

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

А.И. Илларионов

ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Учебное пособие

**Воронеж
2016**

УДК 574.24:632.95(075)
ББК 44.9Я7
И 44

Рецензенты:

Доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» кандидат химических наук **В.В. Фролова**

Доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» кандидат сельскохозяйственных наук **В.В. Гарнага**

Илларионов А.И.

И 44 Экотоксикология пестицидов: Учебное пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО ВГАУ, 2016. – 262 с.

В учебное пособие включены информационные материалы по истории, современному состоянию и перспективам развития экотоксикологии пестицидов в Российской Федерации. Достаточно подробно, на современном методическом уровне раскрываются пути поступления и распространения пестицидов в окружающей среде. Значительное внимание уделено сведениям о поведении пестицидов в окружающей среде, действию их на нецелевые объекты и особенностям превращения токсикантов из различных классов химических соединений в организме животных, растений и почве.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 35.04.04 – Агрономия

Табл. 8. Ил. 20. Библиогр.: 57 назв.

© Илларионов А.И., 2016

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие Российской Федерации, высокое качество жизни и здоровья ее населения, а также национальная безопасность, декларируемые правительственными документами, могут быть обеспечены только при условии сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды. [57].

В настоящее время первостепенная роль в решении прямых задач фитосанитарного плана в посевах и насаждениях сельскохозяйственных культур обоснованно отводится химическому методу защиты растений. Не менее важная роль химическому методу будет принадлежать и в обозримом будущем. Химический метод, несомненно, сохранит свое значение в рамках интегрированных систем защиты растений. Он как необходимый элемент этих систем постоянно совершенствуется, причем это касается как самих химических средств, так и технологий их применения. Их биологическая эффективность и экологическая безопасность при этом повышается.

Тем не менее, при использовании пестицидов повышается актуальность проблемы побочных эффектов, связанных с отрицательным влиянием пестицидов на здоровье населения не только в сфере аграрного сектора, но и в других отраслях экономики. В современном мире в среднем ежегодно регистрируется 26 млн. случаев отравления людей, связанных с пестицидами, в т.ч. 3 млн. серьезных отравлений и около 220 тыс. со смертельным исходом. Сложная ситуация с опасностью использования пестицидов проявляется и в России при относительно невысоких уровнях интенсивности их использования [11].

В этом плане биологически высокоэффективное, экологически безопасное и экономически выгодное применение химических средств оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем неразрывно связано с необходимостью высокой профессиональной подготовки и постоянного повышения квалификации специалистов, занятых подбором и применением современных химических препаратов. Они должны знать:

- физические, химические и токсикологические свойства пестицидов и пути их метаболизма в организме растений, животных, почве и воде;

- механизм действия пестицидов и их метаболитов на живые организмы и особенности функционирования живых организмов в условиях присутствия токсикантов;

- диагностические признаки поражения пестицидами живых организмов;

- возможные уровни загрязнения пестицидами почвы, воды, воздуха, кормов, продуктов питания.

Уметь:

- систематизировать и структурировать информацию об изучаемом объекте;

- выделять наиболее вероятные пути загрязнения пестицидами объектов биосферы в конкретной экологической обстановке;

- оценивать экологическую ситуацию с точки зрения опасности пестицида для окружающей среды и здоровья человека;

- находить возможные решения и выбирать экологически приемлемые пути для снижения опасности.

Совершенно очевидно, что при наличии большого информационного материала дисциплины и сведений, дающих детальную информацию о свойствах большого количества химических препаратов, требуется создание особой системы преподавания данной дисциплины в аудиторное время. Такая система предусматривает работу с учебником, работу во время лекций и семинарских занятий. Не менее важную часть составляет самостоятельная подготовка во внеаудиторное время, непременным условием которой является наличие методических разработок, пособий, специальных руководств, отсутствие которых сдерживает дальнейшее повышение качества преподавания дисциплины.

Предлагаемое учебное пособие, по нашему мнению, решает значительную часть выше обозначенных учебно - методических задач. В учебное пособие включены информационные материалы по истории, современному состоянию и перспективам развития экотоксикологии пестицидов в Российской Федерации. Достаточно подробно, на современном методическом уровне раскрываются пути поступления и распространения пестицидов в окружающей среде. Значительное внимание уделено сведениям о поведении пестицидов в окружающей среде, действию их на целевые объекты и превращению токсикантов из различных классов химических соединений в организме животных, растений и

почве.

Для удобства усвоения материала он в учебном пособии по каждой группе препаратов близких по происхождению, свойствам и назначению представлен в форме алгоритма, который включает последовательное раскрытие основных вопросов:

- основные физические, химические и токсикологические свойства и механизм действия токсикантов на вредные организмы;

- превращение пестицида в объектах окружающей среды и возможные негативные проявления в отношении защищаемых растений;

- экотоксичность препаратов.

В начале каждой главы сформулированы вопросы, которые должен знать студент в результате изучения материалов главы, а в конце её – контрольные вопросы.

Единый принцип разбора материала должен помочь обучающимся сконцентрировать внимание на узловых вопросах каждой главы или подглавы и тем самым продуктивнее овладевать основами дисциплины.

ГЛАВА 1.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ПЕСТИЦИДОВ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

В результате изучения материала главы магистрант должен знать: краткую историю и современное состояние экотоксикологического направления в фитосанитарном управлении агроэкосистемами, а также основные направления экотоксикологических исследований.

1.1. Краткая история становления и развития экотоксикологии пестицидов

Токсикология (от греч. *toxikon* – яд, *logos* – учение) – наука о заболеваниях организма, вызванных воздействием ядовитых веществ.

Токсикология изучает свойства ядовитых веществ и их действие на организм.

История развития учения о вредном действии различных ядовитых веществ на организм человека уходит во времена Гипократа (ок. 460 г. - ок. 370 г. до н.э.) и связана с именами Галена (ок. 130 г. - ок. 200 г.), Парацельса (1493-1541гг.), Рамаццини (1633-1714 гг.), в исследованиях которых изучение профессиональных отравлений, главным образом, оксидом углерода, тяжелыми металлами, занимало видное место.

В XX веке в связи с широким применением химических веществ практически во всех сферах человеческой деятельности, включая сельское хозяйство, возникла необходимость решения сложных проблем токсического влияния веществ на человека, другие живые организмы, экосистемы в целом.

Согласно Программе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) к основным задачам развития в XXI в. относятся обеспечение химической безопасности, предотвращение вредного влияния потенциально опасных химических веществ на здоровье людей.

Для решения этих достаточно сложных задач были сформулированы новые направления исследований, появились новые ветви отдельных наук.

Термин «**Экотоксикология**» введен в 1969 г., когда при Ме-

ждународном научном комитете по проблемам окружающей среды была организована специальная рабочая комиссия по экологической токсикологии.

Экологическая токсикология, или экотоксикология – новая научная ветвь экологии. В настоящее время под понятием «Экологическая токсикология» понимается междисциплинарное научное направление, изучающее токсическое воздействие химических веществ на живые организмы и их популяции, входящие в состав экосистем – от микроорганизмов до человека.

В 1978 г. на конференции Международного научного комитета по проблемам окружающей среды было принято уточненное определение экотоксикологии как междисциплинарного научного направления, связанного с изучением токсических эффектов действия химических веществ на живые организмы, преимущественно на популяции организмов и биоценозы, входящие в состав экосистем. Таким образом, в экотоксикологии рассматривается отклик популяции, сообщества или экосистемы на воздействие токсиканта или продуктов его трансформации во времени и пространстве. Основным объектом дисциплины «*экотоксикологии*» являются биологические системы надорганизменного уровня, подверженные антропогенному воздействию. Токсические эффекты молекулярно-генетического, клеточно-ткане-вого и онтогенетического уровней проявляющиеся у растений и животных в виде разнообразных физиологических, биохимических, функциональных нарушений рассматриваются в экологической токсикологии в качестве первичных токсических эффектов, имеющих следствием нарушения популяционных механизмов.

В фитосанитарной науке развитие экотоксикологии связано с освоением производства и широким использованием пестицидов начиная со середины прошлого столетия, когда для ограничения вредных организмов начали применять органические синтетические вещества. На протяжении многих десятилетий развитие химического метода защиты растений происходило в двух направлениях. Первое связано с поиском наиболее эффективных химических средств и технологий их применения, а второе – с повышением безопасности химического метода в соответствии с требованиями, которые формировались на разных этапах развития защиты растений.

Пестициды, применяемые с 1945 г., открыли новую эру защиты урожая от вредных организмов, новое направление интен-

сификации сельскохозяйственного производства. Высокая биологическая и экономическая эффективность, универсальность, оперативность и быстрота получения эффекта, простота и практическая доступность метода ограничения численности и вредоносности фитофагов, фитопатогенов и сорных растений с помощью пестицидов способствовали тому, что применение химических средств в 1950-60-е годы заняло главное место в защите растений. Применение химических средств защиты растений обеспечивало сокращение потерь урожая как минимум на 30 %, существенную окупаемость затрат сельских товаропроизводителей на защитные мероприятия. Вместе с тем рост производства пестицидов, широкомасштабное и бесконтрольное их применение породили ряд экологотоксикологических проблем.

Загрязнение пестицидами почвы, водоемов, накопление в живых организмах, формирование устойчивых популяций вредных организмов к токсикантам, нарушение ритма жизни естественных биоценозов, появление новых экономически значимых вредных организмов и другие явления сделали весьма актуальным вопрос безопасности химического метода. Толчком к более глубокому изучению пестицидов в связи с возможными отрицательными эффектами, и пересмотру идеологии массированного применения пестицидов послужило появление в США в 1962 г. книги Рэйчел Карсон «Безмолвная весна». В этой книге автор журналист-фармаколог описала пагубные последствия научно не обоснованного применения пестицидов. Публикации об опасности пестицидов появлялись и в России [11]. Следствием публикации явилось более глубокое осмысливание проблем защиты растений мировым сообществом. Для изучения проблемы в нашей стране была создана специальная комиссия из компетентных специалистов. Доклад комиссии обсуждался в 1967 году на заседании Президиума АН СССР. Ученые пришли к заключению, что пестициды и в обозримом будущем будут играть ведущую роль в защите растений. Есть все условия избежать отрицательных последствий их использования, приняв ряд организационных и специальных мер, обеспечивающих личную и общественную безопасность химической борьбы с вредными организмами [56].

Сложились объективные условия для более разностороннего изучения пестицидов не только с позиций позитивного влияния на производство продукции растениеводства, но одновременно для выявления возможных побочных негативных эффектов на

человека, полезные организмы и среду их обитания. Создались предпосылки развития новых научных разделов в экотоксикологической науке, ориентированных на проведение мониторинга загрязнения пестицидами и другими средствами, используемыми в защите растений, а также на разработку мер предотвращения и ликвидации нежелательных последствий, связанных с пестицидами. Для этого в нашей стране, как и за рубежом, потребовалось развитие исследований, направленных на многостороннее изучение свойств химических средств защиты.

На первых этапах развития экотоксикологии, предметом ее исследований являлось изучение гигиенических и экологических последствий крупномасштабного применения пестицидов в сельском хозяйстве. В частности, сформировался круг исследований, связанных с их действием токсикантов не только на теплокровных, но и основные компоненты агроэкосистем. Важное место занимали исследования, которые были посвящены выяснению судьбы токсикантов в защищаемых растениях и объектах окружающей среды. Для определения рациональных направлений и уровней химической защиты растений требовалась объективная оценка соотношения экономической выгоды и реальной опасности, связанной с пестицидами. Начало этим исследованиям было положено в 1960-е годы прошлого столетия изучением экотоксикологической опасности хлорорганических инсектицидов. Была установлена опасность токсикантов этого химического класса для различных экосистем, как следствие их высокой персистентности и способности циркулировать длительное время в биосфере, накапливаться в тканях живых организмов. В 1970-1980 гг. был получен большой материал по экотоксикологической оценке пестицидов из других химических классов, что позволило провести их гигиеническое нормирование и регламентацию в различных объектах среды, урожае сельскохозяйственных культур и продуктах питания. Разработанные нормативы способствовали снижению опасности пестицидов для человека и окружающей среды за счет улучшения санитарно-гигиенических и экологических характеристик существующего ассортимента. Это хорошо прослеживается на примере изменения ассортимента средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Так, в 1980 гг. из «Списка разрешенных для применения в сельском хозяйстве пестицидов» было исключено большинство стойких в окружающей среде хлорорганических и диеновых препаратов, а также высокотоксичных

для теплокровных фосфорорганических и карбаматных соединений с системной активностью. Основу ассортимента стали составлять среднетоксичные для теплокровных контактно-кишечные фосфорорганические и пиретроидные препараты.

Дальнейшее совершенствование ассортимента химических средств борьбы с вредителями шло по пути его пополнения веществами нового механизма действия, отвечающими требованиям безопасности для теплокровных и окружающей среды. В настоящее время он представлен соединениями различных химических классов, среди которых, наряду с традиционными инсектицидами и акарицидами, появились представители из классов мочевины, фенилпиразолов и неоникотиноидов. Большинство этих соединений используется в низких нормах применения. Они имеют более экологичные препаративные формы (концентраты суспензий, текучие пасты, водно-растворимые и водно-диспергируемые гранулы), быстро разлагаются в природной среде до нетоксичных метаболитов и средневзвешенная норма расхода их действующего вещества снизилась до 311 г/га. Средневзвешенная их СД₅₀ также уменьшилась до 818 мг/кг.

Развитие отечественной экотоксикологии было связано с работами ведущих ученых нашей страны: член-корреспондентом РАН Н.Н. Мельникова (Всесоюзный научно-исследовательский институт химических средств защиты растений, ВНИИХСЗР, г. Москва) – в области изыскания и разработки технологий промышленного производства пестицидов; академика РАМН – Л.И. Медведя (Всесоюзный научно-исследовательский институт гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных и пластических масс, ВНИИГИНТОКС, г. Киев) – по вопросам гигиенической токсикологии пестицидов и академика ВАСХНИЛ К.В. Новожилова (Всесоюзный научно-исследовательский институт защиты растений, ВИЗР, Санкт-Петербург) – по аграрному направлению экотоксикологии [11].

Одним из важных этапов научно обоснованного решения вопросов эффективного и безопасного использования пестицидов в системе защиты растений был выпуск коллективной монографии «Интегрированная защита растений» (под научной редакцией академика ВАСХНИЛ Ю.Н. Фадеева и академика К.В. Новожилова). Изложенные в книге принципы рационального (экономически эффективного и экологически минимально опасного) применения пестицидов являются основополагающими. Они и в

настоящее время используются при разработке прогрессивных систем управления фитосанитарным состоянием агроценозов. Книга была переведена на разные языки и издавалась за рубежом.

По вопросам экотоксикологии в фитосанитарии академик К.В.Новожилов одним из первых на основе собственных исследований разработал теоретическое обоснование направлениям развития экологической энтомотоксикологии в СССР [54]. Эко-токсикологическое направление начало развиваться применительно к фунгицидам и гербицидам.

Результаты научных исследований отечественных ученых нашли многостороннее приложение при обосновании и создании государственной системы экотоксикологического мониторинга. Учитывалась оценка последствий применения пестицидов в стране также при формировании их федерального ассортимента с учетом экотоксикологических параметров, в системе испытаний, проведении контроля эффективного и безопасного использования пестицидов, при разработке фундаментальных и приоритетных научных программ, координации проблематики пестицидов с зарубежными странами.

В организации фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению аграрного сектора СССР до 1992 г. важная роль принадлежала Отделению защиты растений ВАСХНИЛ, а после – Отделению защиты растений Россельхозакадемии в составе подведомственных научно-исследовательских институтов – ВИЗР, ВНИИФ, ВНИИБЗР и ДВНИИЗР.

В ВИЗР – головной организации в системе ВАСХНИЛ по защите растений в СССР, а затем и в системе РАСХН Российской Федерации, К.В. Новожилов, возглавляя институт как его руководитель и непосредственный исполнитель, уделял большое внимание развитию научных исследований в области экотоксикологии.

Научные решения области экотоксикологии позволили обосновать объективные оценки фитосанитарных рисков и необходимые мероприятия по их управлению. В стране была создана система Госхимкомиссии, обеспечивающая порядок регистрации пестицидов, формирование эффективного и минимально опасного их ассортимента, разработка методов контроля остатков пестицидов в окружающей среде, оценка степени опасности побочных эффектов и их упреждения. Идеология интегрированной защиты растений была принята при организации и развитии государственной службы защиты растений, при создании сети токсикологических лабо-

раторий системы ВИЗР, а также КТЛ и ПКТЛ – в системе СТАЗР и ПИСХ. Созданная в СССР и функционировавшая долгие годы государственная служба защиты растений в России, до реформирования ее, по структуре и комплексному охвату решаемых вопросов фитосанитарии не имела аналогов в мире [11].

1.2. Современные проблемы экотоксикологии пестицидов

Экотоксикологическая ситуация в агроэкосистемах страны определяется не только объемами, но и свойствами используемых пестицидов в агроценозах России.

Одной из важнейших задач по реализации идеологии высокого качества жизни населения страны и практического приложения экотоксикологии является разработка и осуществление мероприятий по сокращению отрицательного влияния пестицидов на ранее загрязненных территориях. Важным также представляется предотвращение загрязнения новых территорий в результате использования пестицидов с длительным периодом сохранения активности в объектах окружающей среды. Превышение предельно допустимых концентраций пестицидов в почве, связанных с использованием пестицидов в России в дореформенный период (до 1992 г.), отмечается в настоящее время при относительно низкой интенсивности использования пестицидов в стране. Реабилитация загрязненных почв – одна из актуальных экотоксикологических проблем.

Второй сложной, требующей решения, является проблема запасов устаревших и запрещенных к использованию пестицидов на территории России, которые по предварительным данным составляют 24 тыс. т. (в т.ч. 10-15% составляет ДДТ, до 50% неизвестные препараты и их смеси) [11]. Пока не завершена полная комплексная инвентаризация устаревших и запрещенных к применению пестицидов и условий их захоронения. Значительные запасы таких пестицидов не захоронены или находятся на свалках.

Третьей проблемой является предотвращение загрязнения земель новыми пестицидами, опасность использования контрафактной продукции, составляющей на мировом рынке 7-9%, а на российском рынке пестицидов – около 20% всех продаж [1].

1.3. Перспективы развития экотоксикологического направления в защите растений

Перспективы развития экотоксикологического направления в защите растений неразрывно связана с оценкой объективного состояния агроэкосистем в России, более чем пятидесятилетний период применения пестицидов в стране.

