поле проявления мысли» и разработать соответствующую систему его характеристик.

- Управленческая функция мысли в рамках перерабатывающей функции живого вещества означает, что ноосферная парадигма должна быть сформирована как теория управления, а это потребует разработки прежде всего концептуальных установок высшего звена управленческой иерархии. Существующая концепция устойчивого развития человеческого общества построена на концептуальных установках самого низшего звена управленческой иерархии, что делает ее бесперспективной.

- В ноосферной парадигме придется отказаться от разделения труда на физический и умственный и перейти на другую классификацию, разделив труд на управленческий и исполнительный, что неизбежно повлечет за собой изменение всей оценки труда.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, РАЗВИВАЕМЫЕ В ЛЕКЦИЯХ

- Экология — наука, изучающая взаимоотношения живых организмов и окружающей среды.

- «Биология» и «экология» не являются синонимами. В биологии основным понятием является биологический вид и идея различия живого и неживого. В экологии основным понятием является экологическая система и идея сходства живого и неживого.

- Экология в настоящее время не имеет собственного понятийного аппарата. Она использует понятия из любой области знания, трансформируя их для решения своих задач.

- Экологическая система есть модель взаимосвязей живых организмов (включая человека) и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи. Взаимодействие живых организмов между собой есть частный случай экологических взаимодействий.

- Рассмотрение природных объектов, процессов, явлений в виде экологических систем является одним из возможных системных представлений, но, в отличие от других вариантов, требует обязательного выделения компоненты (части, элемента), представленной живыми организмами. Нет запретов на уровни (формы, характеристики) представления этой компоненты в экологической системе.

- Экологический фактор есть выражение корреляции между переменными, выступающими как характеристики живого и окружающей его среды. Какую из этих переменных рассматривать как воздействие, определяется условиями решаемой задачи.

- Недостаток и избыток любого воздействия приводят к снижению уровня ответной реакции (правило лимитирующего действия факторов).

- Независимо от природы воздействие (физическое, химическое, биологическое, социальное, экономическое и т. д.) в рамках экологической системы всегда рассматривается как экологическое и может быть осуществлено тремя основными способами: ступенчато, импульсно, периодически.

- Увеличение сложности экосистемного представления природных тел, процессов, явлений не может быть бесконечным, так как наступает момент, когда уравниваются поступление энергии и ее расход на процессы самоподдержания. Количество живого вещества, которое может существовать в таких условиях, определяет максимальную поддерживающую емкость среды.

- Энергетический баланс земной поверхности рассматривается в экологии в рамках трех потоков: 1) от Солнца, 2) от Земли как нагретого тела и 3) дополнительного, или энергетической субсидии, связанной с трансформацией первых двух природными процессами на поверхности Земли и деятельностью человека.

- Круговороты вещества на Земле являются «ловушками» для всех трех потоков энергии.

- Учение о биосфере В. И. Вернадского (биогеохимическая концепция) рассматривается как концептуальная основа экологии.

- Все разнообразие живых организмов на Земле реализуется в рамках двух крайних его проявлений — в виде живого вещества и отдельного организма. Объединение в группы, выделяемые по разным признакам (биоценозы, виды, популяции, биотипы и т. д.), заполняет все пространство между этими крайностями, формируя основу для различных разделов и аспектов экологии.

- Представление всего разнообразия живых организмов в виде живого вещества позволило В. И. Вернадскому определить его основные характеристики, основную функцию на Земле и связать эволюцию отдельного вида с эволюцией всего живого вещества.

- Непосредственно со средой взаимодействует отдельный организм. Способы построения организмов (модулярный и унитарный) являются основой их разной жизнеспособности в постоянно меняющейся внешней среде. Рассмотрение ответных реакций организма на различных уровнях его организованности — молекулярно-генетическом, биохимическом, физиологическом, морфологическом, поведенческом — служит основой формирования своего ряда различных экологий.

- Экология человека рассматривается как частная экология, т. е. экология отдельного вида. Все взаимоотношения человека с окружающим миром — это экологические взаимоотношения. Других просто нет. Сложность оценки взаимоотношений человека с окружаю-

щим миром обусловлена чрезвычайно сильно выраженной у него перерабатывающей функцией, реализуемой с помощью трудовой и мыслительной деятельности, что приводит к формированию социальной и духовной сред, выступающих, в свою очередь, как регуляторные механизмы самой этой функции.

- У человека, как и у всех других видов живых организмов, переработка окружающей среды осуществляется через функции питания, дыхания и размножения. Они составляют триединство, определяющее живой организм. В период индивидуального развития каждая из них имеет свое значение. С момента рождения и до последнего выдоха функция дыхания осуществляется автоматически. Основное ее назначение — регуляция обменных процессов в организме. Функция размножения ответственна за воспроизводство организма и поэтому занимает доминантное положение в детородный период, что в значительной степени определяет в это время поведение человека. Только функция питания требует ежедневно постоянного обслуживания с момента рождения до последнего выдоха, что приводит к формированию всей системы природопользования.

- Биологические, социальные и духовные характеристики лежат в основе выявления внутривидовых групп человека, что затрудняет формирование представлений о внутривидовой структуре данного вида. Исходя из работ Л. Н. Гумилева, основной внутривидовой единицей у человека может считаться этнос как органически сочетающий биологическую, социальную и духовную компоненты. Человек живет этносами, а не биологическими популяциями.

- Сложность окружающей человека среды — природной, социальной, духовной — является основой еще одной группы экологии. Все так называемые неклассические экологии (промышленная, сельскохозяйственная, социальная, города и т. п.) являются частными аспектами экологии человека.

- Ноосферная парадигма в рамках экосистемного представления требует принятия деятельностного определения понятия разума и окружающей его среды. Только в этом случае возможна конструктивная теория ноосферы и устойчивое развитие человеческой цивилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Большаков В. Н.* Региональная экология / Большаков В. Н., Безель В. С., Таршис Г. И. и др. Екатеринбург: Сократ, 1998.
- Большаков В. Н.* Экология: Учеб. для вузов / Большаков В. Н., Качак В. В., Коберниченко В. И. и др.. М.: Логос: Наука, 2005.
- Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989.
- Вернадский В. И.* Живое вещество. М.: Наука, 1978.
- Вернадский В. И.* Избранные труды по истории науки. М.: Наука, 1981.
- Дежкин В. В., Попова Л. В.* Основы биологического природопользования. Учеб. пособие. М.: Модус-К: Этерна, 2005.
- Комов С. В.* Введение в экологию: (Десять общедоступных лекций). Екатеринбург: УралЭкоЦентр, 2001.
- Коптюг В. А.* Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России: проблемы формирования национальной стратегии / Коптюг В. А., Матросов В. М., Левашов В. К. и др. Владивосток: Дальнаука, 1997.
- Кормилицин В. И.* Основы экологии / Кормилицин В. И., Цицкишвили М. С., Яламов Ю. И. М.: Интерстиль, 1997.
- Марков Ю. Г.* Социальная экология: Взаимодействие общества и природы: Учеб. пособие. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004.
- Моисеев Н. Н.* Судьба человека: Путь Разума. М.: Изд-во МНЭГПУ, 1998.
- Моисеев Н. Н.* Человек и ноосфера. М.: Мол. гвардия, 1990.
- Николайкин Н. И.* Экология. Учеб. для вузов / Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. М.: Высш. шк., 2005.
- Одум Ю.* Экология: В 2 т. М.: Мир, 1986.
- Очерки по истории экологии. М., 1970.
- Проблемы образования в области окружающей среды: Материалы Межправит. конф. по образованию в обл. окружающ. среды, 14—26 окт. 1977 г., Тбилиси. М., 1979 (см. также: Изв. Урал. го. ун-та. 2002. № 23).
- Реймерс Н. Ф.* Охрана природы и окружающая человека среда. М.: Просвещение, 1992.
- Родзевич Н. Н.* Геоэкология и природопользование: Учеб. для вузов. М.: Дрофа, 2003.
- Скиннер Б.* Хватит ли человечеству земных ресурсов? М.: Мир, 1989.
- Степановских А. С.* Общая экология: Учеб. для вузов, М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.
- Тимофеев-Ресовский Н. В.* Краткий очерк теории эволюции / Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В. М.: Наука, 1977.

Тихомиров Н. П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками: Учеб. пособие для вузов / Тихомиров Н. П., Потравный И. М., Тихомирова Т. М. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.

Химия окружающей среды / Под ред. Дж. О. М. Бокриса. М.: Химия, 1982.

Шилов И. М. Экология. М.: Высш. шк., 1997.

Экологическая ситуация в России: выход из кризиса. Вып. 6. М.: Комплекс-Прогресс, 1996.

Яблоков А. В., Остроумов С. А. Уровни охраны живой природы. М.: Наука, 1985.

Tansley, A. G. 1939. British ecology during the past quarter-century: the plant community and the ecosystem // *J. of Ecol.* 27. P. 513—530.

Sir Arthur Tansley. The Man and the Subject: The Tansley Lecture, 1976. Published in *The Journal of Ecology*. Vol. 65, nr. 1 (Mar., 1977). P. 1—26.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Автотрофные организмы (от гр. αὐτός — сам, τροφή — пища, питание) — организмы, первично синтезирующие на Земле органические вещества из неорганических. К ним относятся зеленые растения, фототрофные бактерии, способные к фотосинтезу, а также бактерии, использующие энергию окисления неорганических веществ (хемосинтез).

Адаптация (от лат. *adaptatio* — приспособление, прилаживание) — процесс выработки приспособлений организмов к условиям их существования.

Адаптивная зона — определенный тип местообитаний с характерной совокупностью специфических экологических условий: море, суша, почва и т. п.; совокупность адаптивных возможностей, характеризующих группу организмов.

АТФ — аденилпирофосфорная кислота; нуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты; универсальный переносчик и аккумулятор химической энергии в живых клетках.