В Российской Федерации обеспечение экологической безопасности в аграрном секторе страны регламентируется «Основами государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2010 г. и на дальнейшую перспективу», утвержденными Президентом Российской Федерации в декабре 2003 г. Документ определяет цель, основные принципы, приоритетные направления, задачи и меры государственной поддержки в области обеспечения химической и биологической безопасности личности, общества и государства, а также механизмы реализации политики в этой области. Государственный мониторинг загрязнения окружающей среды, как обязательный элемент в обеспечении научно-обоснованных мероприятий обеспечения экологической и биологической безопасности, осуществляет Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Однако, непосредственное Государственное управление в области обращения с химическими веществами и обеспечения экотоксикологической безопасности Российской Федерации осуществляется Министерством сельского хозяйства в соответствии с положением о министерстве, которое самостоятельно принимает планы проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных и противозерозионных мероприятий в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

В современном ассортименте пестицидов в сельскохозяйственном производстве практически отсутствуют пестициды группы длительно сохраняющих активность в объектах окружающей среды. Однако, это не означает полной безопасности использования пестицидов. Реально существует опасность токсического последствия в севообороте гербицидов классов сульфонилмочевин и имидазалинонов. При нарушении регламентов обращения с пестицидами (сроки, нормы, техника, технология внесения пестицидов) реальна опасность их накопления и загрязнения биотических и абиотических элементов агроэкосистем. Соответственно, важным элементом является мониторинг и проведение на его ос-

нове мероприятий по взаимоувязанному управлению рисками опасности пестицидов на основе научно обоснованных систем их применения на всех этапах сельскохозяйственного производства. Подразделением, связанным с вопросами практического безопасного применения пестицидов в сельском хозяйстве, является Отдел контроля за безопасным использованием пестицидов и агрохимикатов в структуре Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору. В функции Отдела входят вопросы научного обеспечения регистрации пестицидов и решение проблемы утилизации и уничтожения устаревших пестицидов, реабилитации загрязненных почв.

Процедура регистрации играет важную роль в формировании эффективного экотоксикологического и медикотоксикологического безопасного ассортимента пестицидов и регламентов их применения. В 1960-1970 гг. экологическая безопасность пестицидов определялась по 9-11 показателям: токсичность для теплокровных, способность к кумуляции в их организме и транслокации в растениях, реакция на инсоляцию, ДОК в продукции урожая, влияние на органолептические его качества, персистентность в почве, миграция по почвенному слою, действие на почвенные ферментативные процессы и биоту, ПДК для воды водоемов. В настоящее время число этих показателей возросло в несколько раз с учетом действия на основные компоненты агроэкосистем, отдаленных последствий для человека и животных разных экосистем, включая водные организмы. При регистрации пестицидов учитываются экотоксикологические показатели, характеризующие опасность отрицательного влияния их на биотические и абиотические элементы агроэкосистем (табл. 1) [6]. В ходе регистрации нового пестицида специалисты-эксперты оценивают досье на действующее вещество и препарат (регламенты применения, эффективность, поведение в окружающей среде, токсичность для человека и тестовых организмов). При формировании досье обязательными являются данные лабораторных и полевых испытаний по оценке эффективного действия на целевые организмы, избирательности к культурному растению, по определению длительности сохранения активности, миграционной способности и накопления в объектах окружающей среды. Регистрация препарата гарантирует его безопасность для человека, полезной фауны и флоры при соблюдении рекомендуемых регламентов.

Государственная регистрация пестицидов и агрохимикатов осуществляется МСХ РФ и Россельхознадзором с привлечением других министерств и ведомств в соответствии с Федеральным законом от 19.07.1977 г. №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами», Приказом МСХ РФ от 21.02.2005 г. № 22 «Об утверждении Порядка государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов» и приказом Минздрава РФ от 31.01.2002 г. № 24 «О токсиколого - гигиенической экспертизы пестицидов и агрохимикатов». Перечень пестицидов и агрохимикатов, прошедших процедуры регистрации и перерегистрации, сводится в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации».

Современная оценка степени экотоксикологической опасности пестицидов базируется, наряду с ранее применяемыми характеристиками, на системе показателей, позволяющих устанавливать и прогнозировать отклик основных компонентов агроценозов и сопредельных с ними территорий, как на одномоментное, так и на долговременное воздействие пестицидов. Эти исследования должны проводиться с помощью экотоксикологического мониторинга, позволяющего оценивать на системном уровне последствия широкомасштабного применения пестицидов. Поскольку такую информацию сложно получить в полном объеме за короткий период времени, большое значение приобретает моделирование процессов превращения пестицидов в агроценозах под влиянием абиотических и биотических факторов, так как обрабатываемые культуры определяют уровень токсических веществ, который попадает в природную среду и последующую судьбу токсикантов в ней.

Прогрессивное развитие экотоксикологического направления в защите растений в новых условиях научно-технического прогресса возможно на основе использования новейших достижений в области биотехнологии, геной инженерии, новых информационных технологий ГИС и ГПС, дистанционного зондирования экосистем, сетевых технологий и сети Интернет. В химии создания пестицидов создаются предпосылки развития новых направлений в области комбинаторной химии, создания действующих веществ на основе естественных молекул пестицидов и их аналогов и новых технологий применения химических средств в сельскохозяйственном производстве.

Таблица 1. – Показатели влияния пестицидов на нецелевые организмы и абиотические элементы агроэкосистем

Среды	Процесс (организм)	Показатель
Почва	Разложение	Период полураспада(DT50)
	Сорбция	Коэффициент сорбции(Kd, Koc)
Вода	Разложение	Период полураспада (DT50)
	Сорбция донными осадками	Коэффициент сорбции (Kd, Koc)
	Растворение	Растворимость в воде (S)
Воздух	Испарение	Константа Генри (H)
	Разложение	Разложение (DT50)
Живые организмы	Биоаккумуляция	Коэффициент биоаккумуляции (BCF)
	Млекопитающие (крысы)	LD50 NOEL
	Птицы (один вид наземных птиц и один вид водоплавающих птиц)	LC50 NOEL
Земля	Насекомые (медоносные пчелы)	LD50
	Почвенные организмы (дождевые черви)	LC50 NOEL
	Почвенные организмы (почвенные микроорганизмы)	Показатели трансформации углерода и азота, % к контролю
Вода	Рыбы (один вид рыб, обитающий в холодных водоемах, и один – в теплых водоемах)	LC50 NOEL
	Зоопланктон (дафнии)	LC50 NOEL
	Водоросли (пресноводные зеленые и диатомовые водоросли; цианобактерии (сине-зеленые водоросли))	ECx NOEL

Разработанные в ВИЗР математические модели «Pestins» и «Pestil» позволяют с небольшим набором параметров описывать взаимодействие пестицидов с различными компонентами агроценозов и определять не только динамику их микроколичеств в растениях и почве, но также устанавливать степень их экологической опасности и оптимальные регламенты применения в разных географических зонах. К числу таких параметров относятся:

1. Деградация пестицидов в защищаемых культурах и под влиянием различных факторов среды;
2. Распределение пестицидов в разных слоях почвы;
3. Содержание пестицидов в почвенном растворе;
4. Динамика сорбции пестицидов почвой;
5. Динамика поступления пестицидов через корневую сис-

тему в растения;

6. Взаимодействие пестицидов с полезными компонентами агробиоценоза и связь этих процессов с его биологической эффективностью для объекта борьбы и др.

С использованием специально рассчитанного показателя — индекса опасности (P_i) можно ранжировать токсиканты по степени их опасности, например, для почв.

В связи с разработкой систем управления популяциями вредных видов агробиоценозах важно знать степень опасности применяемых пестицидов для полезных членистоногих. Ранее ограничивались оценкой их опасности только для биоты почв. В настоящее время этот показатель должен быть обязательной составляющей экотоксикологического мониторинга, так как уничтожение полезных членистоногих в результате применения пестицидов может приводить к серьезным нарушениям биоценотического равновесия и вспышкам размножения вредных видов, что способствует резкому увеличению токсической нагрузки на агробиоценозы и загрязнению экосистем токсическими остатками. Использование этой шкалы позволяет выделить из ассортимента инсектицидов наиболее перспективные препараты для систем интегрированной защиты различных культур [55].

Составляющими современного экотоксикологического мониторинга должны быть также показатели изменений видового разнообразия и структуры сообществ членистоногих при снижении токсической нагрузки на агробиоценозы и переходе на новые технологии борьбы с вредными видами.

Обязательным условием эффективного и экологически малоопасного применения пестицидов является своевременное выявление развития резистентности к какому либо пестициду в популяциях фитофагов, что определяет целесообразность его дальнейшего использования в системе защитных мероприятий и изменений тактики применения химических средств на культуре в борьбе с этим негативным явлением. В 2004 г. в сборнике «Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих» опубликованы технически простые, не требующие сложного лабораторного оборудования токсикологические методы, позволяющие исследователям проследивать в динамике изменения чувствительности 37 видов вредных членистоногих к

применяемым препаратам.

Ведется также поиск маркеров резистентности для разработки экспресс-методов ее выявления. Поскольку резистентность является фенотипическим признаком, отражающим изменение генотипической структуры популяций под влиянием многолетнего пресса пестицидов, для ее диагностики перспективны достаточно простые и корректные методы фенетики. Они применяются для оценки изменений генетической структуры популяций членистоногих, обладающих выраженным популяционным полиморфизмом по внешним морфологическим признакам отдельных особей. К их числу относится колорадский жук, у которого выявлено около 50 фенов по структуре рисунка на голове, переднеспинке и элитрах. Однако для изучения адаптационных процессов в его популяциях используется 9 основных фенотипов (морф), маркированных рисунком на переднеспинке. Исследования микроэволюционных преобразований в популяциях этого насекомого под влиянием инсектицидов фенетическим методом показало, что за формирование резистентности к инсектицидам отвечают феноморфы 3 и частично 6, увеличение частот встречаемости которых коррелирует с ростом показателей резистентности к наиболее интенсивно применяемым в борьбе с ним пиретроидным и фосфорорганическим препаратам. Феноморфа 3 может быть ответственна и за резистентность к ВТ-токсину трансгенных растений. Более детальный анализ этих популяций фенетическим и токсикологическим методами показал, что увеличение доли 1 морфы свыше 60% связано с высокими (более 100х) показателями резистентности к пиретроидным инсектицидам. Установленная взаимосвязь между изменениями соотношения феноморф колорадского и вредной черепашки с показателями резистентности этих вредителей к различным токсикантам свидетельствует о возможности использования метода фенетического анализа для мониторинга и прогноза развития этого негативного явления в их популяциях.

В последние годы развивается еще одно направление экотоксикологического мониторинга, связанного с созданием и использованием трансгенных растений для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, в частности с колорадским жуком. Рассматривая ВТ-трансгенный картофель в качестве возможного сред-

ства борьбы с вредителем, необходимо вести мониторинг за последствиями его широкого возделывания, связанными с развитием резистентности вредителя к ВТ-эндотоксину модифицированных растений. Для проведения такого рода наблюдений специалистами ВИЗР, ВНИИФ, ВНИИБЗР и Центра «Биоинженерия» РАН подготовлены «Методические рекомендации по индикации и мониторингу процессов адаптации колорадского жука к генетически модифицированным сортам картофеля». В них обобщены методы физиолого-биохимических, экологических и токсикологических исследований поведения и жизнеспособности вредителя на ВТ-трансгенном картофеле. Эти методы позволяют вести наблюдения и прогнозировать скорость формирования резистентных популяций колорадского жука к ВТ-токсину модифицированных сортов. Таким образом, разноаспектные последствия широкомасштабного применения пестицидов разного назначения обоснованно можно отнести к числу неоднозначных антропогенных воздействий на природную среду и агроландшафты.

Вопросами научного обеспечения эффективного и экологически безопасного применения пестицидов занимается Россельхозакадемия - Отделение защиты растений с подведомственными научно-исследовательскими и координируемыми институтами.

Контроль за экотоксикологическими последствиями применения пестицидов возложен на токсикологические подразделения службы защиты растений, агрохимических и ветеринарной служб, находящихся в подчинении Минсельхоза РФ. Кроме того, вопросами обнаружения остатков в объектах окружающей среды и продуктах питания занимаются ведомственные службы Минздрава РФ и Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Научно-методическое обеспечение регистрационных полевых испытаний для указанных учреждений осуществляется Отделением защиты через головное учреждение ВИЗР. Освоение результатов возложено на пользователей федерального уровня и специалистов регионального уровня соответствующих служб – Федеральные и региональные органы, связанные с защитой растений ФГУ «Россельхозцентра» – Отдел защиты растений, районные и межрайонные отделы; Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору, ФГУ «Всероссийский

центр карантина растений», региональные референтные центры.

Информационно-консультативная служба и СМИ включают издания: ежемесячный журнал «Защита и карантин растений» для специалистов, ученых и практиков; научно-теоретический журнал «Вестник защиты растений» (Россельхозакадемия, ВИЗР); газета «Защита растений» (издатель: ООО «Издательство Агро-рус»); – сайты в Интернете – Минсельхоза России и НИИ Отделения защиты растений. Пользователями информации являются ученые, руководители, специалисты и непосредственные сельские товаропроизводители[11].

1.4 Основные направления исследований экотоксикологии пестицидов

1. Исследование путей поступления пестицидов, их распространения и превращения в почве, воде, атмосфере, растениях, животных, по трофическим цепям в целом, оканчивающимся человеком

2. Изучение химических изменений пестицидов с образованием новых соединений с модифицированными токсическими свойствами.

3. Изучение воздействия токсического вещества на разные виды организмов, прогнозирование опасности загрязнения окружающей среды для людей, животных, растений и экосистем в целом.

4. Выяснение ответных реакций организма на действие вредного вещества на уровне клетки, организма, популяции, общества.

5. Исследование механизмов токсичности и разработка критериев оценки вредного действия пестицидов.

6. Исследование механизмов токсического действия и токсических эффектов пестицидов, позволяющее понять реакцию растений и животных на внедрение в экосистему ксенобиотиков.

7. Разработка экотоксикологически эффективных технологий производства продукции растениеводства.

8. Разработка принципов использования средств защиты растений в целях сохранения абиотических и биотических элементов экосистем; методов сохранения биологического разнообразия.

9. Анализ распространения экотоксикантов и разработка

методов контроля и снижения негативных последствий этих процессов.

10. Разработка методологии и методов эколого-экономической оценки экотоксикологических последствий защитных мероприятий для использования при принятии решений в области управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем.

11. Разработка экотоксикологических критериев рисков в целях создания системы управления качеством агроэкосистем.

12. Разработка средств и методов упреждения и ликвидации загрязнений, реабилитации элементов окружающей среды и утилизации опасных отходов.

13. Разработка и развитие современных методов экотоксикологического мониторинга, а также информационных технологий в целях управления в области охраны экоценозов и окружающей среды.

ГЛАВА 2.

ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ДЕЙСТВИЕ НА НЕЦЕЛЕВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

В результате изучения материала главы магистрант должен знать: пути поступления пестицидов в атмосферу, гидросферу, почву; факторы, определяющие их поведение в различных экологических системах; влияние пестицидов на не целевые полезные организмы, защищаемые растения, теплокровных животных и человека.

Широкое использование пестицидов в сельскохозяйственном производстве и других отраслях хозяйства сопряжено с поступлением в окружающую среду значительного количества чужеродных химических веществ (ксенобиотиков). Будучи биологически активными соединениями, пестициды действуют не только на объекты, против которых их используют, но и на различные виды полезных организмов, а также человека. При этом негативное влияние на так называемые нецелевые организмы может проявляться как непосредственно в период их применения, так и в результате загрязнения объектов внешней среды. Попадая на растения, в почву, воздух, водоемы, пестициды могут вызвать серьезные изменения в экосистемах, биоценозах, ландшафтах и создавать реальную угрозу здоровью человека. Проблема усугубляется еще и тем, что пестициды способны циркулировать в биосфере, а наиболее стойкие – передаваться по пищевым цепям и накапливаться в организмах. Это существенно увеличивает число и вероятность контактов организмов с токсикантами. Длительность циркуляции различных пестицидов неодинакова, некоторые малостойкие вещества не проходят все стадии циркуляции и разрушаются до нетоксичных соединений на одном из начальных этапов. Персистентные же вещества способны циркулировать длительное время и накапливаться в некоторых объектах окружающей среды.

Для более целостного представления о влиянии пестицидов на окружающую среду необходимо подробнее рассмотреть возможные пути поступления токсикантов в отдельные экосистемы, взаимодействие их с объектами этих систем, а также роль биотических и абиотических факторов в этих процессах.

2.1. Пути поступления и деградации пестицидов в воздушной среде

В воздушную среду пестициды могут попадать различными путями. Наиболее часто это происходит при применении токсикантов в результате захвата потоками воздуха тонкодисперсных взвесей или аэрозолей, а также испарения с поверхности растений, почвы, воды (рис. 1).

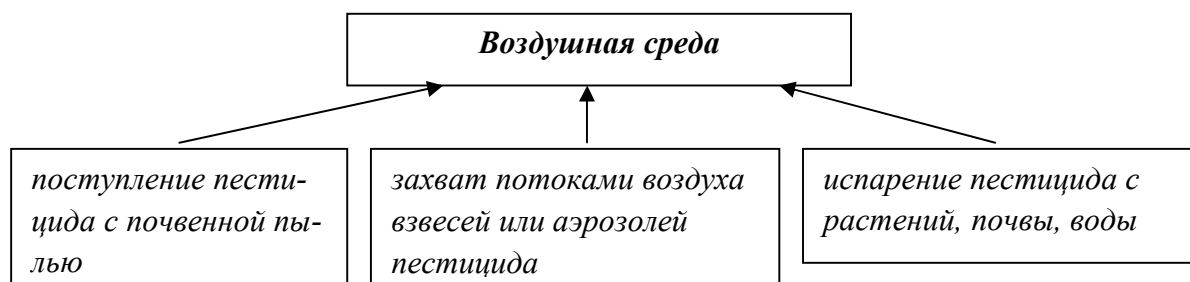


Рис. 1 Пути поступления пестицидов в воздушную среду

Пестициды в атмосферу могут поступать и вместе с почвенной пылью, образующейся при обработке почвы, уборке урожая, ветровой эрозии. Испарение пестицидов с поверхности почвы зависит от ее гранулометрического состава. Установлена прямая зависимость испарения пестицидов с поверхности почвы от ее температуры, концентрации пестицида в почве, влажности почвы, скорости движения воздуха над поверхностью почвы. Испарение пестицидов с поверхности воды, в растворе которой они находятся, подчиняется общим физическим закономерностям летучести растворенных веществ и растворителя; плохо растворимые в воде вещества улетучиваются также совместно с парами воды пропорционально их парциальному давлению при данной температуре. Испарение пестицидов с поверхности растений протекает аналогично.

Пестициды в воздушной среде не остаются постоянно и в неизменном виде (рис. 2). Часть их рассеивается в верхние слои атмосферы. Другая часть пестицидов и их метаболитов удаляется из атмосферы вместе с осадками и в результате конденсации паров поступает в почву, водоемы. Оставшиеся пестициды в воздушной среде подвергаются фотолизу, окислению главным образом кислородом и озоном воздуха, а также гидролизу парами во-

ды. Процессы деградации большинства пестицидов происходят относительно быстро с образованием менее токсичных метаболитов, чем исходные вещества, а также воды и углекислого газа.

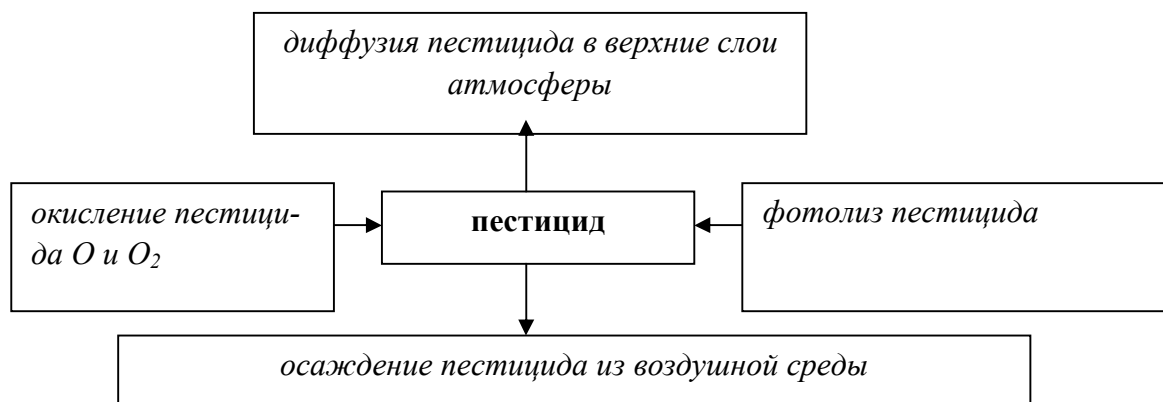


Рис. 2. Общая схема деградации пестицидов в атмосфере

2.2. Пути поступления, деградации и действие пестицидов на организмы в водной среде

В водные экосистемы пестициды могут поступать различными путями (рис. 3). Из атмосферы возможно попадание пестицида в водоемы с осадками или прямым осаждением в виде капель и твердых частиц. Весьма часто наблюдается поступление пестицидов в водные системы в результате их сноса ветром при обработке растений, смыва почвы, содержащей пестицид, с дождевыми и талыми водами. Иногда пестицид специально вносят в водную систему для уничтожения водорослей, сорных растений, переносчиков возбудителей болезней человека и животных. В небольших количествах пестициды могут попадать в подземные воды в результате вымывания их с поверхности в более глубокие слои горизонта.

Персистентность пестицидов в водной среде, а следовательно, возможность и степень влияния их на жизнедеятельность гидробионтов определяются комплексом факторов. Некоторые пестициды даже в незначительных количествах могут изменять органолептические свойства воды (вкус, запах). В зависимости от растворимости пестицида в воде на короткий срок могут создаваться те или иные его концентрации. Чем выше растворимость пестицида в воде, тем выше вероятность создания опасных концентраций его для обитателей водных систем. Следует отметить,

что в большинстве случаев содержание пестицида в воде значительно ниже его растворимости. Однако в зависимости от вида водоема и масштабов применения пестицидов концентрация их в воде может изменяться в широких пределах.

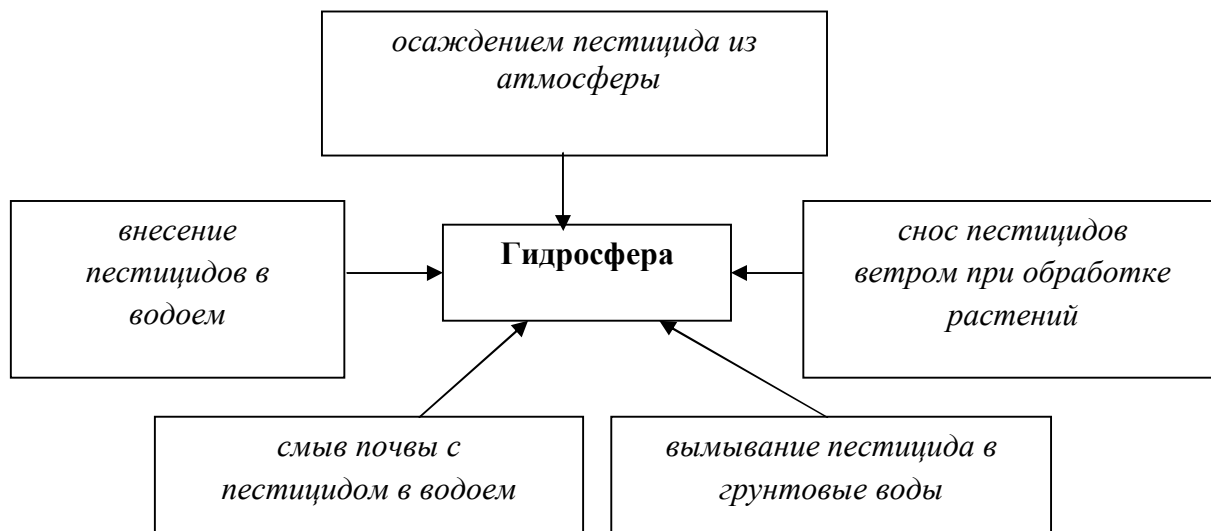


Рис. 3. Пути поступления пестицидов в водную среду

Токсичность пестицидов для разных видов рыб и других обитателей водоемов колеблется в широких пределах. В целом острая токсичность большинства пестицидов для водных животных сравнительно невелика. Это в определенной степени способствует переходу некоторых сравнительно стойких пестицидов из воды в звенья биологической цепи. Стойкие к водному гидролизу препараты, поглощенные каким-либо из видов планктонных организмов откладываются в их тканях и затем попадают в организм рыб, питающихся этими видами. В последующих звеньях цепи концентрация пестицида увеличивается, а следовательно, усиливается его действие.

Из всех групп пестицидов наиболее глубокие изменения в водной экосистеме могут оказывать гербициды. Как правило, хорошо растворимые в воде, они затрагивают жизнедеятельность всех компонентов системы: микроорганизмов, фито- и зоопланктона, рыб, амфибий и др. Не обладая выраженной острой токсичностью на водных животных, тем не менее, гербициды вызывают угнетение и даже гибель рыб, амфибий, беспозвоночных. Это связано с недостатком кислорода в воде, возникающим в результате гибели и распада фитопланктона под действием гербицидов, а также вследствие угнетения фотосинтетической деятельности

растений и выделения кислорода. Под действием гербицидов возрастает численность сапротрофов, изменяется численность и функциональная активность аммонификаторов, нитрификаторов, денитрификаторов, что приводит к накоплению в воде аммиака и нитратов. Несмотря на это функции экосистемы достаточно быстро восстанавливаются, поскольку большинство современных пестицидов в водной среде довольно легко гидролизуются с образованием малотоксичных продуктов. Наряду с гидролизом многие пестициды подвергаются фотохимическому разложению и метаболизму гидробионтами. Пестициды также улетучиваются с парами воды. Чем выше давление паров пестицида, тем легче он испаряется из гидросферы.

2.3. Пути поступления, деградации и действие пестицидов на организмы в почве

Существуют различные пути поступления пестицидов в почву (рис. 4). Пестициды вносят в почву для ограничения численности различных видов фитофагов, фитопатогенов и сорных растений. Попадают они в почву и при обработке растений вследствие потерь, а также смываются осадками с обработанных токсикантами растений, могут поступать из атмосферного воздуха, загрязненного пестицидом, с остатками растений, обработанных пестицидами.

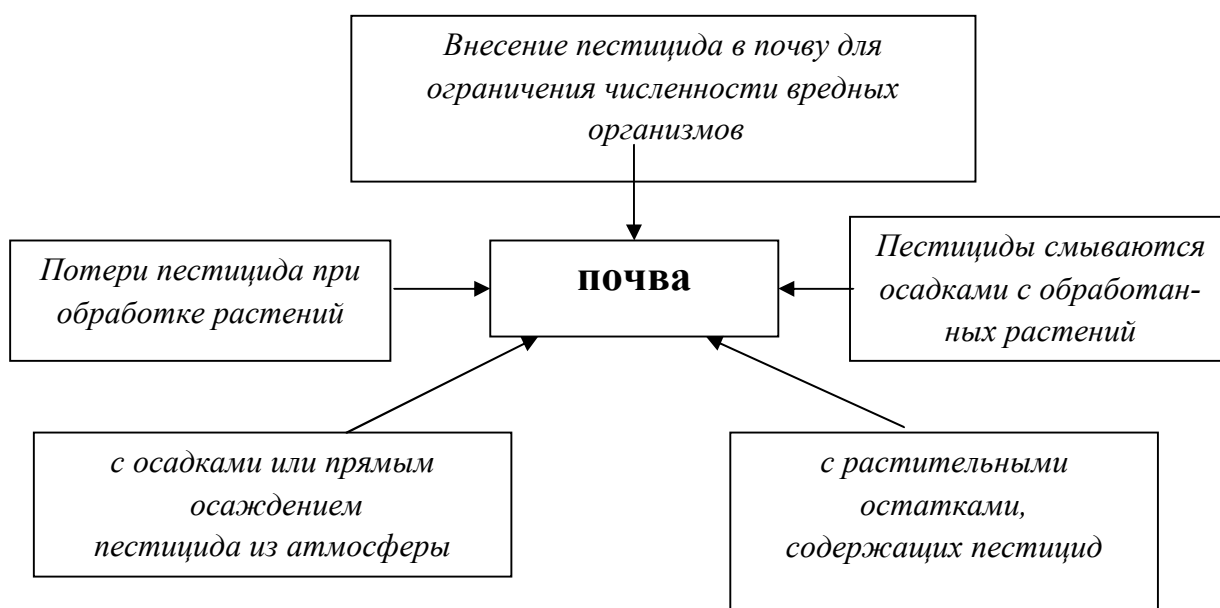


Рис. 4. Пути поступления пестицидов в почву

В зависимости от формы препарата пестициды в почву попадают размером от нескольких микрон до нескольких миллиметров. Исключение составляют водорастворимые вещества, которые находятся в водной и газовой фазах в молекулярном состоянии. В любом случае большинство пестицидов распределяется в почве неравномерно в виде отдельных частиц, капель, пленок. Со временем происходит укрупнение отдельных очагов пестицида и более резкая дифференциация его в пространстве за счет сорбционного перераспределения токсиканта и аккумуляции микробиотой. Общая схема поведения и деградации пестицидов в почве показана на рисунке 5. Пестицид, попадая в почву, вступает во взаимодействие с различными ее компонентами. Значительная часть токсиканта сорбируется глинными минералами и гумусовыми веществами почвы, причем емкость сорбции увеличивается с увеличением содержания в почве глины и гумуса. В почве пестициды и их метаболиты передвигаются по профилю в горизонтальном и вертикальном направлениях. Скорость и глубина вертикального перемещения зависят от растворимости пестицида в воде, его сорбции и десорбции, летучести, а также интенсивности испарения почвенной влаги. Гидрофильные пестициды при достаточном количестве влаги движутся вниз по профилю почвы в растворе воды. С наступлением сухой погоды и повышением испаряемости раствор пестицида по капиллярам поднимается в верхние слои горизонта. При возникновении равновесия между испарением и вымыванием хорошо растворимые в воде пестициды движутся вниз, а плохо растворимые - задерживаются в верхнем слое почвы. Плохо растворимые и сильно сорбируемые почвой пестициды перемещаются в ней в пределах пахотного горизонта при обработке.

Сорбция пестицидов коллоидами почвы и/или образование стойких комплексов сопровождается, как правило, потерей токсических свойств. Степень сорбции пестицида почвой во многом зависит от ее влажности. Чем больше воды поглощено коллоидами, тем меньше остается свободных мест для сорбции пестицида. Осадки, внесение высоких доз минеральных удобрений и повышение температуры почвы снижают коэффициент сорбции и увеличивают подвижность пестицидов по почвенному профилю.

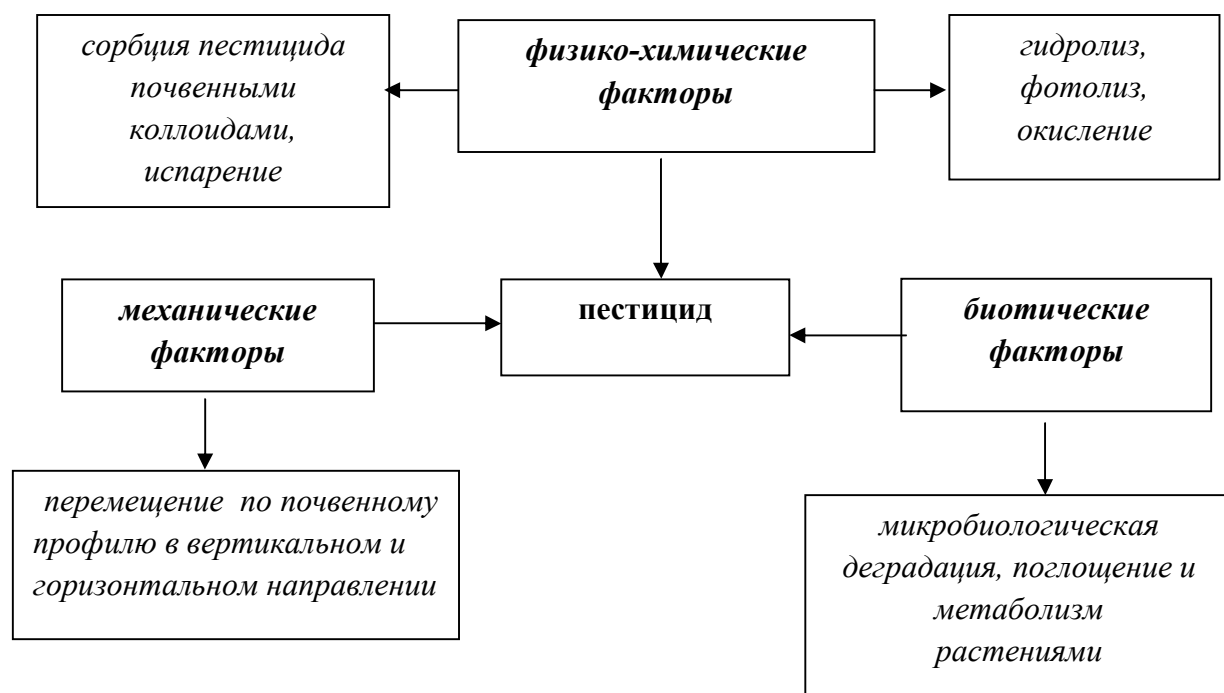


Рис. 5. Схема поведения и деградации пестицидов в почве

Пестициды, поступившие в почву, оказывают влияние на ее микробиоту. От частиц пестицида, сколь бы малы они ни были, вещество диффундирует в окружающую среду. По градиенту диффузии концентрация снижается, в соответствии с этим изменяется действие пестицида на микроорганизмы. В зоне, примыкающей к частице пестицида, он имеет наивысшую концентрацию. В этой зоне, как правило, деятельность микроорганизмов полностью прекращается. Вокруг частиц пестицида образуется стерильная зона. Далее по градиенту диффузии начинают развиваться наиболее устойчивые формы микроорганизмов. На некотором отдалении от частиц пестицида создаются какие-то оптимальные его концентрации, которые стимулируют развитие микроорганизмов. По мере удаления от частиц пестицида концентрация его снижается, и потому наряду с устойчивым видом в почве начинают развиваться все более чувствительные. В итоге при удалении от частиц пестицида возрастает не только численность, но и видовой состав микробиоты. Ингибирующее действие на микробиоту в одной зоне в какой-то степени компенсируется стимулирующим эффектом в другой. Пестициды могут оказывать на одни и те же виды микроорганизмов одновременно как поло-

жительное, так и отрицательное действие, разобщенное в пространстве. Поэтому в целом эффект пестицидной обработки сводится к пространственной перегруппировке видов и численности микроорганизмов.

Использование фунгицидов или гербицидов обедняет видовой состав микробиоты, снижает частоту встречаемости многих из них, значительное число видов вообще «выбивается» из биоценоза, а доминантное положение занимают один-два наиболее устойчивых вида. Образуется качественно новое сообщество микроорганизмов с низким индексом видового разнообразия. Биогенность почвы заметно снижается за счет целлюлозоразлагающих, нитрифицирующих и динитрифицирующих бактерий. Структура биоценоза почвы восстанавливается по мере деградации и утилизации пестицида и его метаболитов.

В почве пестициды видоизменяются и полностью разлагаются в результате физико-химических процессов. Фотолиз, гидролиз, окисление пестицидов сопровождаются снижением и/или потерей их токсических свойств.

Достаточно активно превращение пестицидов в почве происходит под влиянием микробиоты. Доказательством этого является более высокая скорость деградации пестицидов в нестерильной почве по сравнению со стерильной. В процессе деградации пестицидов принимают участие разнообразные виды микроорганизмов из родов *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Clostridium*, *Corinebacterium*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Xanthomonas*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Actinomyces*, *Streptomyces* и другие. Все они хемоорганотрофы и выдерживают достаточно высокие концентрации химических веществ, превышающие производственные в десятки и сотни раз. Абсолютное большинство из них аэробы или факультативные аэробы.

Известны два основных типа трансформации пестицидов микроорганизмами. При первом микроорганизмы используют пестицид в качестве источника питания и энергии, за счет этого происходит рост и деление клеток, накопление биомассы. При втором пестициды не могут служить источником питания и энергии, не могут генерировать деление клеток и соответственно накопление биомассы микроорганизмами. Тем не менее, пестициды подвергаются микробной трансформации за счет присутствия

других органических соединений, которые являются источником энергетического материала или индукторами синтеза соответствующих ферментов. Кроме того, пестициды могут подвергаться трансформации, вступая в химические реакции с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов (аминокислотами, сахарами, белками, фенолами и другими). На начальных этапах деградации ксенобиотика, как правило, с помощью ферментов он превращается в одно из соединений основного обмена, которое уже используется в ростовых процессах. При трансформации пестицида нередко образуется широкая гамма веществ, которые нередко обладают высокой токсичностью и могут ингибировать или полностью блокировать дальнейшее развитие клеток. По мере их накопления в культуре разложение и утилизация исходного соединения замедляются, и его трансформация часто носит незавершенный характер. Разложение пестицида может возобновиться после детоксикации метаболита или адаптации и перестройки ферментативного аппарата микроорганизмов. Для этого необходимо время. В природных условиях деградация пестицида может продолжаться за счет других видов и штаммов микроорганизмов и завершается полной минерализацией токсикантов с включением в биосферный цикл.

Существует прямая связь между условиями для развития почвенных микроорганизмов и интенсивностью разложения пестицидов. В зависимости от особенностей того или иного фермента, продуцируемого микроорганизмами, метаболизм пестицидов сводится к следующим основным реакциям: дегалогенирование, дезалкирование, амидный и эфирный гидролиз, окисление, восстановление, гидроксигенирование ароматического кольца и его разрыв.

Детоксикация пестицидов в почве протекает и под влиянием растений, которые могут поглощать некоторые вещества и подвергать их метаболизму. Помимо метаболизма пестицидов до нетоксичных соединений, они удаляются из почвы в результате улетучивания, испарения с водяными парами, вымываются дождями, талыми, оросительными и грунтовыми водами.

Очищению почвы от пестицидов и их метаболитов способствуют:

1. Инокуляция почвы микроорганизмами, способными разрушать пестициды. Реальным является применение микробиоло-

гических препаратов для детоксикации пестицидов на очистных сооружениях, в пунктах хранения и распределения средств защиты, а также при аварийных ситуациях, когда высокие концентрации пестицида локализуются на относительно небольших площадях.