Аллелопатия (от гр. ἀλλήλο — взаимно, πάθος — страдание, испытываемое воздействие) — взаимодействие растений посредством выделения биологически активных веществ (фитонциды, колины, антибиотики и т. п.) во внешнюю среду.

Амбивалентность (от лат. *ambo* — оба, *valentia* — сила) — двойственность, противоположность.

Антропоморфизм (от гр. ἄνθρωπος — человек и μορφή — форма, вид) — наделение тел и явлений живой и неживой природы обликом и свойствами человека — психикой, сознанием и т. п.

Ареал (от лат. *area* — площадь, пространство) — часть земной поверхности, в пределах которой распространены и проходят полный жизненный цикл своего развития вид, род, семейство и т. д. или какой-либо тип сообщества. Выделяют первичные, сплошные, прерывистые, реликтовые ареалы.

Аридная область (от лат. *aridus* — сухой) — области поверхности земного шара с высокой температурой воздуха и малым количеством осадков.

Аутосомы (от гр. αὐτός — сам, σωμα — тело) — все хромосомы в клетках раздельнополоых животных, растений, грибов за исключением половых хромосом.

Биогенное вещество — вещество, которое создается и перерабатывается живыми организмами (каменный уголь, битумы, известняки, нефть и т. п.).

Биогеохимические провинции — естественные геохимические аномалии, выделяемые по недостатку или избытку отдельных элементов.

Биогеохимические циклы — обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью организмов и носящий циклический характер.

Биокосное вещество — вещество, которое создается одновременно живыми организмами и косными процессами (почва, кора выветривания, основная масса воды и т. п.).

Биологический прогресс — изменения организмов, приводящие к процветанию вида.

Биологический регресс — изменения организмов, приводящие к застуханию вида.

Биом (от англ. *biome*) — совокупность различных групп организмов и среды их обитания в определенных природных зонах и поясах — степи, тайге, пустыне и т. д.

Биоморфа (от гр. βίος — жизнь, μορφή — форма, вид) — для животных то же, что жизненная форма для растений.

Биота (от гр. βιοτή — жизнь) — фауна и флора отдельной области, района; предельное выражение фауны и флоры всей Земли.

Биотип — группа генетически идентичных особей.

Биотический потенциал — скорость увеличения численности особей отдельного вида при отсутствии лимитирующих воздействий.

Биотоп (от гр. βίος — жизнь, τόπος — место) — участок земной поверхности с однотипными условиями среды, занятый определенным биоценозом.

Биоценоз (от гр. βίος — жизнь, κοινός — общий) — совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих данный участок земной поверхности и характеризующихся определенными отношениями между собой.

Взаимодействие — процесс взаимного влияния тел друг на друга; всякая связь и отношение между материальными объектами и явлениями; отношение, в котором причина и следствие постоянно меняются местами; конечная причина всего существующего.

Воля — форма поведенческой реакции, рассматриваемая как способность к выбору деятельности и внутренним усилиям, необходимым для ее осуществления. Волевое поведение включает принятие решения, часто сопровождающееся борьбой мотивов (акт выбора), и его реализацию.

Всеобщая связь явлений — проявление универсального взаимодействия всех предметов и явлений.

Гамета (от гр. *γάμετε* — жена, *γάμετής* — муж) — половая клетка; репродуктивная клетка животных и растений. Обеспечивает передачу наследственной информации от родителей к потомкам. Обладает гаплоидным (одинарным) набором хромосом. Две гаметы, сливаясь при оплодотворении, образуют зиготу с диплоидным (двойным) набором хромосом.

Гемикриптофиты (от гр. *ημι* — полу, *κρυπτος* — скрытый, *φυτόν* — растение) — жизненная форма растений, у которых почки возобновления в неблагоприятный для вегетации период года сохраняются на уровне или несколько выше почвы.

Ген (от гр. *γένος* — род, происхождение) — функциональная неделимая единица генетического материала; участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру молекулы белка, транспортной или рибосомальной РНК или взаимодействующий с регуляторным белком.

Генотип (от гр. *γένος* — род, происхождение, *τύπος* — отпечаток) — совокупность генов одной клетки или организма; совокупность генетических факторов, создающих генетическую конституцию особи.

Генотипическая среда — комплекс генов, влияющих на проявление в структурах и функциях организма конкретного гена (или генов).

Генофонд — совокупность генов данной популяции, существующая в данное время.

Геохимическая функция живого вещества — непрерывная, не прерывающаяся ни на мгновение работа по переработке живыми организмами своего окружения. Осуществляется через питание, дыхание и размножение живых организмов.

Гермафродит (от гр. *Ἡρμαφροδίτος* — сын Гермеса и Афродиты, мифическое обоеполое существо) — наличие у одной особи одновременно мужских и женских гонад.

Гетерогенность (от гр. *ἕτερογενής* — инородный) — разнородность.

Гетерозигота — особь, имеющая разные генетические факторы в соответствующих друг другу частях родительских хромосом.

Гетеротрофные организмы (от гр. *ἕτερος* — иной, *τροφή* — пища, питание) — организмы, использующие в качестве источника углерода готовые органические вещества.

Гомеостаз (от гр. *ὁμός* — подобный, одинаковый, *στάσις* — неподвижность, состояние) — способность систем противостоять изменениям и сохранять постоянство состава и свойств.

Гонады (от гр. *γονή* — порождающее) — органы, образующие половые клетки и половые гормоны.

Гумидный климат (от лат. *humidus* — влажный) — климат областей с избыточным увлажнением, когда осадки превышают испарение и просачивание в почву, а избыток влаги удаляется речной сетью.

Гуминовые кислоты — темноокрашенные вещества, входящие в состав органической массы почв (до 10 %), торфа (до 60 %), бурых углей (20—40 %). Строение окончательно не установлено. Образуются в условиях слабощелочной реакции почвы, когда среди деструкторов преобладают бактерии.

Дем (от гр. δῆμος — народ, население) — относительно изолированная от других внутривидовая группировка организмов (локальная популяция). Для нее характерна более высокая степень панмиксии.

Детрит — мертвое органическое вещество.

Диплоид (от гр. διπλούς — двойной, εἶδος — вид) — организм, клетки которого имеют два гомологичных набора хромосом.

Доминанта (от лат. *dominans* — господство) — преобладающий в ценозах вид, определяющий вектор поведения; структурное состояние гена, определяющее признак в организме.

Живое вещество — совокупность химических элементов, сосредоточенных во всех живых организмах, вместе взятых.

Жизненная форма — внешний облик растений, отражающий их приспособление к условиям среды. У животных — б и о м о р ф а, у человека — а д а п т и в н ы й т и п.

Жизненный цикл — совокупность всех фаз развития организма. Длительность жизненного цикла определяется числом поколений (генераций) в течение года или числом лет, на протяжении которых осуществляются все фазы развития.

Закон минимума Либиха: вещество, находящееся в минимуме, управляет урожаем и определяет величину и устойчивость последнего во времени.

Зигота (от гр. ζυγώτις — сопряженная) — оплодотворенная яйцеклетка; клетка, образующаяся в результате слияния гамет разного пола.

Зооценоз (от гр. ζῷον — животное, κοινός — общий) — совокупность животных, совместно обитающих при определенных условиях; часть биоценоза.

Инбридинг (англ. *inbreeding*, от *in* — в, внутри, *breeding* — разведение) — близкородственное скрещивание.

Импринтинг (от англ. *imprint* — отпечатывать, запечатлеть) — формирование в раннем периоде развития организма устойчивой индивидуальной избирательности к внешним воздействиям.

Интерзональная растительность — естественная растительность, не образующая самостоятельной зоны, встречается лишь в пределах одной или нескольких зон. Например, растительность болот, соленых водоемов, отелей и т. п.

Интерсекс (от лат. *inter* — между, *sexus* — пол) — организм, эмбриональное развитие которого начинается нормально, но с определенного момента продолжается по типу другого пола.

Косное вещество — вещество, образуемое процессами, в которых не участвуют живые организмы.

Консорция (от лат. *consortium* — соучастие, сообщество) — структурная единица биоценоза, объединяющая организмы на основе пространственных (топических) и пищевых (трофических) связей.

Корреляция (от лат. *correlatio* — соотношение) — взаимосвязь разных признаков (органов, процессов, явлений) в организме. Выделяют генетические, морфогенетические, функциональные корреляции.

Козволюция (от лат. *co* — с, вместе, *evolutio* — развертывание) — эволюционные взаимодействия организмов разных видов, не обменивающихся генетической информацией, но тесно связанных биологически.

Максимальная поддерживающая емкость среды — количество живого вещества, которое поддерживается, когда уравнивается приход и расход энергии. Оптимальная емкость среды всегда ниже максимальной.

Междоузлие — участок стебля между смежными узлами побега.

Мезофиты — (от гр. μέσος — средний, φυτόν — растение) — растения, обитающие в условиях с достаточным количеством воды в почве. Промежуточная группа между ксерофитами (растения засушливых зон) и гигрофитами (растения зон с избытком воды).

Метаморфоз — (от гр. μεταμορφωσις — превращение) — превращение одного органа в другой со сменой формы и функции.

Морфогенез (от гр. μορφή — вид, форма, γένεσις — происхождение, возникновение) — возникновение новых форм и структур в ходе индивидуального и исторического развития организмов.

Мутация (от лат. *mutatio* — изменение) — наследуемые изменения генетического материала (естественно или вызванные искусственно) и приводящие к изменению признаков организма.

Норма реакции — возможность развития спектра вариаций признака в определенном диапазоне колебаний внешних условий.

Онтогенез (от гр. ὄντος — сущее, γένεσις — происхождение, возникновение) — вся совокупность преобразований организма от зарождения до смерти.

Панмиксия (от гр. πάν — все, μίξις — смешивание) — свободное скрещивание разнополых организмов с разными генотипами.

Панспермия (от гр. πάν — все, σπέρμα — семя) — представления о возможности переноса жизни в космическом пространстве и заносе ее на Землю.