2. Посев и культивирование на почве, загрязненной пестицидами высших растений. Растения являются важным фактором формирования микробиоты почвы. Численность микроорганизмов в ризосфере растений значительно выше, чем в окружающей почве. Представлены они главным образом неспоровыми бактериями родов *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Arthobacter*, *Agrobacterium*, среди которых имеются наиболее активные деструкторы пестицидов. Кроме того, в зоне корневой системы растений наблюдается постоянный приток свежего органического вещества за счет корневых выделений, объем которых достигает 30 % и более от общей продуктивности растений. Эти выделения являются источником энергетического материала, индукторов и субстратов, необходимых для начальных этапов трансформации пестицидов.

3. Внесение органических удобрений, которые являются важным источником питания и энергетического материала, обогащающего почву микроорганизмами. С производственными дозами компоста или навоза в 1 г почвы вносится от 0,1 до 1,0 млн. клеток сапротрофных бактерий. Обладая сильной сорбционной способностью, органические удобрения могут поглощать значительное количество пестицидов, снижая их токсичность и ограничивая их подвижность по почвенному профилю. При этом органические удобрения, и особенно свежие растительные остатки, нередко являются источником ростовых субстратов и ферментов, катализирующих трансформацию и детоксикацию пестицидов.

4. Внесение минеральных удобрений стимулирует жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, изменяет pH и окислительно-восстановительный потенциал почвы и, как следствие, заметно сокращает персистентность пестицидов.

2.3.1. Степень загрязнения почв Российской Федерации

Во всех случаях для организации мероприятий по очищению и сохранению чистой окружающей среды первичными являются мероприятия мониторинга загрязнения среды и продукции сельскохозяйственного производства при проведении защитных мероприятий и производстве продукции на загрязненных землях. Степень загрязнения территории Российской Федерации в целом и в региональном аспекте связана с поставками и использованием пестицидов для защиты растений от сорных растений, вредителей и возбудителей болезней (рис. 6) [3-5, 46].

Процесс загрязнения агроэкосистем в дореформенный период при интенсивном использовании пестицидов был выше, чем в период реформирования аграрного сектора России, что связано с сокращением объемов химического метода защиты растений. Так, в 1988 г. при максимальных за всю историю объемах применения пестицидов (по данным ЦИНАО) в СССР при выборочном анализе 66126 проб почв в 34.1% были выявлены остатки, в т.ч. в 4.4% выше максимально допустимых уровней (МДУ). В 36038 пробах растительных образцов выявлено, соответственно, 26.2 и 5.7%; в РСФСР в 33712 почвенных пробах 38.4 и 3.6% соответственно; в 5567 растительных пробах 19,7 и 5,4%.

Сокращение уровня загрязнения почв после 1992 г. связано с уменьшением объемов использования пестицидов.

Загрязнение пестицидами в современном земледелии характеризуется показателем, в значительной степени сложившимся в первый период интенсивного использования стойких хлорорганических соединений (прежде всего ДДТ) и, в меньшей степени, используемых в после реформенный период.

По состоянию на 2005 г. сетевыми подразделениями Росгидромета были выборочно обследованы и оценены земли различного типа на территории 36 субъектов Российской Федерации. В почвах определены остатки 25 наименований пестицидов: хлорорганических – ДДТ, ГХЦГ и дилор и их метаболиты; фосфорорганические – паратион-метил, фозалон и диметоат, пиретроидов – дельтаметрин, фенвалерат, альфа-циперметрин; гербицидов: атразин, симазин, прометрин, пропазин, семерон; трифлуралин, трихлорацетат натрия, далапон и пиклорам [11].

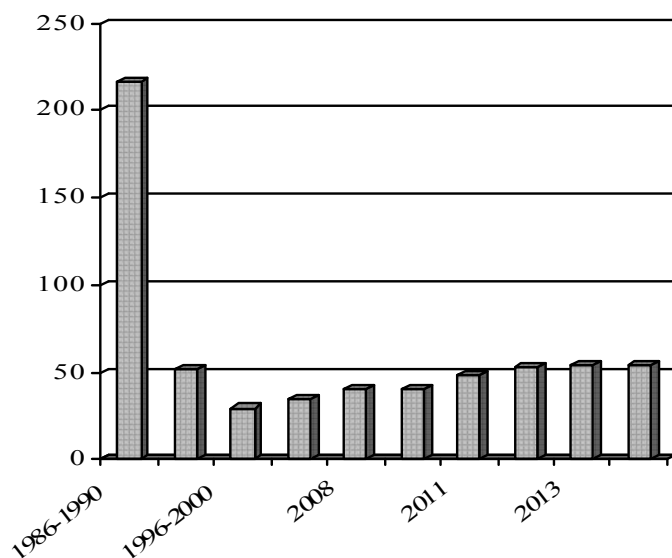


Рис. 6. Динамика поставок химических средств в Российской Федерации (тыс. т).

Наиболее сложной остается проблема загрязнения агроценозов ДДТ. Производство и использование ДДТ сельском хозяйстве началось в СССР в 1946-1947 гг. В 1969-1970 гг. ДДТ был исключен из списка пестицидов, используемых в СССР. Однако в течение последующих 16 лет (до 1986 г.) сохранялось производство 10 тыс. т в год, а до конца 1980-х годов препарат использовался в порядке исключения. В результате около 20% плодородных земель СССР были в разной степени загрязнены ДДТ. При санитарной норме его содержания в почве 0,5-1 мг/кг во многих местах количество ДДТ превышало в 5-10 раз. Это свидетельствует о том, что в России сохраняется высокая опасность от ранее применявшихся пестицидов, обладающих длительным периодом сохранения активности и возможного отрицательного действия, прежде всего в связи с опасностью ухудшения качества урожая. Существенным остается загрязнение почв остатками применяемых в настоящее время новых препаратов, в частности гербицидов группы 2,4-Д и трифлуралина. Четкое определение загрязненных полей и участков с географической их привязкой позволит применять научно обоснованные мероприятия по сдерживанию отрицательного влияния загрязнителей на продуктивность растений и по реабилитации загрязненных площадей. Обобщенные данные подразделений агрохимической службы, проводящих определение содержания остаточных коли-

честв пестицидов в почвах, подтверждают данные Росгидромета по доле площадей сельскохозяйственных угодий, загрязненных пестицидами свидетельствуют об уменьшении загрязненных площадей в годы реформирования аграрного сектора. Данные оценки суммарного загрязнения среды представленные Госэпидемнадзором России, свидетельствуют о большей опасности загрязнения пестицидами почв, которые являются резервуарами пестицидов, и в свою очередь загрязняют воды, воздух и урожай выращиваемых культур. С уменьшением в ассортименте пестицидов с длительным периодом сохранения активности проявляется общая тенденция сокращения загрязнения почв. Остатки токсикантов групп ДДТ и ГХЦГ среди указанных проб с превышением МДУ, составляют 22% от общих остатков загрязнителей.

2.4. Действие пестицидов на биоценозы

В естественных и искусственных ценозах группу вредных фитофагов контролируют паразиты и хищники. Однако в агробиоценозах эффективность многих энтомофагов значительно снижается, поскольку большинство их существует за счет нескольких близких видов фитофагов. В агробиоценозах, представленных однообразным по видовому составу посевом или насаждением, находят благоприятные условия только те виды фитофагов, которые способны питаться культурными растениями ценоза и толерантны к технологии их возделывания. Изобилие кормовых ресурсов и весьма ограниченное количество паразитов и хищников, как правило, приводят к массовому размножению фитофагов, ограничение численности которых осуществляется с помощью пестицидов. При их использовании наряду с уничтожением вредных компонентов агробиоценозов пестициды часто затрагивают жизнедеятельность полезных животных, и в частности энтомофагов, акарифагов и насекомых-опылителей.

2.4.1. Действие пестицидов на популяции энтомофагов и акарифагов

Близость в анатомо-морфологическом строении тела, а также физиолого - биохимических процессах вредных фитофагов с энтомофагами и акарифагами делает последних часто весьма чувствительными именно к инсектицидам и инсектоакарицидам.

Исследованиями Г.И. Сухорученко и Ю.С. Толстой [50], В.И.Долженко и Т.В.Долженко [7], В.И.Долженко и Н.Г.Бабушкиной [8], Т.В. Долженко [9, 10], по оценке степени опасности инсектицидов для полезной энтомофауны установлено, что в производственных нормах применения подавляющее число современных токсикантов данной группы способны вызывать гибель от 20 до 80 % и более хищных жесткокрылых (*кокци-неллиды, жужелицы, стафилиниды*), хищных мух (*сирфиды, гал-лицы, леукопиды*), хищных клопов (*набиды, мириды, антакори-ды*), паразитических перепончатокрылых (*афелиниды, трихо-грамматиды, бракониды*), хищных трипсов, хризопид, фитосей-ид. Большинство фунгицидов и гербицидов малоопасны для по-лезных насекомых. Систематическое применение химических средств может вызвать массовое размножение вредных члени-стоногих вследствие как гибели паразитов и хищников от инток-сикации, так и в результате отсутствия биологических объектов, на которых они развиваются. Восстановление численности энто-мофагов и акарифагов происходит, как правило, в течение 3-4 не-дель после применения препарата за счет переселения их с необ-работанных инсектицидами участков.

Применение избирательных инсектицидов в местах скопле-ния вредных организмов, краевые обработки культур, обработка семенного и посадочного материала или внесение пестицидов в гранулированной форме в почву существенно снижают вероят-ность контакта насекомых с токсикантами, а, следовательно, и предотвращается их массовая гибель.

2.4.2. Действие пестицидов на насекомых-опылителей

Нарушение нормального ритма жизни насекомых - опылите-лей в агробиоценозах и выполнения ими своей общебиологической функции и хозяйственных задач часто происходит в результате ин-токсикации их инсектицидами и инсектоакарицидами [22, 24, 31, 48].

Возникновение и степень развития процесса интоксикации определяется системой биотических и абиотических факторов. Роль их неодинакова. Одни из них обуславливают пространст-венно - временное сближение насекомых с токсикантами, а сле-довательно, и негативное влияние последних. Другие, наоборот,

действуют в направлении разобщения опылителей с химическими соединениями во времени и пространстве и таким образом способствуют ослаблению или полному исключению этого патологического процесса [26, 37].

В основе возникновения контактов насекомых-опылителей с химическими препаратами в агробиоценозе лежит трофическая связь их с энтомофильными растениями как культурных, так и диких видов, в цветках которых добывают себе корм – нектар, пыльцу и без которых они практически существовать не могут. В стадии цветения растения исполняют роль связующего звена между насекомыми-опылителями и химическими препаратами в агроценозе. В то же время опылители не посещают энтомофильные растения вне стадии их цветения, а также многие виды культурных и диких растений в стадии их полного цветения, если последние не привлекают насекомых как источник корма [21, 25, 28].

Важнейшей предпосылкой, как возможности возникновения, так и глубины этого патологического процесса у насекомых, как правило, является видовая специфичность физиологической чувствительности насекомых к токсикантам [30, 32-34, 38, 43], которая, в свою очередь, определяется физико-химическими свойствами соединений и величиной дозы препаратов, действующих на насекомых [29, 35, 36, 40, 41].

Весьма чувствительны к большинству инсектицидов и инсектоакарицидов представители различных видов пчелиных при попадании препаратов на тело насекомых в период обработки или при контакте их с токсикантами на растениях в день их применения [48].

Фунгициды и гербициды практически не представляют опасности для насекомых - опылителей [18].

Тактика рациональных и эффективных мероприятий по защите полезных насекомых-опылителей от интоксикации инсектицидами основана на экспертно-диагностической оценке защищаемой культуры на предмет возможности контактов опылителей с токсикантами на растениях, прогнозе последствий возникающих контактов насекомых с препаратом и принятии решения о пространственно-временном разобщении опылителей с инсектицидом [31].

Для таких видов насекомых - опылителей, как медоносная пчела, люцерновая пчела - листорез, большой земляной шмель при использовании их на опылении растений и/или медосборе разработаны сроки ожидания, дифференцированные по нормам применения (расхода) инсектицидов [45, 47]. Они представлены в таблице 2.

Весьма чувствительны к большинству инсектицидов и инсектоакарицидов представители различных видов пчелиных при попадании препаратов на тело насекомых в период обработки или при контакте их с токсикантами на растениях в день их применения [27, 48].

Таблица 2 – Длительность токсического действия инсектицидов на растениях для насекомых-опылителей (сутки)

Инсектициды	Нормы расхода, л, кг/га	Медоносная пчела	Люцерновая пчела-листорез	Большой земляной шмель
1	2	3	4	5
Ацетамиприд	0,075	0	-	-
	0,2	0	-	-
Диазинон	0,5	3,0	5,5	0
	1,0	4,0	6,0	0,5
	2,0	5,0	7,5	1,5
	3,0	6,0	8,0	2,5
Диметоат	0,5	4,5	8,0	3,5
	1,0	6,5	9,0	4,5
	1,5	7,5	10,0	5,5
Имидаклоприд	0,5	2,0	-	-
	1,5	2,0	-	-
Тиаклоприд	0,18	0	-	-
	0,45	0	-	-
Малатион	0,2	0,5	2,5	0
	0,5	1,5	3,0	0
	1,0	2,0	4,0	0
	2,0	3,0	4,5	0,5
Тиаметоксам	0,06	0	-	-
	0,4	2,0	-	-
	0,8	2,0	-	-
Пиримифос-метил	0,5	2,5	3,5	0,5
	1,0	3,0	4,0	1,5
	1,5	3,5	4,5	2,0
Фенитротрион	0,6	1,5	4,0	0
	1,0	2,0	4,5	0
	2,0	3,0	5,5	0

Фозалон	0,5	0	1,0	0
	1,0	0	1,5	0
	2,0	0	2,0	0
	3,0	0,5	3,5	0
Дельтаметрин	0,1	0	2,0	0
	0,5	0,5	3,5	0
	1,0	2,5	4,5	0
Бифентрин	0,4	1,5	4,0	0
	0,6	1,5	4,5	0
Лямбдацигалотрин	0,15	0	2,5	0
	0,2	0	3,0	0
	0,5	3,5	-	0
	0,8	4,5	-	0
Перметрин	0,3	0,5	3,0	0
	0,4	1,5	3,0	0
Циперметрин	0,1	3,5	4,0	0
	0,24	4,5	5,0	0
Альфациперметрин	0,15	0	0,5	0
	0,20	0	1,5	0
Эсфенвалерат	0,3	0	1,5	0
	0,5	0,5	2,0	0
	1,0	1,5	3,0	0
Хлорпирифос	0,8	5,0	7,5	1,5
	1,5	6,0	8,0	2,5
Фенвалерат	0,3	0	2,0	0
	0,6	0	3,0	0
Флювалинат	0,8	0	0	0
	1,6	0	0	0
Бенсултап	0,3	0	0	0
	0,7	0	0,5	0
	1,0	0	1,0	0

2.4.3. Действие пестицидов на защищаемые растения

Начальным этапом взаимодействий, возникающим между защищаемым растением и применяемым пестицидом, является проникновение токсиканта в растение. Большинство пестицидов достаточно легко проникают в растение через подземные и надземные органы. При обработке посевного или посадочного материала пестицидом или внесении его в почву токсикант проникает в растение через корневую систему. В случае нанесения пестицидов на надземные органы растений проникновение препаратов происходит через кутикулу листьев, устьица, а также покровные ткани стебля.

Многие пестициды после проникновения в растения могут легко и быстро распределяться по флоэме, ксилеме, лучевой паренхиме, по межклетникам и таким образом проникают в различ-

ные органы и ткани. Это так называемые пестициды, обладающие системными свойствами. Некоторые пестициды после проникновения не способны распространяться по растению или имеют ограниченные возможности в этом отношении. Они локализуются в зоне проникновения. В этой связи действие пестицидов может быть общим или местным.

Пестициды, обладающие способностью распространяться по растению, перемещаются, как правило, в быстро растущие органы и ткани. Скорость передвижения пестицидов в растениях различна и совпадает со скоростью движения эндогенных веществ в сосудистой системе.

В растениях пестициды подвергаются метаболизму (превращению) под действием ферментных систем с образованием в конечном итоге нетоксичных продуктов. Скорость этого процесса для разных пестицидов колеблется от 7 до 20 суток и более. Иногда пестициды и их метаболиты обнаруживаются и в продукции убранных урожая.

Скорость метаболизма пестицидов в растениях определяет два существенных момента в их действии. С одной стороны, чем выше скорость метаболизма, тем меньше период их защитного действия от вредных организмов. С другой стороны, низкая скорость превращения пестицидов в растениях увеличивает не только срок защитного эффекта, но и вероятность сохранения токсиантов в растительной продукции, а это ухудшает ее качество.

$$XK = D_{1 \min} / D_{2 \max}.$$

Чем меньше единицы величина хемотерапевтического коэффициента, тем менее опасен пестицид для защищаемых растений.

При планировании защитных мероприятий с помощью пестицидов необходимо при всех прочих равных условиях отдавать предпочтение тем препаратам, которые в рекомендуемых нормах расхода не оказывают негативного влияния на защищаемые растения, быстро разрушаются до нетоксичных соединений и не загрязняют продукцию. Для преодоления угнетающего, недопущения повреждающего, усиления стимулирующего действия пестицидов на защищаемые растения необходимо применение пестицидов осуществлять в пределах только рекомендуемых норм рас-

хода, оптимальных условиях температуры, влажности и обеспеченности растений элементами питания.

Контрольные вопросы

1. Какие свойства пестицидов характеризуют их как потенциальных загрязнителей окружающей среды?
2. Какие существуют пути поступления пестицидов в воздушную среду?
3. Под действием, каких процессов происходит детоксикация пестицидов в атмосфере?
4. Какие существуют пути поступления пестицидов в водную среду?
5. Какое влияние могут оказывать пестициды на зоо- и фитопланктон?
6. Какие процессы приводят к детоксикации пестицидов в водной среде?
7. Какие существуют пути поступления пестицидов в почву?
8. Какое влияние могут оказывать пестициды на микробиоту почвы?
9. Каким процессам подвергается пестицид в почве?
10. Какова ситуация с загрязнением почв пестицидами?
11. Какое влияние могут оказывать пестициды на биоценозы?
12. Какое влияние могут оказывать пестициды на защищаемые растения?