Партеногенез (от гр. παρθένος — девственница, γένεσις — происхождение, возникновение) — форма полового размножения; развитие яйцеклетки без оплодотворения.

Пищевая сеть — разветвленная система пищевых цепей.

Пищевая цепь — ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и в свою очередь оказываются съеденными теми, кто следует за ними.

Поле — часть пространства, в пределах которого действует что-либо.

Поле существования жизни — для Земли биосфера.

Полиморфизм (от гр. πολύ — много, μορφή — форма) — наличие отличающихся по облику особей в пределах одной группы организмов (вида, популяции).

Природное тело (явление) — материальный объект или его фрагмент с фиксированными пространственными и/или временными границами.

Продуценты (от лат. *producentis* — производящий, создающий) — автотрофные организмы, создающие с помощью фотосинтеза или хемосинтеза органические вещества из неорганических.

Редуценты (от лат. *reducentis* — возвращающий, восстанавливающий) — организмы, питающиеся мертвым органическим веществом и подвещающие его минерализации (деструкции).

Реликты (от лат. *relictum* — остаток) — виды и другие таксоны растений и животных, сохранившиеся от ранее широко распространенных флор и фаун.

Сапрофиты (от гр. σαπρός — гнилой, φυτόν — растение) — гетеротрофные организмы, использующие для питания органические соединения мертвых тел или выделения (экскременты) животных. В растительном мире называются с а п р о ф и т а м и, в животном — с а п р о ф а г а м и.

Система экологическая (от гр. ουστήριον — целое, составленное из частей) — модель взаимосвязей живых организмов и окружающей их среды в рамках решения конкретной задачи.

Спорь: (от гр. σπόρος — сеяние, посев, семя) — специализированные клетки (грибы, растения) или многоклеточные образования (споровики), служащие для размножения и расселения.

Суккуленты (от лат. *succulentus* — сочный) — многолетние растения с сочными мясистыми листьями (алоэ) или стеблями (кактусы).

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — последовательная смена во времени одних биоценозов другими.

Толерантность (от лат. *tolerantia* — терпение) — способность организма переносить отклонения экологических факторов от оптимальных.

Трофический уровень — совокупность организмов, объединенных типом питания.

Трофическая цепь — то же, что и пищевая цепь: группы организмов, связанные друг с другом отношениями «пища — потребитель».

Фактор антропогенный — порожденные деятельностью человека тела, процессы, явления, воздействующие на природу совместно с естественными.

Фактор экологический — выражение корреляции между векторными переменными, выступающими как характеристики биоты и окружающей среды; движущая сила процессов, воздействие. Физические, химические, биологические, социальные и другие воздействия, рассматриваемые в рамках конкретной экологической системы, всегда выступают как экологические факторы.

Фанерофиты (от гр. φαῖρος — видимый, открытый, явный, φυτόν — растение) — жизненная форма растений, почки возобновления которых находятся высоко над поверхностью почвы.

Фенотип (от гр. φαίνω — являю, обнаруживаю, τύπος — отпечаток, форма, образец) — совокупность всех признаков и свойств организма, формирующихся в процессе взаимодействия его генетической структуры (г е н о т и п а) и внешней среды.

Филогенез (от гр. φύλον — род, племя и γένεσις — возникновение) — историческое развитие мира живых организмов как в целом, так и отдельных таксономических групп — царств, типов, классов, отрядов, семейств, родов, видов.

Фитоценоз (от гр. φυτόν — растение и κοινός — общий) — совокупность растений на относительно однородном участке земной поверхности (растительное сообщество).

Фотопериодизм (от гр. φωτός — свет и περίοδος — чередование, круговращение) — реакция организмов на суточный ритм освещения, т. е. на соотношение светлого и темного периодов суток.

Фульвокислоты — органические кислоты, образующиеся при разложении органического вещества почвы, когда среди деструкторов преобладают грибы, и при сильно кислой реакции почвы. Строение окончательно не установлено.

Хамефиты (от гр. χαμαί — на земле и φυτόν — растение) — жизненная форма растений, почки возобновления которых находятся невысоко (20—30 см) над поверхностью почвы.

Хромосомы (от гр. χρώμα — цвет, краска, σῶμα — тело) — органеллы клеточного ядра, являющиеся носителями генов и определяющие

наследственные свойства клеток и организмов; интенсивно окрашенные ДНК-содержащие структуры в ядре клетки.

Чистая радиация — разность между суммарным потоком излучения от Солнца и от Земли.

Чувства — эмоции, волнения, «движения души» (обозначение разнообразных психических феноменов).

Эвапотранспирация — суммарный расход влаги на испарение растениями (т р а н с п и р а ц и я) и испарения с поверхности почвы (э в а п а р а ц и я).

Эволюция (от лат. *evolutio* — развертывание) — необратимый процесс исторического изменения живого.

Эврибионты (от гр. εὐρύς — широкий, βίοντος — живущий) — животные или растения, способные существовать при широких изменениях факторов окружающей среды.