2.5. Действие пестицидов на теплокровных животных и человека

Причиной поступления пестицидов в организм человека и теплокровных животных и возникновения отравлений является грубое нарушение требований техники безопасности при хранении, транспортировке и применении их в сельском хозяйстве и в быту. В большинстве случаев интоксикация людей возникает при проведении работ с пестицидами без необходимых средств индивидуальной защиты. Имеются случаи отравления людей при нарушении регламентов выхода их на обработанные участки для выполнения приемов ухода за растениями. Употребление человеком и животными пищи, воды, вдыхание воздуха, содержащих остаточные количества пестицидов, может также стать причиной

интоксикации. Проникнув в организм, пестициды поступают в кровь и быстро распределяются в нем, избирательно накапливаясь в отдельных органах и тканях. Пестициды могут накапливаться в печени, почках, сердце, проникают в мозг. В местах накопления пестициды подвергаются метаболизму. Наиболее активно метаболические процессы протекают в печени, почках, кишечнике. Пестициды и продукты их метаболизма выделяются из организма через выделительную систему, желудочно-кишечный тракт, легкие, кожу, молочные железы. У человека и животных пестициды могут вызывать острые, подострые или хронические отравления с поражением центральной и периферической нервной системы, расстройство желудочно-кишечного тракта, сердечно - сосудистой системы, блокирование функций ряда ферментов, нарушение деятельности печени, почек, усугубление течения уже имеющихся заболеваний. Некоторые пестициды могут вызывать кожные заболевания (дерматиты, экземы, крапивницу), стимулировать образование опухолей, в том числе и злокачественных, нарушать развитие эмбриона и другие.

Для оценки степени опасности каждого пестицида в отношении человека и теплокровных животных разработана их гигиеническая классификация (табл. 3, 4) [46].

Таблица 3 – Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности в отношении человека и теплокровных животных

Показатель	Классы опасности			
	1-й, чрезвычайно опасные	2-й, опасные	3-й, умеренно опас- ные	4-й, мало- опасные
СД ₅₀ , мг/кг: 1. при введении в желудок; 2. при нанесении на покровы	<100	51-200	201-1000	>1000
	<50	101-500	501-2000	>2000
СД ₅₀ , мг/м ³	<500	501-2000	2001-200000	>200000
Стойкость в почве (Т ₉₀)	>1 года	6-12 месяцев	2-6 месяцев	в теч. 2 месяцев

Таблица 4 – Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности в отношении человека и теплокровных животных

Классы опасности			
1-й, чрезвычайно опасные	2-й, опасные	3-й, умеренно опасные	4-й, малоопасные
1	2	3	4
<i>Тератогенное действие</i> – свойство пестицида вызывать появление уродливого потомства.			
Доказана тератогенность для человека или в единичных случаях на людях в сочетании с тератогенностью для животных	Дозозависимый тератогенный эффект у потомства, в т.ч. дозы, нетоксичные для материнского организма, а также превышение спонтанного уровня уродства у животных при воздействии доз, токсичных для матерей.	Тератогенный эффект у потомства при воздействии доз, токсичных для материнского организма	Отсутствие тератогенного эффекта
<i>Эмбриотоксическое действие</i> – свойство пестицидов нарушать нормальное развитие зародыша			
Доказана эмбриотоксичность для человека в сочетании с эмбриотоксичностью в опытах на животных	Дозозависимые проявления эмбриотоксичности на животных, включая дозы, нетоксичные для материнского организма	Выявление эмбриотоксического действия по отдельным показателям у потомства при воздействии доз, токсичных для материнского организма	Отсутствие эмбриотоксического эффекта
<i>Бластмогенное действие</i> – свойство пестицида стимулировать образование опухолей. В тех случаях, когда вещества вызывают злокачественные новообразования, их относят к канцерогенным соединениям			
Достаточные доказательства канцерогенности для человека в сочетании с достаточными доказательствами для животных при наличии единого механизма канцерогенности	Доказательства канцерогенности для человека от почти достаточных до полного их отсутствия, при наличии доказательства канцерогенности для животных	Достаточные доказательства канцерогенности у животных, но с другим механизмом канцерогенеза, не действующим на человека	Отсутствие канцерогенности у человека или у двух видов животных
<i>Мутагенное действие пестицида</i> – характеризуется частотой появления мутаций в хромосомах			
Достаточные доказательства мутагенности для человека в сочетании с доказательствами для млекопитающих (опыты in vivo)	Доказательства мутагенности для человека от почти достаточных до их полного отсутствия, при наличии достаточных доказательств мутагенности для млекопитающих	Достаточные доказательства мутагенности на стандартных лабораторных генетических объектах	Отсутствие мутагенного эффекта на стандартных генетических объектах

<i>Аллергенное действие</i> – свойство пестицидов вызывать изменение реактивности организмов на повторные воздействия токсикантов. Как правило, повышенная индивидуальная чувствительность организма к некоторым веществам проявляется в форме покраснения слизистых оболочек, появления отеков, кожного зуда, жжения, сыпи.			
Достаточные доказательства аллергенности для человека	Ограниченные доказательства аллергенности для человека в сочетании с достаточными доказательствами сенсибилизирующего действия для животных	Достаточные доказательства сенсибилизирующего действия на животных	Отсутствие сенсибилизирующего действия
<i>Репродуктивная токсичность</i> – свойство пестицидов оказывать влияние на репродуктивную функцию человека и животных.			
Доказано влияние на репродуктивную функцию человека в сочетании с репродуктивной токсичностью на животных	Дозозависимые изменения комплекса показателей репродуктивной функции у животных, включая дозы, нетоксичные для родителей	Влияние на отдельные показатели репродуктивной функции у животных на уровне доз, токсичных для родителей	Отсутствие проявления репродуктивной токсичности

Класс опасности пестицидов необходимо учитывать при выборе препаратов для защиты сельскохозяйственных культур, при выборе средств индивидуальной защиты. Пестициды 1-го класса опасности не рекомендуются для применения в народном хозяйстве, их использование возможно только специалистами в исключительных случаях. Розничная продажа пестицидов этого класса запрещена. Пестициды 2-го класса опасности применяются только специалистами по защите растений или под их контролем лицами, имеющими специальную профессиональную подготовку. Розничная продажа препаратов разрешена только лицам с профессиональной подготовкой. Пестициды 3-го и 4-го классов опасности используются в соответствии с установленными регламентами. При этом запрещена продажа пестицидов 3-го класса опасности в неспециализированных торговых точках.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины поступления пестицидов в организм человека и животных?
2. По каким показателям осуществляется установление класса опасности пестицида?
3. Что такое тератогенное действие пестицида?
4. Что такое аллергенное действие пестицида?
5. Что такое канцерогенное действие пестицида?
6. Что такое эмбриотоксическое действие пестицида?

2.5.1. Регламенты применения пестицидов

Эффективное и безопасное использование пестицидов в сельском хозяйстве невозможно без разработки научно обоснованных рекомендаций, нормативов, ограничений (регламентов) на каждый препарат.

Одним из наиболее важных нормативных документов является «Каталог (Список) пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации», который ежегодно пересматривается, уточняется и утверждается. В этом каталоге регламентируется перечень действующих веществ пестицидов и названия препаратов на их основе, которые разрешается применять в текущем году для защиты конкретных видов культур, сроки, способы и кратность применения, нормы их расхода, а также сроки ожидания и сроки выхода людей на обработанные пестицидами участки для выполнения работ по уходу за растениями, гигиенические нормативы.

Для санитарного контроля остатков пестицидов в пищевых продуктах по каждому препарату разработаны и утверждены Министерством здравоохранения Российской Федерации максимально допустимые уровни (МДУ) содержания их в различных продуктах растительного и животного происхождения. Этот показатель выражается в мг/кг продукта и устанавливается на основе изучения токсичности пестицидов на животных, определения динамики остатков пестицидов в растениях. Величины МДУ остаточных количеств пестицидов являются основой для установления сроков ожидания.

Срок ожидания – это период времени от последней обработки культуры пестицидом до ее уборки, в течение которого происходит полная деградация препарата или снижение содержания его до допустимого уровня.

В целях охраны здоровья человека и животных, предотвращения возможности циркуляции пестицидов в объектах окружающей среды установлены гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) (мг/кг) содержания пестицидов в почве, ПДК или ориентировочно допустимый уровень (ОДУ) пестицидов в воде открытых водоемов (мг/л), ПДК или ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) пестицидов в воздухе

рабочей зоны и атмосферном воздухе (мг/м³).

Меры личной и общественной безопасности при организации и выполнении работ с пестицидами, а также технология обезвреживания и уничтожения пестицидов и тары из-под них регламентируются другим нормативным документом – «Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обеззараживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов. Санитарные правила и нормы. СанПин 1.2.2584-10».

Контрольные вопросы

1. Что такое МДУ?
2. Что такое ПДК?
3. Что такое ОДК?
4. Что такое ОДУ?
5. Что такое ОБУВ?
6. Что такое срок ожидания?
7. Каким нормативным документом регламентируется перечень действующих веществ пестицидов и названия препаратов на их основе, которые разрешается применять в текущем году?
8. Каким нормативным документом регламентируются меры личной и общественной безопасности при организации и выполнении работ с пестицидами?
9. Каким нормативным документом регламентируются виды культур для защиты пестицидами, сроки, способы и кратность применения препаратов, нормы их применения (расхода)?

2.6. Воздействие пестицидов на отдельные организмы, популяции и экосистемы

Хорошо известно, что мерой токсичности (ее количественным критерием) любого ядовитого вещества является доза. Доза – это количество вещества в единицах массы из расчета на единицу массы или площади поверхности, объема обрабатываемого объекта.

В настоящее время разработаны различные методы оценки токсичности химических веществ и позволяющие определить ее количественные критерии, т.е. дозы. Эксперименты включают: острые, подострые и хронические исследования. Основное раз-

личие между ними состоит в применяемых дозах и продолжительности воздействия химического вещества. *В острых токсикологических исследованиях определяется острая токсичность. Острая токсичность* – вредное действие токсиканта, проявляющееся в течение короткого периода после введения разовой дозы или многократных доз, вводимых в течение суток.

Исследование острой токсичности направлено на установление количественных параметров токсичности данного химического соединения, изучение характера его действия и специфического токсического эффекта, а также на установление существующих видовых и половых различий в чувствительности к токсическому агенту. Точное установление токсической дозы пестицида, вызывающей известный эффект на отдельно взятом животном, насекомом, растении, невозможно, так как биологические объекты характеризуются различной индивидуальной чувствительностью к пестицидам.

Количественные показатели токсичности пестицидов определяют опытным путем. Для этого проводят эксперименты на группах здоровых лабораторных животных, содержащихся при соответствующих условиях, которые подвергаются воздействию серии градированных доз исследуемого вещества. В опытах обычно используют крыс, мышей, морских свинок, кроликов, хомяков.

В энтомотоксикологических исследованиях используют насекомых или клещей. Как правило, контрольная группа животных получает растворитель (носитель исследуемого вещества) или инертное вещество. После воздействия вещества тщательно наблюдают за появлением признаков его токсичности. В начале острого опыта в первую очередь надо установить, в каких цифровых порядках находятся параметры токсичности. Целесообразно в целях выявления доз, лежащих в зоне летального действия, вначале использовать для каждой дозы не более одного или двух животных. Опыты с необходимым для статистики числом животных начинают от той дозы, при введении которой в ориентировочном опыте животное осталось живым, в то время как от всех более высоких доз животные погибали.

Предварительная оценка степени токсичности вещества может быть произведена при однократном введении путем установления верхней и нижней границ диапазона его токсического дей-

ствия, т. е. *смертельной и пороговой доз*. Верхний и нижний параметры токсичности определяют *зону острого токсического действия*. Опасность острого отравления устанавливается шириной этой зоны. Чем она уже, тем более возможно острое отравление. Верхние параметры токсичности представляют собой смертельные дозы, т. е. количества вещества, которые при введении в организм вызывают гибель определенного количества животных в опытной группе. Практически определение верхнего параметра токсичности производят на основании анализов результатов испытания ряда последовательно возрастающих доз вещества с использованием для каждой дозы определенной группы животных одного вида: от дозы, не вызывающей ни одного случая смерти, до дозы, приводящей к гибели всех животных в группе. Учитывают зависимость между дозой вещества и частотой наступления летального исхода. Испытуемые дозы должны различаться на равные численные значения.

При выборе доз обычно прибегают к арифметической прогрессии (например, 1, 2, 3, 4, 5 и т.д. или 5, 10, 15, 20 и т.д.). Но дозы, взятые в арифметической прогрессии, разнятся между собой не кратно. Так, дозы 5 и 10 разнятся в 2 раза, а дозы того же ряда 50 и 55 — лишь на 10 %. Это заставило некоторых авторов предложить пользоваться при выборе доз геометрической прогрессией (например, 1, 2, 4, 8, 16, 32 и т.д. или 0,1, 0,01, 0,001 и т.д.) или применять ряды Фюльда. Эти ряды представляют собой геометрические прогрессии с начальным членом 10^n и знаменателем $\sqrt[m]{10}$,

где: n — любое целое положительное или отрицательное число, а m — любое целое положительное число, отличное от нуля.

Удобство этих рядов заключается в том, что они содержат одни и те же соотношения во всех разрядах единиц. Конкретный ряд рекомендуется выбирать в зависимости от количества используемых для опыта животных. Например, для опытов, где каждую дозу испытывают на пяти-шести подопытных организмах, подходят следующие ряды:

1,0-1,5-2,1-3,2-4,6-8,8-10,0-15,0;
1,0-1,4-1,9-2,7-3,7-5,2-7,2-10,0-14,0.

Для опытов, в которых дозу испытывают на 10 подопытных организмах, можно применить ряды:

1,0-1,3-1,8-2,4-3,2-4,2-5,6-7,5-10,0-13,0;
1,0-1,3-1,7-2,1-2,8-3,6-4,6-6,0-7,7-10,0-13,0;
1,0-1,3-1,6-2,0-3,2-4,0-5,0-6,3-8,0-10,0.

После того как приблизительное значение эффективных доз найдено, приступают к основному эксперименту. Подопытных организмов разделяют на равные по численности группы – по 6-10 подопытных организмов в каждой группе. На каждой группе испытывают одну дозу. Через определенный промежуток времени, достаточный для оптимального проявления действия пестицида, определяют эффект. Всего испытывают пять-восемь доз, доходя с одной стороны до дозы, не вызывающей учитываемой реакции (эффект) ни у одного из подопытных организмов в группе, и с другой стороны до дозы, вызывающей эту реакцию (эффект) у всей группы животных. Желательно, а для некоторых методов необходимо, чтобы интервал между испытываемыми дозами был постоянным, а также стремиться к тому, чтобы весь опыт был проведен в течение одного дня. Если это невозможно, то рекомендуют ежедневно испытывать весь ряд доз на меньшем количестве подопытных организмов. Эффект выражают в процентах к контрольному варианту (без пестицида), учитывая наиболее характерные изменения организма, вызванные данным пестицидом.

В результате эксперимента исследователь получает данные о количестве животных, у которых под влиянием испытанных доз вещества наблюдалась или не наблюдалась учитываемая реакция (эффект). Эти данные заносят в таблицу, в которой результат эксперимента обычно записывают в виде дроби: в числителе указывают число подопытных организмов, у которых наблюдалась учитываемая реакция, в знаменателе – число животных, у которых эта реакция не наблюдалась и общее число подопытных организмов в группе.

2.6.1. Методы расчета среднесмертельной дозы токсикантов

Среднесмертельную дозу вычисляют статистическими методами. Наиболее известны методы Беренса, Кербера, Першина, Беренса и Шлоссера, метод наименьших квадратов, методы про-

бит-анализа Миллера и Тейтнера, Лигчфидда и Уилкоксона, метод Штабского и некоторые другие [2].

Рассматривая любое биологическое явление и измеряя какой-либо фактор, характеризующий это явление, мы неизбежно получаем ряд величин, чаще всего подчиняющийся закону нормального распределения. Данные результаты можно изобразить в виде кривой. Для этого по оси ординат откладывают наблюдаемые частоты, а по оси абсцисс откладывают значения вариантов, выражая их в тех единицах, в которых производили измерение.

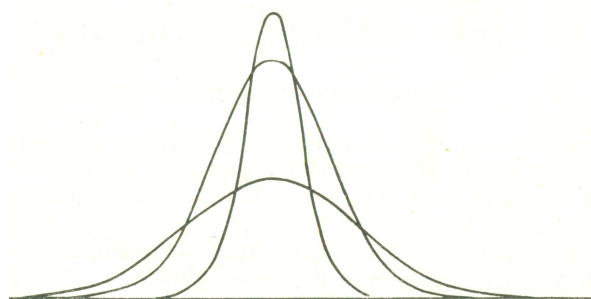


Рис. 7. Кривые нормального распределения вероятностей (по Гауссу).

На рисунке 7 представлены кривые нормального распределения вероятностей. Как видно на рисунке это симметричные кривые, у которых частоты постепенно перерастают до максимума, а затем также постепенно и плавно снижаются до нуля.

Кривая два раза меняет свое направление кривизны, то есть

имеет две точки перегиба, σ σ причем расстояние этих точек от x_0 равно $+\sigma$ и $-\sigma$. Площадь над осью абсцисс, ограниченная этой кривой, выражает общее количество подопытных организмов, у которых наблюдалась изучаемая реакция.

При выявлении эффективной дозы какого-либо вещества, вызывающего конкретный эффект, находят не одно определенное значение, а ряд значений, которые образуют вариационный ряд его индивидуальных эффективных доз. Распределение частот индивидуальных эффективных доз в этом вариационном ряду обычно приближается к нормальному распределению.

В условиях нормального распределения вариационный ряд может быть полностью определен средней арифметической варьирующего признака (в данном случае – доза) и величиной стандартного отклонения (σ), соответствующего стандартной ошибке средней арифметической (σ) из индивидуальных минимальных эффективных доз. Найти ее можно, используя известную формулу:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}},$$

где: x - значение отдельного наблюдения;
 $\bar{x}$ - средняя арифметическая вариационного ряда;
 n — число наблюдений.

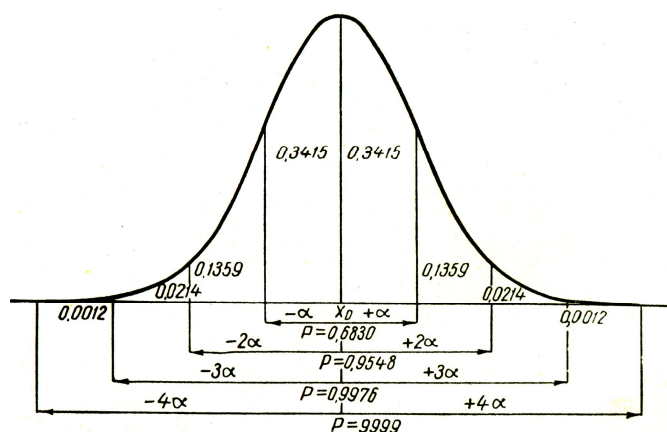


Рис. 8. Распределение вероятностей нормальной кривой (по Гауссу).

Другой путь определения средней эффективной дозы вытекает из особенностей кривой нормального распределения. Если принять площадь полигона, очерчиваемого кривой нормального распределения, за единицу, то части кривой можно выразить в виде десятичных дробей (рис. 8).

Числа, определяющие относительные части площади полигона нормальной кривой, означают и вероятности нахождения варианта x в данной части кривой. Для определения вероятности не прибегают к измерению площади полигона и его отрезков, поскольку имеются готовые таблицы значений нормального интеграла вероятности. Вероятность появления x в интервале $\alpha = +1$ и $\alpha = -1$ (соответствующего 2σ) равна $0,683$, а вероятность появления x вне этого интервала $1 - 0,683 = 0,317$. При интервале $\alpha = +2$ и $\alpha = -2$ (соответствующего 4σ) вероятности равны соответственно $0,9548$ и $0,0454$ и т.д.