Эдафон (от гр. εδαφῆς — основание, почва) — совокупность живых организмов в почве.

Эдификаторы (от лат. *aedificator* — строитель) — преобладающие в фитоценозах виды растений с сильно выраженной средообразующей способностью.

Экобиоморфа — термин, предложенный Е. М. Лавренко (1965) вместо термина *ж и з н е н н а я ф о р м а*. Учитывает не только изменения внешней формы в том или ином местообитании, но и физиологические изменения.

Экоклимат — группа необходимых условий для нормальной жизнедеятельности организмов.

Экотип — совокупность особей любого вида растений, приспособленных к условиям места обитания и обладающих наследственными признаками, обусловленными экологически.

Экотон — переходная зона между сообществами.

Экотоп — местообитание; термин, близкий *б и о т о п у*.

Экоцид — преднамеренное уничтожение среды обитания животных и человека.

Экологическая валентность — степень способности организмов существовать в разнообразных жизненных условиях.

Экологическая ниша — совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.

Экологическая эффективность биоценоза — относительное количество энергии, передаваемое с одного трофического уровня на другой.

Экологические типы — группы организмов, различные по систематическим признакам, но имеющие сходные приспособления к определенным условиям среды.

Экологическое равновесие — относительная устойчивость видового состава живых организмов в любых природных условиях.

Энергетическая субсидия — всякий источник энергии, уменьшающий затраты на самоподдержание экологической системы и увеличивающий ту долю энергии, которая может переходить в продукцию.

Эндемики (эндемы) (от гр. ἐνδημος — местный) — виды, роды, семейства или другие таксоны животных и растений, ограниченные в своем распространении.

Эфемероиды — многолетние травянистые растения, для которых характерна осенне-зимне-весенняя вегетация.

Эфемеры — однолетние травянистые растения, завершающие полный цикл развития за очень короткий период.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адаптация рецепторов 227
Адаптивный тип 202, 253
Альbedo 92—93
Анализ и синтез, ступени 19—22
Ареал 154
Атмосфера 310—313
Аутэкология 152
- Баланс солнечной энергии на Земле 89
Биогеохимическая концепция биосферы 102
Биологический вид 153—154
Биоморфа 201
Биоразнообразие 133
Биосфера 18
Биотоп 43
Биоценоз 170—185
- Вестибулярная сенсорная система 237—238
Взаимодействие сенсорных систем 238
Взаимодействия 17—18
Виды в биоценозе 185
Вмешательство человека в природу 305—309
Выживаемость 156—164
- Газовая функция биосферы 113—115
Ген, геном человека 209—210
Генетическая программа 133
Генотип 132
Гипотермия 217
Гликолиз 94—95
Гомеостаз 245
Границы биосферы 85—86
- Две картины мира 29—31
Демографическая проблема 302—304
Детритные цепи 180—181
- Динамика численности популяции 165, 264
Дыхание и экология человека 264
- Живое в рамках биогеохимической концепции 107—111
Жизненный цикл 135
- Задачи глобального уровня 333—335
Закон бережливости Бэра 101
Закон Вебера — Фехнера 225
Закон Мальтуса 102
Закон Стефана — Больцмана 216
Здоровье 244—247
Зигота 205
Зрительная система 229
- Иммунная система 246—247
Интегральные реакции целого организма 241—247
- k*- и *r*-стратегии 186—188, 265
Классификация экосистем 55—64
— экофакторов 67—69
Климатическая формация 176
Конвексия 257
Консорция 257
Консумент 180
Концепция биосферы 86—89, 102
— устойчивого развития 333
Кортиев центр 233
Красные книги 301
Круговороты вещества 98—102
- Ландшафты 291—292
- Местообитание 138
Метод моделирования 24—25

- Модель природного объекта 51—52
Модулярный организм 134
Мутации (мутагенез) 142—143
Мысль 207
— изреченная 241
— эволюция в ноосферу 119
— научная 320
- Ноосфера 317
Ноосферная парадигма 202, 317
- Обоняние 234
Окружающая среда 322
Организация из хаоса 31
Организм 204
Особь, индивид 205
- Парниковый эффект 90
Пассионарность 257—258
Переработка окружающей среды 131
Пищевая цепь 179, 279
Племя 202
Плотность населения 160—161
Поддерживающая емкость среды 97
Поле биоценоза 189
— живого вещества 119—124
— популяции 166
Популяционная парадигма 42
Популяция 154—155, 248
Порог раздражения 225
Потребность 273—274
Правило 10 % 182
Прикладная экология 290
Принцип Ле Шателье — Брауна 125
— Олли 157
— Пастера 122
— Реди 123
Природные зоны 86
— тела 44—45
— системы 45
Природопользование 270—272
Проблема чистой воды 313, 315—316
- Продолжительность жизни 267
Продуктивность 95—97
Продуценты 179
Происхождение человека 117—119
- Разум 319
Раса 202
— признаки 249—252
Растекание живого 116
Ресурс 273
Рецепторы 224
— вкуса 235
Речевые форманты 239
Род 202
Рождаемость 266
- Свободная энергия 109
Семья 202
Сенсорные системы 223
Сенсоры кожи 236—237
Синэкология 169
Системность 45
Системный подход 47—50
Слуховая система 232
Среда обитания 65
Стадии этногенеза 258—260
Стратегия устойчивого развития 36
Стресс 247
Структура экологии 26—29
— экосистемы 52—54
Ступени управления 325—330
Сукцессия 170
- Термины и понятия 41
Технология природопользования 289
Трофический уровень 179
Труд 288
- Унитарный организм 134
Управление 292—294
Устойчивость биосферы 124—126
— биоценоза 188

-
- Учение о биосфере 83
Учитель 199
- Ф**акторы воздействия на развивающийся организм 144—152
Фенотип 132
Фотосинтез 93
Функция живого вещества 111
— питания 261—264
— размножения 115
— распределения 284
— Стивенса 226
- Характеристика популяции 156—165, 265—268
Хранительницы огня 198
- Цикл Кребса 95
- Ч**еловеческое общество 295—296
Чистая радиация 97
- Э**волюционный взрыв 177
Эволюция биосферы 116—119
Экологическая катастрофа 74—76, 296—297
— пластичность организма 133
— система 17
Экологические ниши 186—187
— проблемы 162—163
Экологический кризис 77—79, 298
Экология как наука 11
— человека 193—194
Экосистемная парадигма 43
Электромагнитные поля и биоритмы 105
Энергетическая субсидия 97
Этносы 203, 256

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алексеева Т. И. 253, 263, 264
Аннан Кофи 334

Бернар К. 245
Берталанфи Л. 47, 48
Бигон М. 15, 136, 178, 189
Богданов А. А. 47, 48, 125
Боас Ф. 252
Борисенков Е. П. 79
Брундтланд Г. Х. 35, 199, 200
Будыко М. И. 58
Бэр К. А. 101, 308
Бюффон Ж. 84

Вавилов Н. И. 47
Вебер Е. 225
Вернадский В. И. 8, 10, 18, 30, 44, 53,
102, 110, 131, 287, 317, 319
Виноградов А. П. 58
Вудрефф Л. Л. 174, 175

Гаузе Г. Ф. 187
Гегамян Г. 121, 123
Геккель Э. 12, 14
Глазовский Н. Ф. 305, 307
Глотов Н. В. 166
Горшков В. Г. 104
Грант В. 166
Григорьев Н. А. 58
Гумбольдт А. 86
Гумилев Л. Н. 256, 260
Гурвич А. Г. 120

Дарвин Ч. 115, 117
Декарт Р. 337
Джонсон Р. 186
Докучаев В. В. 86, 87

Зюсс Э. 121

Ивантер Э. В. 159
Иогансен В. 133
Исаков Ю. А. 43, 63

Казначеев В. П. 255
Кашкаров Д. Н. 14
Кирхнер О. 13, 169
Клементс Ф. 176, 177
Ковальский В. В. 58, 60
Коллинз Ф. 210
Коптюг В. А. 337
Корбет 172
Кун Т. 324
Куражковский Ю. Н. 57, 58, 70, 271

Лайель Ч. 12
Ламарк Ж. 275
Лаптев И. П. 68
Леруа Э. 319
Лейбниц Г. 45
Ленин В. И. 50
Ле Шательер А. Л. 125
Линдемманн Р. Л. 182
Линней К. 12
Лихачев Д. Н. 256
Лотка А. 160
Львович М. М. 99

Мазур И. И. 290, 291
Маркс К. 288
Мебиус К. 170, 177
Медоуз Д. 49, 105
Менделеев Д. И. 109
Молдованов 291
Монсеев Н. Н. 199, 336
Мончадский А. С. 67, 69, 81

Наумов Н. П. 14, 159
Несмеянов А. Н. 304

- Николаевская Е. 153
Новоженков Ю. Н. 277
Ньютон И. 45
- Одум Ю. 15, 43, 56, 64
Осипов В. И. 296
- Павлов И. П. 238
Панфилов А. Г. 63
Парк Т. 187
Пасецкий В. М. 79
Пианка Э. 186
Пирл Р. 163
Пресман А. С. 104
Пригожин И. Р. 49
Прутков К. 83
Пуанкаре А. 41, 42
- Работнов Т. А. 186
Раймонд 163
Райт С. 166
Раменский Л. Г. 185
Резанов И. А. 296
Рей Д. 154
Реймерс Н. Ф. 15, 44, 271
Рифлекс Р. 182, 183
- Секст Эмпирик 45
Стронг М. 333
- Таусенд К. 136, 178
Тахтаджян А. А. 47
Тилман Д. 286
Тимофеев-Ресовский Н. В. 166
- Тинберген Я. 281, 333
Тинеманн 87, 172
Тэнсли А. 16, 17, 43
- Уильямсон М. 172
Уиттекер Р. 57, 58
- Фесуненко О. П. 116
Фехнер А. 225
Фишер Д. 172
Форрестер Дж. 49
- Харпер Дж. 136, 178
Хатчисон Д. 187
Холдридж Л. 57
- Чепмен Р. Н. 158
Чижевский А. Л. 88, 89
- Шарден П. Т. 319
Шварц С. С. 11, 255
Швейцер А. 337
Шелфорд В. 14
Шретер К. 169
Штауфер Р. 14
- Эдамс Ч. 43
Эйнштейн А. 119, 336
Элтон Ч. 14, 186
Энгельс Ф. 197
Эшби У. Р. 49
- Яблоков А. В. 155, 166