Для стандартизированной кривой нормального распределения, т. е. при стандартном отклонении теоретического распределения при $\alpha = -1$ площадь, отсекаемая перпендикуляром, восстановленным из этой точки, составляет 16% (точнее, $15,87\%$) общей площади, ограниченной кривой распределения; при $\alpha = +1$ отсекаемая площадь составляет 84% (точнее, $84,13\%$) общей площади, ограниченной кривой распределения (рис. 9).

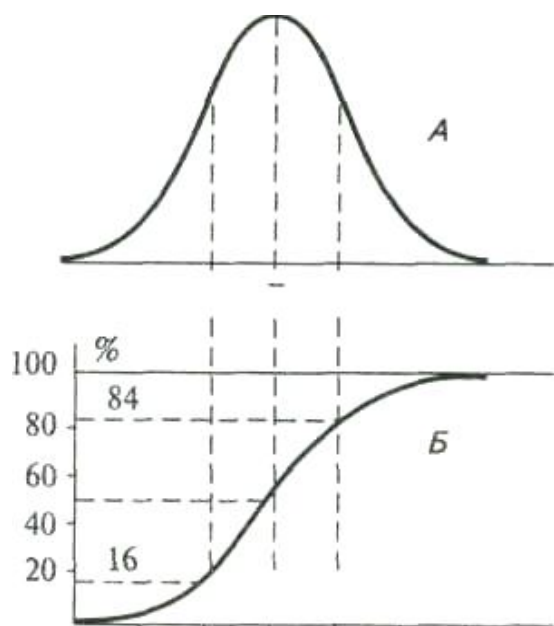


Рис. 9. Соотношение между кривой нормального распределения (А) и соответствующей ей кумулятой (Б)

$СД_{16}$ и $СД_{84}$. Это соотношение часто используется для нахождения стандартного отклонения и стандартной ошибки $СД_{50}$.

Характеристическая кривая имеет исключительно большое значение для количественной оценки токсикологической активности. По существу, все методы количественного определения активности сводятся к построению характеристической кривой или эквивалентной ей прямой на основании данных, полученных в результате эксперимента, и к последующему их анализу. Для этого по полученным данным строят график зависимости эффекта от доз пестицида. Экспериментальные данные показывают, что зависимость эффекта (в процентах) от дозы выражается несимметричной S-образной кривой, поскольку пестициды в возрастающих дозах дают, как правило, постепенно затухающий эффект (рис. 10).

Если для построения графика брать не абсолютные значения доз, а их значения, выраженные в логарифмах, то кривая принимает вид симметричной S-образной кривой и при средних значениях эффекта приближается к прямой, но при дозах, вызывающих эффекты, близкие к 0 или 100 %, связь существенно отличается от прямолинейной.

Следовательно, доза вещества, которая меньше, чем $СД_{50}$ на величину стандарта, должна вызывать реакцию у 16% животных, а доза, превышающая $СД_{50}$ на величину стандарта, должна вызывать реакцию у 84% животных. Эти дозы соответственно обозначают $СД_{16}$ и $СД_{84}$.

Итак, $СД_{16} = СД_{50} - \sigma$; $СД_{84} = СД_{50} + \sigma$. Отсюда:
 $СД_{84} - СД_{16} = СД_{50} + \sigma - СД_{50} - \sigma = 2\sigma$.
 Следовательно, $\sigma = (СД_{84} -$

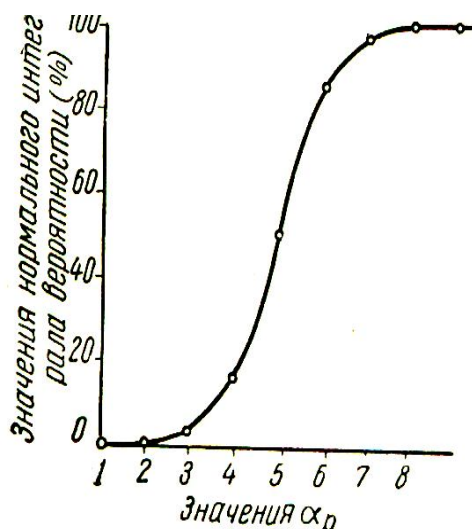


Рис. 10. Зависимость между дозами (концентрациями) действующих веществ и эффектом в виде процента погибших подопытных организмов

Это затрудняет определение токсических доз. Для спрямления этой линии используют метод пробит-анализа, при котором проценты эффекта переводят в условные вероятностные единицы, называемые *пробитами* (probability – вероятность). Значения пробит, соответствующие данному проценту эффекта, находят по специальным таблицам (табл. 5).

Таблица 5 – Преобразование процентов гибели особей в пробиты

Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит
1	2,674	26	4,357	51	5,025	76	5,706
2	2,946	27	4,387	52	5,050	77	5,739
3	3,119	28	4,417	53	5,075	78	5,772
4	3,249	29	4,447	54	5,100	79	5,806
5	3,355	30	4,476	55	5,126	80	5,842
6	3,445	31	4,504	56	5,151	81	5,878
7	3,524	32	4,532	57	5,176	82	5,915
8	3,595	33	4,560	58	5,202	83	5,954
9	3,659	34	4,587	59	5,227	84	5,994
10	3,718	35	4,615	60	5,253	85	6,036
11	3,773	36	4,642	61	5,279	86	6,080
12	3,825	37	4,668	62	5,305	87	6,126
13	3,874	38	4,695	63	5,332	88	6,175
14	3,920	39	4,721	64	5,358	89	6,227
15	3,964	40	4,747	65	5,385	90	6,282
16	4,006	41	4,772	66	5,413	91	6,341
17	4,046	42	4,798	67	5,440	92	6,405
18	4,085	43	4,824	68	5,468	93	6,476
19	4,122	44	4,849	69	5,496	94	6,555
20	4,159	45	4,874	70	5,524	95	6,645
21	4,194	46	4,900	71	5,553	96	6,751
22	4,228	47	4,925	72	5,583	97	6,881
23	4,261	48	4,950	73	5,613	98	7,054
24	4,294	49	4,975	74	5,643	99	7,326
25	4,326	50	5,000	75	5,674	99,99	8,719

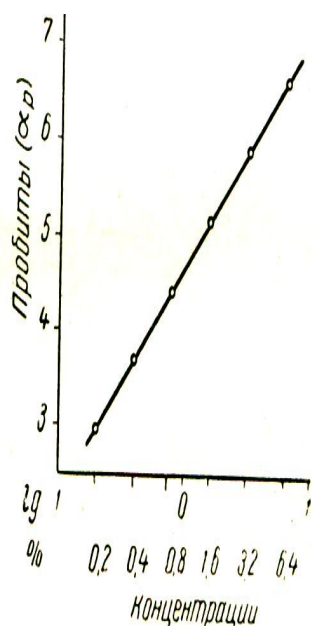


Рис. 11. Прямая зависимости эффекта от дозы пестицида

При нанесении на график значений пробит и логарифмов доз могут быть случайные отклонения некоторых точек от прямой. При этом зависимость между дозой и частотой наступления реакции будет представлена симметричной S-образной кривой, которую обычно называют кумулятой или характеристической кривой. На этой кривой средняя эффективная доза соответствует значению абсциссы для той части кривой, ордината которой равна 50%.

Прямую зависимости эффекта от дозы пестицида строят на основе решения корреляционного уравнения связи или эмпирически и по ней находят $СД_{50}$, $ЕД_{50}$ или другие необходимые показатели ($СД_{16}$, $ЕД_{84}$ и т. д.) (рис. 11).

Определение $СД_{16}$, $СД_{50}$, $СД_{84}$ можно осуществлять и с помощью вероятностно-логарифмической бумажной сетки (рис.12).

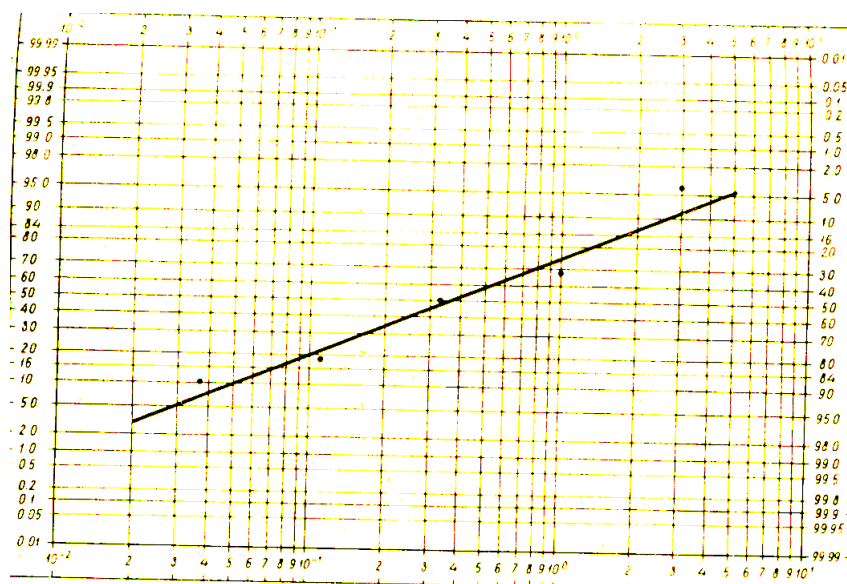


Рис. 12 Характеристическая кривая на вероятностно - логарифмической сетке

Большое значение в определении уровня токсичности имеет путь введения изучаемого вещества: *ингаляционный* – введение токсиканта в подопытный организм с вдыхаемым воздухом; *пероральный* – введение токсиканта в подопытный организм с кормом в желудок (через рот); *контактный* – поступление токсиканта в подопытный организм через покровы. Каждый путь имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при проведении токсикологического эксперимента, так как эффект при различном поступлении вещества, как правило, оказывается неодинаковым, поскольку скорость всасывания вещества при различных способах введения неодинакова. Неидентичной может быть и клиническая картина отравления при действии токсиканта, поступающего в организм различными путями.

2.6.2. Особенности влияния токсикантов на популяции биологических объектов

Важной особенностью популяций и биоценозов является неспецифичность их реакции на внешнее токсическое воздействие. Они отличаются сходными ответными реакциями на влияние как естественных природно-климатических, так и антропогенных факторов. Это затрудняет диагностику экотоксических эффектов.

Теоретической базой экологической токсикологии пестицидов являются фундаментальные закономерности структуры и функционирования популяций и экосистем. Она изучает источники поступления вредных веществ в окружающую среду, их распространение, действие на живые организмы, механизмы токсического действия и токсических эффектов химических веществ.

Под влиянием техногенных загрязнителей в экологических системах проявляются неблагоприятные эффекты на различных уровнях организации – от молекулярно-клеточного до биоценологического. Наблюдаются эффекты увеличения частоты хромосомных нарушений и мутаций, изменения ферментативной активности отдельных систем организма, снижение репродуктивных способностей и продолжительности жизни организмов, смена доминирующих видов, изменение половозрастной структуры популяций, видового состава сообществ, продуктивности биоценозов в целом.

Популяция – это устойчивая внутривидовая группировка особей, объединенных территориально, имеющих единый жизненный цикл и генофонд, в какой-то мере репродуктивно изолированная от других группировок и обладающая способностью к

гомеостазу в изменяющихся условиях существования. Связь между токсической нагрузкой и выраженностью токсического эффекта в экотоксикологии обычно представляется зависимостью типа доза-эффект, носящей альтернативный характер. В виде дозы можно рассматривать содержание токсических веществ в объектах внешней среды или в изучаемых организмах. Токсический эффект отражает ответ биологической системы на воздействие ксенобиотика.

Одним из путей решения проблем экотоксикологии является широкое применение лабораторных аналогов с последующей экстраполяцией на природные сообщества.

Токсикологические эксперименты с лабораторными животными лежат в основе устанавливаемых для человека ПДК токсических веществ в воздухе, воде, продуктах питания. Остается открытым вопрос, в какой мере нормативы, установленные для человека, обеспечивают защиту других объектов живой природы.

В последнее время большое внимание уделяется природным экспериментам, в которых биоценозы изолируются и подвергаются дозированному воздействию токсического фактора. В качестве эмпирической основы экотоксикологии следует рассматривать также данные, полученные при изучении деградированных территорий. Критические значения токсического фактора $С_{кр}$, вызывающие проявление токсического эффекта, сдвигаются в сторону больших значений по мере перехода от низших уровней организации биологических систем к высшим (клетка-ткани или органы-популяции).

Поражение или гибель животных начинается при больших концентрациях, чем поражение органа и тем более клетки. В популяции должна существовать некоторая критическая численность особей, ниже которой ее существование в природных условиях невозможно. Этой критической ситуации соответствует определенный процент пораженных (погибших) организмов.

Компенсация неблагоприятного воздействия фактора направлена на поддержание стабильности биологической системы на молекулярном, клеточно - тканевом, организменном и популяционном уровнях организации. К воздействию антропогенных факторов, включая техногенное загрязнение, биологические системы различного ранга эволюционно не готовы. Их реакция на техногенный пресс носит неспецифический характер. Связь влияния потенциально токсичных веществ на живые организмы

со временем характеризуется чередованием периодов стимуляции и угнетения показателей жизнедеятельности на уровне, как отдельных особей, так и их популяций. Это явление представляет собой результат взаимодействия сопряженных по интенсивности процессов интоксикации и ответных компенсаторно-адаптивных реакций биологической системы.

Компенсаторные реакции на уровне организма могут включать выведение и обезвреживание яда, элиминацию и компенсацию молекулярных повреждений, последующие перестройки внутриклеточных и физиологических процессов, направленные на ослабление неблагоприятного эффекта. При воздействии токсиканта в малой концентрации первичные деструктивные изменения со временем могут быть полностью компенсированы, а жизнедеятельность организмов может даже временно перейти в состояние повышенной активности (стимулироваться).

Любое вещество при избыточном содержании способно оказывать на особи, популяции и сообщества организмов токсическое действие, которое зависит от продолжительности и интенсивности экспозиции токсиканта. Взаимодействующие уровни токсических веществ могут быть признаны бездействующими, если вызываемые ими изменения не выходят за пределы колебания статистической нормы. В качестве допустимой нормы принимается диапазон изменений, равный двум стандартным отклонениям ($M \pm 2Sn$), выход за пределы которого диагностируется как проявление поражения.

Популяция как система взаимосвязанных особей уже в силу исходной разнокачественности ее отдельных эколого-функциональных группировок характеризуется разнообразием их ответной реакции на любое внешнее воздействие.

Количественная оценка дозы предполагает учет меры токсического воздействия, отражающей не просто средние уровни токсических веществ в объектах внешней среды, а специфику популяции как гетерогенного объекта, элементы которого испытывают токсическое воздействие разной интоксикации. Оценка эффекта должна включать некоторые интегральные показатели состояния популяции, непосредственно контролирующие стабильность ее структуры и функции (плодовитость, выживаемость, продуктивность, занимаемая площадь, численность, возрастной состав и др.).

При оценке эффектов популяционного уровня необходимо

исходить из первичных проявлений токсичности на молекулярном, тканевом, клеточном, организменном уровнях. Техногенные вещества, загрязняющие природные экосистемы, включаются в биологический круговорот за счет жизнедеятельности популяций растений и животных.

В экотоксикологии в качестве аргумента зависимости доза-эффект следует рассматривать спектр концентраций токсических веществ в популяционной выборке, описываемой логнормальным законом распределения:

$$\lg C_m = \lg C_0 + \sum_{i=1}^n D_i;$$

Где: C_m — конечная концентрация вещества;

C_0 — начальная концентрация вещества;

D — коэффициент разбавления.

В двойных логарифмических координатах она представляет прямую линию. Связь дозы и эффекта выражается логистическим уравнением:

$$y = \frac{A - a_0}{1 + e^{\alpha + \beta x}} + a_0,$$

Где: y — эффект;

x — доза;

A и a_0 — соответственно максимальный и минимальный уровни концентрации токсиканта;

α и β коэффициенты, которые устанавливаются эмпирически (опытным путем).

Повышенное содержание токсических веществ во внешней среде, и прежде всего в почвах, неизменно ведет к повышенным концентрациям этих веществ в растительных и животных организмах. Это зависит от пространственной мозаичности и различий уровней загрязненности территории, с одной стороны, и особенностей экологии популяций и сообществ растительных и животных организмов — с другой.

Токсические вещества попадают к живым объектам в результате прямого поступления оральным путем, через устья расте-

ний, дыхательные пути у животных; в водных экосистемах поступление поллютантов из воды происходит за счет фильтрации водных организмов. Второй путь поступления токсикантов связан с предварительным накоплением загрязнителей в почве (для растений), растительности (для животных-фитофагов), у животных – в жертвах (для хищников) и с дальнейшим прохождением их по пищевым цепям. Накопление токсических веществ млекопитающими-фитофагами определяется главным образом содержанием загрязнителей в рационах животных.

Прямой путь поступления значительно уступает пищевому поступлению токсических веществ по пищевым цепям. Концентрации токсических веществ при переходе с одного трофического уровня на другой выражают с помощью коэффициента накопления: $КН = C_{\text{фитофаги}} / C_{\text{растительность}}$,

где C – концентрация токсиканта

Токсический эффект, отражающий состояние популяции, определяется количеством (долей) особей, у которых возможно проявление признаков интоксикации, распределением содержания токсических элементов в организмах, составляющих популяцию, долей в ней пораженных особей. При системном анализе зависимости *расстояние от источника-концентрация токсиканта* и *расстояние от источника-состояние популяции* экосистемы будет получена кривая типа *доза-эффект*.

Контрольные вопросы

1. Что является количественным критерием токсичности пестицида для живых организмов?
2. Как определяется зона острого токсического действия пестицида?
3. Какие существуют методы определения количественных критериев токсичности пестицида для живых организмов?
4. Какие существуют методы среднесмертельных доз пестицидов?
5. В чем заключаются особенности влияния токсикантов на отдельные организмы и их популяции?
6. Чем характеризуются компенсаторные реакции организма и популяций на действие пестицида?

Глава 3

ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ИНСЕКТИЦИДОВ

В результате изучения материала главы магистрант должен знать: экотоксикологические свойства основных групп инсектицидов, условия, пути и продукты метаболизма в организме животных и растений, а также превращения в почве под влиянием микробиоты.

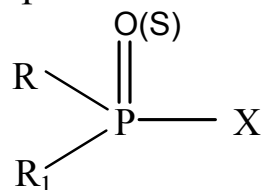
Современный ассортимент химических средств защиты растений от вредных членистоногих представлен соединениями из различных классов веществ (табл. 6) [46].

Таблица 6 – Действующие вещества инсектицидов по группам химических соединений

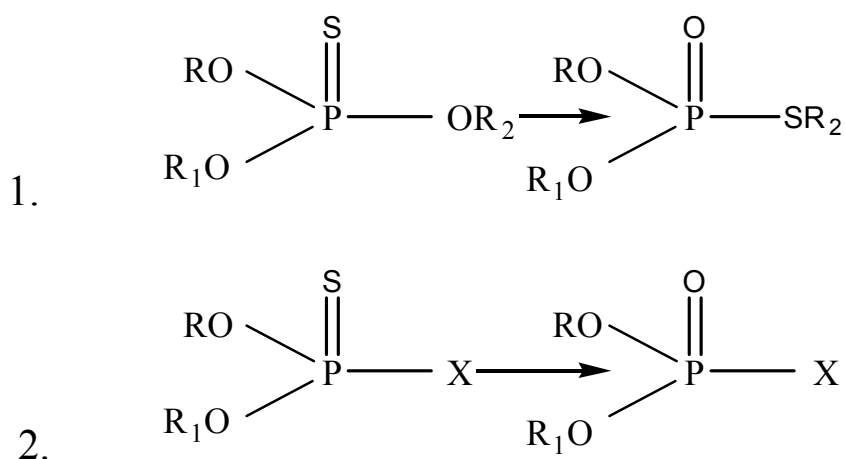
Группы химических соединений		Названия действующих веществ инсектицидов
Авермектины		абамектин, аверсектин С, авертин N, эмаектин бензоат
Аналоги:	нереистоксина	бенсултап
	ювенильного гормона	пирипроксифен
Антрацил диамиды		хлорантранилипрол
Бензотиазиноны		бентазон
Карбаматы		феноксикарб, метомил
Неоникотиноиды		ацетамиприд, имидаклоприд, клотианидин, тиаметоксам, тиаклоприд
Оксадиазины		индоксакарб
Пиразолы		фенпироксимат
Пиретроиды		альфа, бета, зета-циперметрин, бифентрин, лямбда-цигалотрин, дельтаметрин, тау-флювалинат, циперметрин, гамма-цигалотрин, эсфенвалерат, тефлутрин, перметрин, бета-цифлутрин
Производные:	бензоилмочевины	дифлубензурон, люфенурон,
	пиридазина	пиридабен
	пиридина	никотин
	тиадиазинов	бупрофезин
Сульфозифиры		пропаргит
Тетразины		клофентезин, дифловидазин
Фенилпиразолы		фипронил
Фосфорорганические соединения		диазинон, диметоат, малатион, фозалон, пиримифос-метил, хлорпирифос, паратион-метил, фенитротрион
Хинозолины		феназахин

3.1. Фосфорорганические соединения

Химическое строение современных фосфорорганических инсектицидов может быть выражено схематически формулой:



Таким образом, все они являются производными пятивалентного фосфора. Группа X представляет собой остаток органической или неорганической кислоты имеющей рКа меньше 10. Чаще всего это *фтор* или *другие галогены*, *CN*, а также остаток *нитрофенола* или другого гидроксилзамещенного производного *ароматического* или *гетероциклического* ряда. Эта часть называется отщепляемой группой, т.к. при взаимодействии с холинэстеразой она отщепляется, а остаток соединяется с молекулой фермента, фосфорилируя его. Группы R и R₁ – остатки более основных молекул, чем X. Как правило это одинаковые или различные алкилы, алкоксины или алкиламины. Важно отметить, что антихолинэстеразным действием обладают соединения, у которых двойной связью с фосфором связан только *кислород*. Когда в молекуле на этом месте стоит *сера* или гораздо реже *селен* необходима предварительная активация соединения, которая может быть обеспечена изомеризацией вещества или его окислением, так называемой окислительной десульфурацией. Реакция идет по схеме:



Некоторые инсектициды этой группы способны проникать в листья обработанных растений, но это проникновение ограничи-

вается только кутикулой, или верхними слоями паренхимных клеток, а распространение действующих веществ по сосудистой системе не происходит (квазисистемный способ действия).

3.1.1. Производные тиофосфорной кислоты

Диазинон

Название по ИЮПАК:

O,O-диэтил *O*-2-изопропил-6-метилпиримидил-4-ил тиофосфат

Химическая формула:

$C_{12}H_{21}N_2O_3PS$;

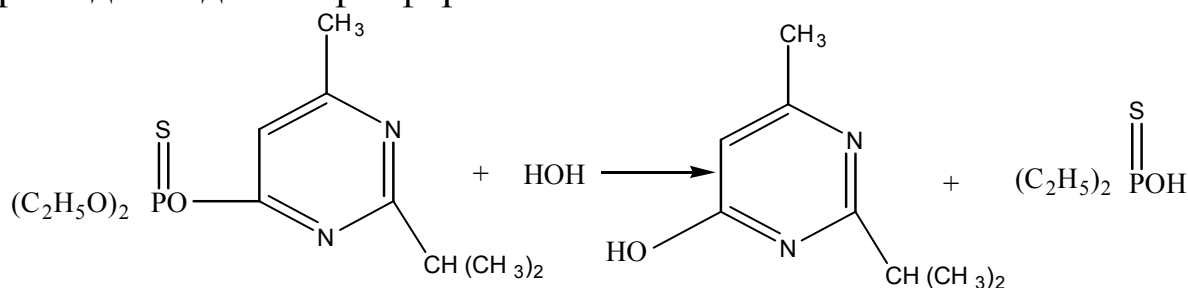
Молекулярная масса 304,35;

Структурная формула:

Физические свойства.

В чистом виде представляет собой бесцветную до темно-коричневой летучую жидкость умеренно растворимую в воде и высоко растворимую в органических растворителях (этилацетат, ацетон, метанол, толуол). Растворимость в воде при 20°C составляет 60 мг/л Давление паров при 25°C 11,97 МПа.

Химические свойства. Диазинон относительно легко гидролизуется в щелочной и кислой средах. В воде гидролизуется ($T_{0,5}$) при 20°C и pH = 5 в течение 12 суток, а при pH = 9-77 суток. В щелочных условиях образуются 2-изо-пропил-4-метил-6-оксипиримидин и диэтилфосфорная кислота.



В кислой среде, кроме этих веществ, образуется ещё небольшое количество тетраэтилдитио- и тиопирофосфатов.

Превращение в объектах окружающей среды. Общая схема метаболизма диазинона в организме животных и растений, а также в почве под влиянием микробиоты представлена на рисунке 13 [49]. Процесс идет по двум направлениям:

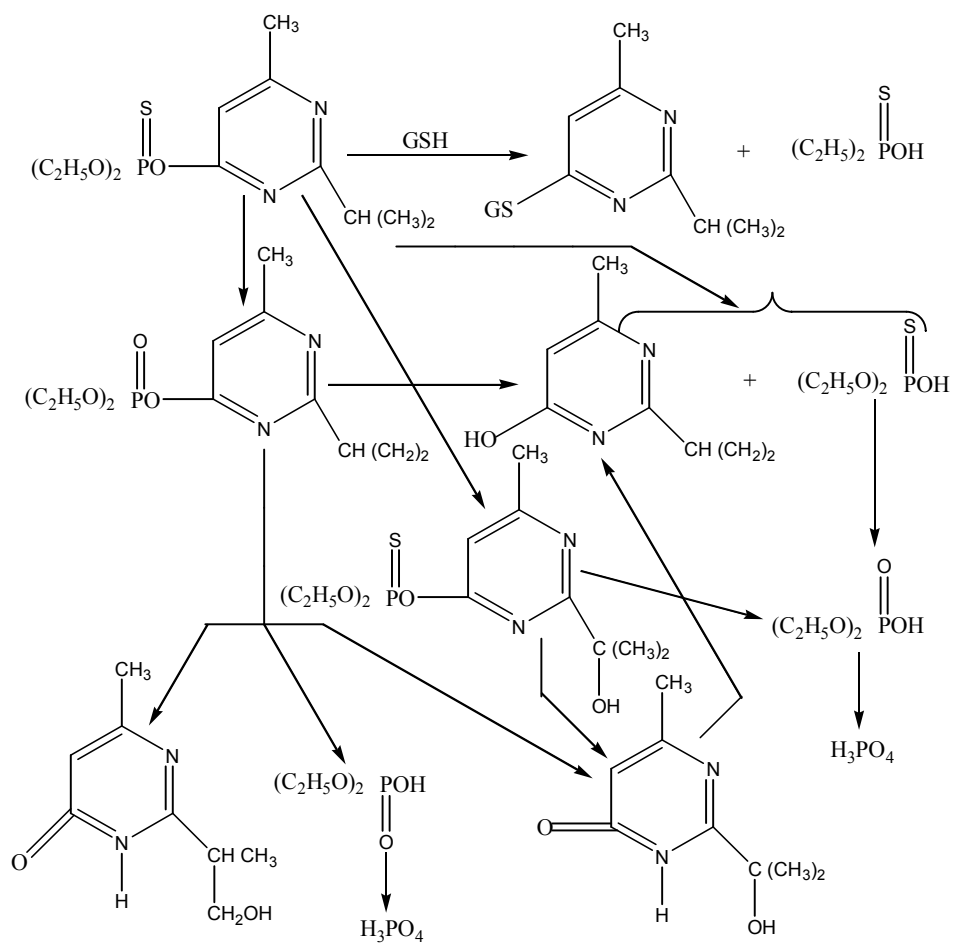


Рис. 13. Общая схема метаболизма диазинона в организме животных и растений, а также превращения в почве под влиянием микробиоты

1. Окисление тиофосфата до соответствующего фосфата (диазоксона) с последующим гидролизом Р—Х-связи и образованием нетоксичных диэтилфосфорной кислоты и 2-изопропил-4-метил-6-оксипиримидина. Процесс протекает с полной деструкцией фосфорорганической части молекулы и переводом фосфорсодержащей группы в фосфорную кислоту.

2. Окисление боковой изопропиловой группировки кольца с дальнейшим гидролизом Р—Х-связи и разрушением гетероцикла.

Деструкция гетероциклической части протекает значительно медленнее и в различных объектах может протекать по различным направлениям. Наряду с окислением тиольной серы боковых групп до соответствующих сульфоксидов и сульфонов происходит окисление боковых групп в продукте разложения диазинона, 2-изопропил-4-метил-6-оксипиримидине или в самой

молекуле диазинона с образованием, в конечном счете, 2-(2-оксиизопропил)- и 2-(1-оксиизопропил)-4-метил-6-оксипиримидинов.

Основными продуктами распада инсектицида почве являются пиримидинолы. Метаболиты инсектицида представлены на рисунке 14.

В организме животных в большинстве случаев получают растворимые в воде соединения, которые относительно быстро выводятся с мочой и калом. Так, изучение поведения диазинона, меченного C^{14} в пиримидиновом кольце, показало, что он относительно быстро выводится из организма. Наряду с выведением диазинона из организма животных с мочой и калом происходит полная деструкция молекулы с распадом пиримидинового кольца, что подтверждается выделением $^{14}CO_2$ в выдыхаемом животными воздухе.

При разложении диазинона в почве пиримидиновый цикл, по-видимому, служит источником углерода и азота для микроорганизмов.



Рис. 14. Основные продукты метаболизма диазинона в организме животных и в почве

Окислительная десульфуризация протекает под действием оксидаз у диазинона, в организме комнатных мух. Образующиеся при этом Р (О)-аналоги более токсичны. Так, СД₅₀ диазинона для крыс 300—400 мг/кг, а diazoxon почти в 16 раз токсичнее исходного соединения.

Разложение конъюгатов с веществами растений происходит значительно медленнее. Однако полагают, что на уровне современных знаний применение диазинона в сельском хозяйстве для защиты растений и животных не имеет никаких вредных последствий.

Сравнительно быстро происходит разложение диазинона и в кормовых культурах. Так через 10 суток после обработки остатков препарата в растениях клевера и люцерны не обнаружено. Остатков инсектицидов в урожае не бывает. При обработке вегетирующих растений диазинон обнаруживается в листьях только первые 7-10 суток. Период распада в почве (Т₅₀) составляет 18,4, а Т₉₀ – 61суток. Остатки диазинона в почве (0,1 мг/кг) обнаруживаются через 12-14 недель после внесения гранулированного препарата. Этот процесс обусловлен физическими и химическими факторами, а также активным участием микроорганизмов почвы.

Экотоксичность. Диазинон высоко токсичен для млекопитающих, птиц, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов и умеренно токсичен для рыб, почвенных червей.

Для медоносной пчелы диазинон при контактном и кишечном действии высоко токсичен [13-15, 51]. Даже при самой низкой норме применения диазинона 0,5 кг/га в форме препарата Базудин СП (400г/кг), его отложения на соцветиях растений делают их опасными для медоносной пчелы в течение 3,0 сут, а для самок пчелы-листореза 5,5 сут. И только для рабочих особей большого земляного шмеля масса действующего вещества *диазинона* на растениях находится в пределах безопасного для них уровня. Контакт пчел - сборщиц с обработанными инсектицидом растениями только в день его применения приводил к гибели 4,5 % их числа в семьях. Опылительная деятельность рабочих особей большого земляного шмеля на этих растениях не вызывала их интоксикации. В последующие два дня смертность пчел-сборщиц, посещавших эти растения, была не высокой и составляла 0,93 % за весь этот период.

При норме применения 1,0 л/га, обработанные растения представляли опасность интоксикации не только медоносной пчелы и пчелы-листореза, но и рабочих особей большого земляного шмеля. Рост поверхностных отложений действующего вещества инсектицида на растениях, был причиной увеличения смертности пчел-сборщиц до 7,42 % за весь период токсического действия. Обработанные инсектицидом растения были опасны для шмелей только в день применения препарата. Их гибель не превышала 10% от числа, контактировавших с растениями. Детоксикация растений для медоносной пчелы продолжалась 4,0 сут, пчелы-листореза – 6,0 сут [29].

При нормах применения 2-3 л/га детоксикация генеративных органов растений, достаточная для медоносной пчелы, происходит соответственно за 5-6 сут, для пчелы-листореза – за 7,5-8 сут [29]. В опытах с медоносной пчелой [52] опрыскивание растений цветущей фацелии из расчета 2,0 л/га Базудина, КЭ (600 г/л) делало их опасными для пчел-сборщиц в течение 5 сут. За весь период токсической активности *диазинона* на растениях гибель пчел-сборщиц в семьях, контактировавших с ними, достигала 20,6 % и 22,5 % их количества в семьях. Контакт рабочих особей большого земляного шмеля с растениями в день применения препарата вызывал интоксикацию 100 % особей, а в последующие дни смертность насекомых составляла от 7,5 до 2,5 %. Гораздо медленнее происходит снижение содержания токсиканта на поверхности вегетативных органов. При константе скорости снижения содержания инсектицида $0,2 \text{ сут}^{-1}$, безопасный для листорезов уровень отложений действующего вещества на растениях при норме расхода 0,5 кг/га в форме препарата Базудин СП (400г/кг), будет достигнут за девять сут, а при норме расхода 2,0 и 3,0 л/га в форме препарата Базудина, КЭ (600 г/л) – за 11 и 12 сут соответственно [29].

Для человека и теплокровных животных препараты на основе диазинона в основном 3-го класса опасности.

Паратион-метил

Название по ИЮПАК: *O,O*-диметил *O*-4-нитрофенил тиофосфат.

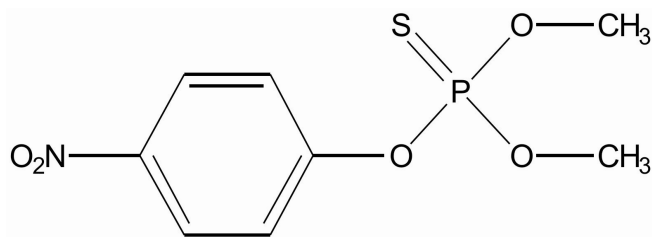
Химическая формула: $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{NO}_5\text{PS}$;

Молекулярная масса 263,21;

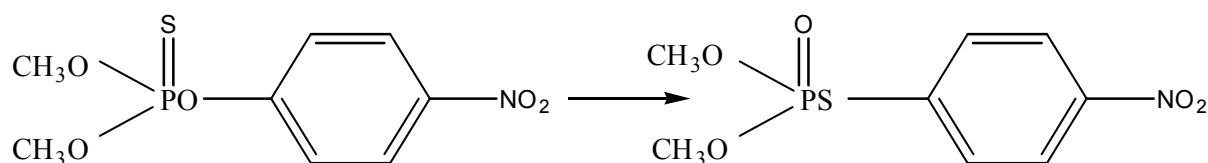
Структурная формула:

Физические свойства.

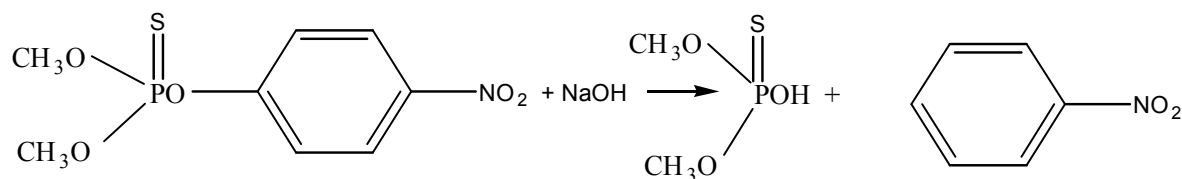
В чистом виде белое кристаллическое летучее вещество с температурой плавления 35,5°C, умеренно растворимое в воде и высоко растворимое в органических растворителях (гексан, толуол, дихлорметан). Растворимость в воде при 20°C составляет 55 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,2 МПа.



Химические свойства. Паратион-метил – вещество, термически и химически малостойкое: при нагревании до 140-160°C полностью переходит в соответствующий тиоловый изомер с последующим быстрым распадом до нетоксичных продуктов. Реакция идет по схеме:



В щелочной среде препарат быстро гидролизруется до *O,O*-диметилтиофосфорной кислоты и 4-нитрофенола. Реакция идет по схеме:



Паратион-метил – сильное алкилирующее вещество и может метилировать сульфиды, амины, тиомочевину и другие соединения. Реакции гидролиза и деметилирования лежат в основе процесса детоксикации этого инсектицида в живых организмах. При этом скорости реакции значительно возрастают под воздействием ферментов.

Превращение в объектах окружающей среды. Общая схема превращения паратион-метила в объектах среды представлена на рисунке 15 [49].

Разложение паратион-метила в объектах окружающей среды протекает по гидролитически-окислительному механизму. Ввиду

невысокой стойкости препарат быстро исчезает с обработанных поверхностей, особенно растений, из почвы и водоемов. В почве разложение его проходит с участием микроорганизмов. Период распада в почве (T_{50}) – 10 суток.

При попадании в организм млекопитающего под действием фосфатаз он быстро гидролизуется до диметилтиофосфорной кислоты и 4-нитрофенола. Одновременно происходят восстановление нитрогруппы бензольного кольца до аминогруппы и деметилирование алкоксигрупп, в результате чего вещество теряет антихолинэстеразную активность. Поэтому при ежедневном введении в организм человека небольших доз паратион-метила не отмечается накопление его в тканях, но проявляется функциональная кумуляция.