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Жуковский В. М.</i> [Вступительная статья]	3
Введение	9
Лекция 1. Экология как область научного знания	11
Содержание, предмет и метод экологии	11
Структура современной экологии	26
Пути решения экологических проблем	29
Лекция 2. Понятийный аппарат экологии	41
Основные понятия и определения	41
Понятия природного тела и системы	44
Становление системного подхода к природным объектам	47
Проблема границ природного тела и системы	50
Место экосистемы в рамках системного подхода	51
Структура экологической системы	52
Классификация природных объектов как экологических систем	55
Среда обитания	65
Условия жизни	65
Экологический фактор	66
Классификация экологических факторов	67
Правила действия экологических факторов	69
Лекция 3. Учение о биосфере как методологическая основа современной экологии	83
Место биосферы в структуре Земли. Границы биосферы	85
Основные концепции биосферы	86
Баланс солнечной энергии на Земле	89
Круговороты вещества на Земле — «ловушка» для энергии	98
Биогеохимическая концепция биосферы В. И. Вернадского	102
Структура биосферы в рамках биогеохимической концепции	107
Основная функция живого вещества	111
Эволюция биосферы	116
Поле живого вещества	119
Устойчивость биосферы	124
Лекция 4. Взаимодействие живого организма с окружающим миром как первичная реализация экологических отношений	131
Понятие организма (особи, живого существа)	131
Генотип, фенотип, норма реакции	132
Унитарное и модулярное строение организмов	133
Жизненный цикл	135
Характеристики живого организма	137
Ответные реакции организма на внешние воздействия	141
Основные характеристики внешней среды	144
Лекция 5. Взаимодействия групп живых организмов с окружающим миром ...	153
Понятия биологического вида и популяции	153
Основные характеристики популяции	156

Динамика численности популяции	165
Поле популяции	166
Характеристика биоценоза	171
Судьба вида в биоценозе	185
Лекция 6. Человек как элемент экосистемных взаимодействий	193
Предмет экологии человека	193
Человек в системе экологических взаимодействий	196
Лекция 7. Экологические взаимодействия организма, индивидуума, личности	204
Основные понятия	204
Этапы развития человеческого организма	206
Генетическая программа развития организма	209
Вещественно-энергетический канал экологических взаимодействий человеческого организма	212
Энергоинформационный канал взаимосвязи человеческого организма с окружающим миром	223
Понятие сенсорной системы	223
Адаптация рецепторов	227
Функции рецепторов	228
Интегральные реакции организма на различные воздействия	241
Поведенческий акт человека	241
Здоровье	244
Лекция 8. Экологические взаимодействия групповых объединений людей	248
Формы групповых объединений	248
Группы людей, выделяемые по биологическим критериям	249
Этносы	255
Особенности проявления функции питания человека	261
Роль дыхания в экологии человека. Динамика численности населения	264
Лекция 9. Природопользование как аспект экологии человека	270
Задачи и цели природопользования	270
Природопользование как механизм реализации потребностей человека	272
Технологические аспекты природопользования	289
Управленческие аспекты природопользования	292
Лекция 10. Предельные экологические взаимодействия человека (общество ↔ природа)	295
Понятие общества	295
Экологическая катастрофа и экологический кризис	296
История человеческого общества	299
Экологические проблемы современного общества	302
Лекция 11. Ноосферная парадигма	317
Ноосфера как экологическая система	317
Место научной мысли в структуре перерабатывающей функции человека	320
Основные характеристики мысли	320

Проблема понятия «окружающая среда» в ноосферной парадигме	322
Ноосферная парадигма как теория управления развитием человеческого общества	324
Выбор направления развития человеческого общества	330
Вместо заключения. Основные положения, развиваемые в лекциях	339
Список литературы	342
Краткий словарь терминов	344
Предметный указатель	353
Именной указатель	356

Учебное издание

Комов Сергей Васильевич

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ ЧЕЛОВЕКА

Учебное пособие

Редактор и корректор Р. Н. Кислых
Компьютерная верстка Н. В. Комардиной

Диапозитивы для офсетной печати подготовлены
редакционно-издательским отделом университета

План выпуска 2007 г., поз. 33. Подписано в печать 29.05.2007.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 20,16. Усл. печ. л. 20,93. Тираж 500 экз. Заказ **112**

Издательство Уральского университета. 620083, Екатеринбург, пр. Ленина, 51.

Отпечатано в ИПЦ «Издательство УрГУ». 620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.