При попадании на растение паратион-метил может проникать в листья и проявлять глубинное действие. Под действием фосфатаз соединение быстро гидролизуется и за 2-3 суток разрушается 80-90 % препарата. Исключение составляют лишь цитрусовые деревья, в листьях которых паратион-метил сохраняется более 7 суток. Помимо гидролиза с образованием менее токсичных продуктов в тканях растений, происходит окисление инсектицида до метилпараоксона, токсичность которого выше, чем исходного вещества. Однако стойкость метилпараоксона к гидролизу невелика, поэтому его остатки в растениях не обнаруживаются.

Экотоксичность. Паратион-метил высоко токсичен для млекопитающих и водных беспозвоночных; умеренно токсичен для рыб, пчел и почвенных червей.

Паратион-метил в форме препарата Метафос, КЭ (400 г/л) высоко токсичный для опылителей представляет высокую опасность интоксикации пчелиных [20].

Уровень поверхностных отложений инсектицида на растениях при норме расхода 0,25 л/га опасен для медоносной пчелы в течение 2,5 сут, для пчелы-листореза – 4,5 сут, а рабочих особей большого земляного шмеля – 0,5 сут. Гибель пчел-сборщиц в семьях, расположенных на обработанных инсектицидом растениях составляла в день применения препарата 8,5 %, на второй день – 2,0, а на третий – 0,5 % особей. Контакт рабочих особей большого земляного шмеля с этими растениями приводил к интоксикации 5 % особей.

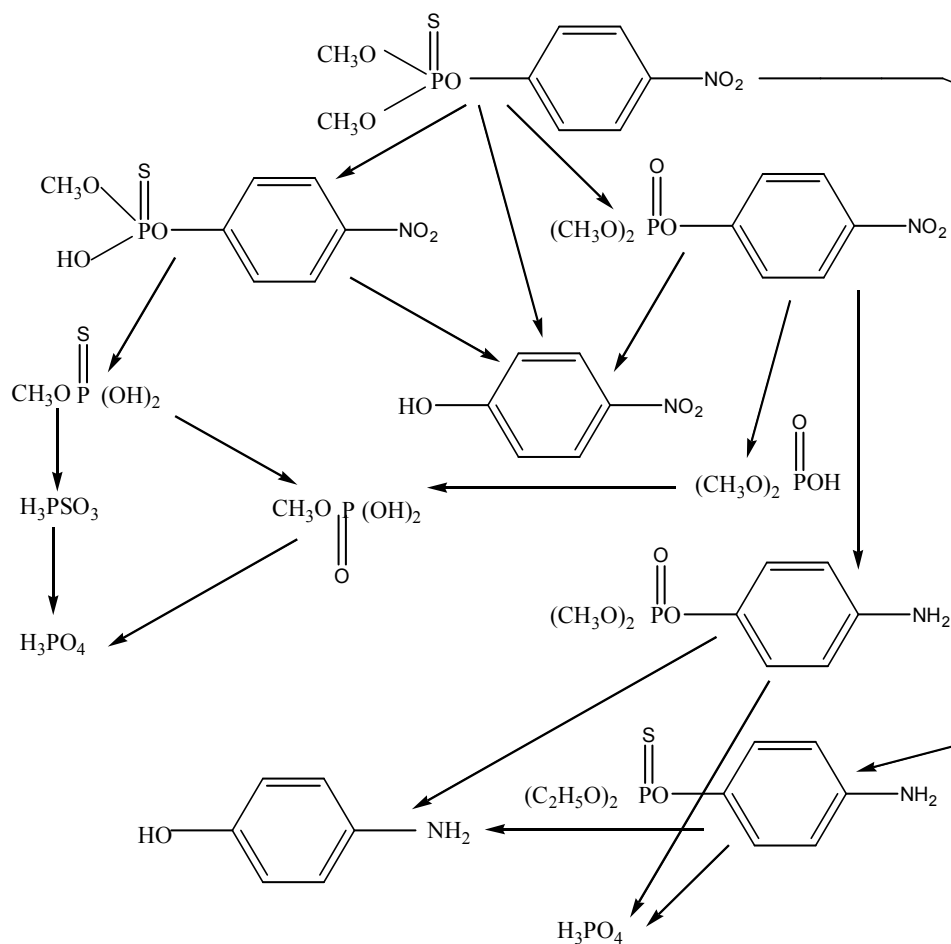


Рис. 15. Общая схема превращения паратион-метила в объектах окружающей среды

При расходовании инсектицида в количестве 0,5 л/га опасный период для медоносной пчелы длится 3,5 сут, для листореза – 5,5 сут, а рабочих особей большого земляного шмеля – чуть больше суток. За весь период токсической активности *паратион-метила* на растениях гибель пчел-сборщиц в семьях, контактировавших с ними, достигала 21 % и 10 % рабочих особей большого земляного шмеля [29].

Для человека и теплокровных животных препарат на основе паратион-метила 3-го класса опасности. В рекомендуемых концентрациях паратион-метил не фитотоксичен для защищаемых растений.

Фенитропцион

Название по ИЮПАК: *O,O*-диметил -*O*-4-нитро-*m*-толил тиофосфат.

Химическая формула: $C_9H_{12}NO_5PS$;

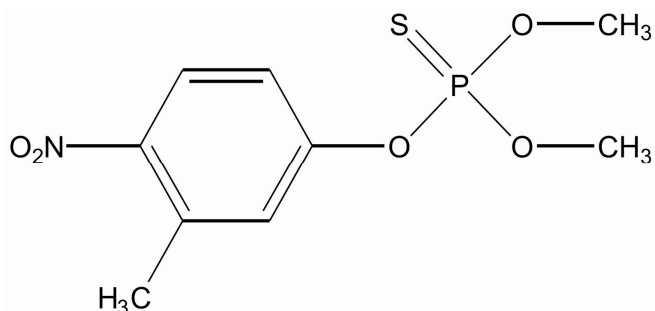
Молекулярная масса 277,2;

Структурная формула:

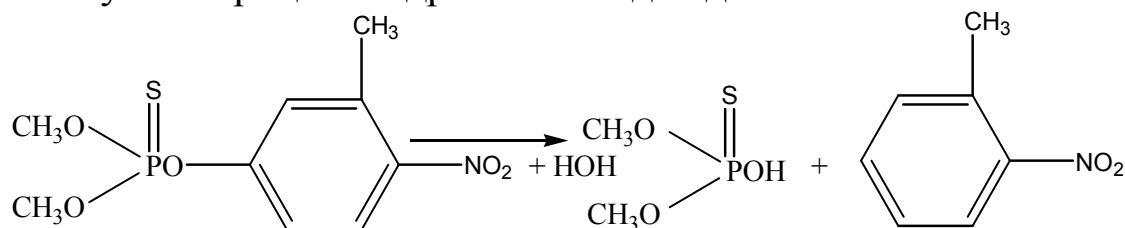
Физические свойства.

В чистом виде желто-коричневая летучая жидкость низко растворима в воде (при 20°C растворяется 19 мг/л) и высоко рас-

створима в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,676 МПа.



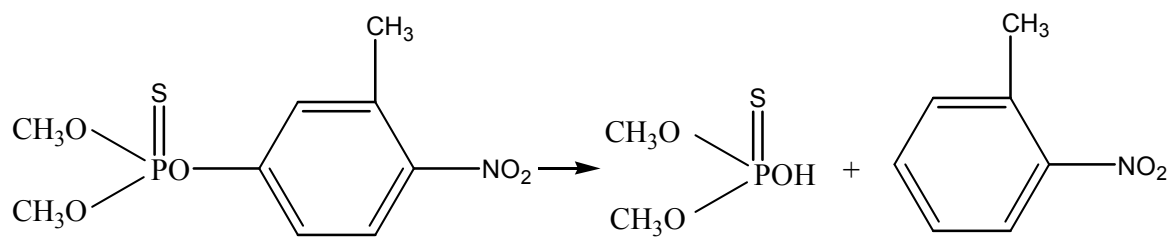
Химические свойства. По химическим свойствам фенитротиион не отличается от паратион-метила, но скорость его гидролиза водой и щелочами значительно меньше. В воде при pH = 7 период гидролиза (T₅₀) составляет 185 суток, при pH = 5 – 195, а при pH = 9 – 100 суток. Процесс гидролиза в воде идет по схеме:



Продуктами гидролиза фенитротииона являются – О,О-диметилтиофосфорная кислота и 3-метил-4-нитрофенил.

Превращение в объектах окружающей среды. Стойкость препарата на обработанных объектах зависит от условий обработки и свойств объекта. На пористых поверхностях стен складов фенитротиион сохраняется в течение 3-6 месяцев. Период распада в почве в лабораторных условиях при 20°C (T₅₀) составляет 2,7 суток, а T₉₀ – 4,48 суток. В процессе разрушения этого инсектицида в почве решающую роль играют аэробные бактерии, в частности *Bacillus subtilis*, которые в течение 24 ч при температуре 37 °C разрушают 50 % фенитротииона до его аминоканалога.

Основные метаболиты фенитротииона представлены на рисунке 16. Разрушение его в растениях протекает довольно быстро по трем основным направлениям: гидролиз до диметилтиофосфорной кислоты и 3-метил-4-нитрофенола с последующим конъюгированием последнего с глюкуроновой и серной кислотами или глюкозой. Реакция идет по схеме:



O-деметилирование, окисление до оксианалога (сумиоксона) с последующим *O*-деметилированием или гидролизом до Р — Х-связи.

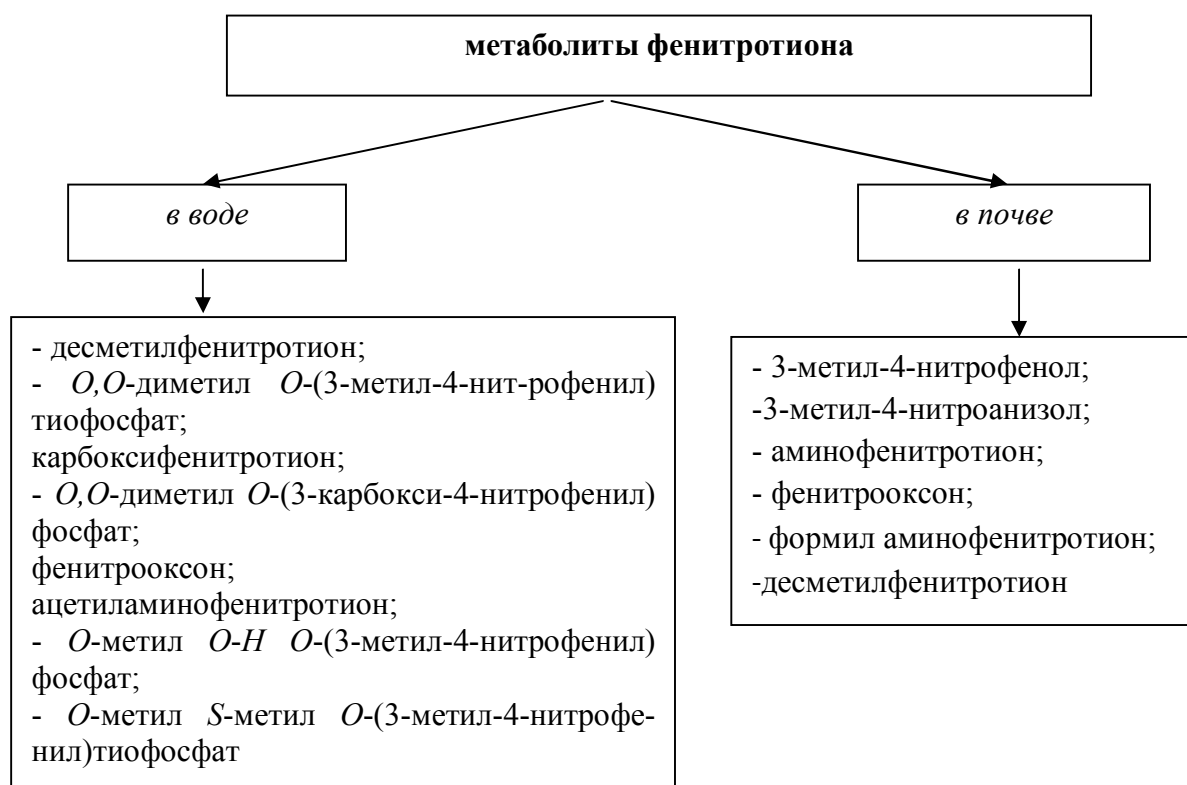
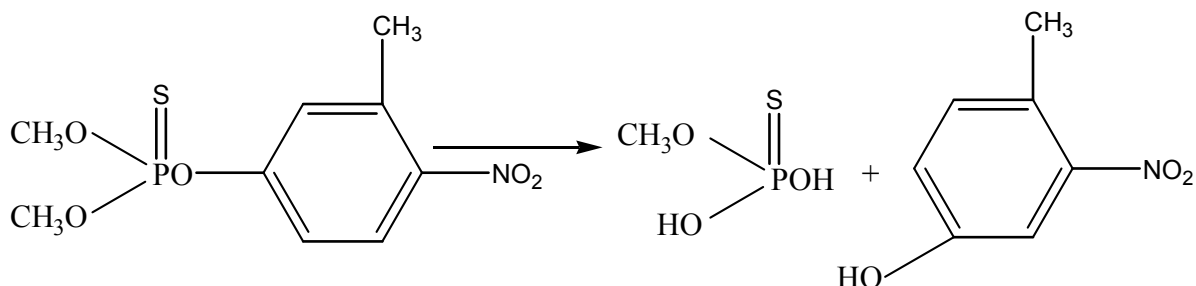


Рис. 16. Основные продукты метаболизма фенитротиона в воде и в почве



Фенитротиион в присутствии НАДФ и глюкозо-6-фосфата превращается в нетоксичную кислоту $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{P}(\text{S})\text{OC}_6\text{H}_3\text{COOH}-3-\text{NO}_2-4$.

Продукты метаболизма вовлекаются в общие физиологические процессы растений или разрушаются до простых соединений типа CO_2 и NH_3 . Остатки фенитротиона и его основные метаболиты обнаруживаются через 10-20 суток после обработки.

При попадании в организм препарат значительно быстрее гидролизуется в печени по P—O -связи, чем паратион-метил. Одновременно проходят реакции O -деметиличивования и окисления до сумиоксона, который быстро гидролизуется. Продукты этих реакций малотоксичны для животных и выделяются с мочой в течение 1-2 суток после инъекции. Этим объясняется меньшая токсичность фенитротиона для млекопитающих, чем паратион-метила.

Экотоксичность. Фенитротион высоко токсичен для птиц, донных микроорганизмов и водных беспозвоночных и умеренно токсичен для млекопитающих, рыб и почвенных червей.

Фенитротион, обладая умеренной токсичностью для насекомых-опылителей, сравнительно быстро убывает с поверхности растений до безопасных пределов по отношению полезных насекомых-опылителей. В рекомендуемых для защиты растений нормах применения *фенитротион* в форме препарата Метатион, КЭ (500 г/л) не представляет опасности интоксикации рабочих особей большого земляного шмеля, поскольку масса поверхностных отложений токсиканта не достигает пределов чувствительности данного вида насекомых. В отношении же медоносной пчелы и пчелы-листореза инсектицид в этих нормах применения может оказывать негативное влияние. При норме его расхода 0,6 л/га период, опасный для посещения растений медоносной пчелой, продолжается только 1,5 сут, а пчелой-листорезом – 4 сут. В полевых опытах под изоляторами при использовании инсектицида в этой норме применения он существенно не нарушал жизнедеятельность семей медоносной пчелы. Гибель пчел-сборщиц, контактировавших с обработанными инсектицидом растениями, в день применения препарата не превышала 0,04 %, а на второй день – 0,02 %. Применение инсектицида в норме расхода 1,0 л/га увеличивает время детоксикации растений для медоносной пчелы до 2,0, а пчелы-листореза – до 4,5 сут. В этой норме применения инсектицид *фенитротион* был более опасен для медоносной пчелы. Контакт пчел-сборщиц с обработанными инсектицидом растениями приводил к гибели 0,6 % их числа в семьях, а на второй день – 0,08

%. Увеличение нормы применения инсектицида до 2,0 л/га создавало на растениях уровень поверхностных отложений, который представлял опасность интоксикации медоносной пчелы в течение 3,0 сут, а пчелы-листореза – 5,5 сут. Гибель пчел-сборщиц в семьях, контактировавших с обработанными инсектицидом растениями, за весь период токсической активности *фенитротиона* составила 1,7 % [29, 31].

Для человека и теплокровных животных препарат на основе фенитротиона 3-го класса опасности.

В рекомендуемых дозах и концентрациях фенитротион не оказывает отрицательного действия на культурные растения. Ожоги появляются у некоторых сортов плодовых и капустных овощных культур при концентрации рабочего состава более 0,2% и при обработке в начальный период развития.

Пиримифос-метил

Название по ИЮПАК: *O*-2-диэтиламино-6 метилпиримидил-4-ил *O,O*- диметил тиофосфат

Химическая формула:

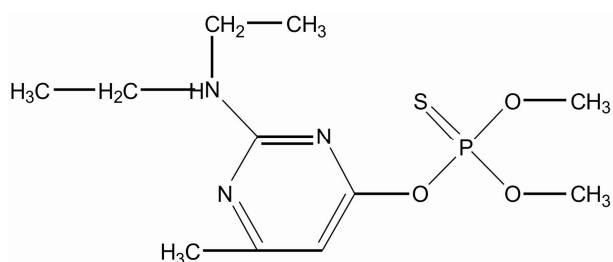
$C_{11}H_{20}N_3O_3PS$;

Молекулярная масса 305,33;

Структурная формула:

Физические свойства. В чистом виде жидкость соломенно-

желтого цвета с небольшой летучестью. Давление паров при 25°C составляет $2,00 \cdot 10^{-03}$ МПа. Вещество низко растворимо в воде (при 20°C растворяется 11 мг/л), но высоко растворимо в органических растворителях (ксилол, метанол, ацетон этилацетат).



Химические свойства. Пиримифос-метил химически стойкое вещество, но в щелочной и сильноокислой средах разрушается до нетоксичных продуктов. Пестицид устойчив в водной среде. Период гидролиза в воде (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 117 суток.

На обработанных поверхностях жилых или складских помещений сохраняется 11-15 недель. Основные потери вещества с обработанной поверхности происходят вследствие испарения.

В воде сохраняет токсичность 6-11 недель, исчезая из этой среды в результате испарения и фотолиза.

В почве инсектицид малоподвижен. Период распада (T_{50}) в почве в лабораторных условиях составляет 3-21, а в полевых условиях порядка 18-67 суток.

Превращение в объектах окружающей среды.

Продуктами метаболизма инсектицида в организме животных являются:

- *O*-2-этиламино-6-метилпиримидин-4-ил *O*-метил тиофосфат;

- 2-амино-4-гидрокси-6- метилпиримидин.

Метаболитами инсектицида в организме животных и растений являются:

- 2-этиламино-6-метил-пиримидин-4-ол;

- *O*-2 -этиламино- 6-метилпиримидин- 4-ил *O,O*- диметил-тиофосфат;

- 2-диэтиламино-4-гидрокси-6-метилпиримидин.

Экотоксичность. Пиримифос-метил высоко токсичен для млекопитающих, донных микроорганизмов и водных беспозвоночных; умеренно токсичен для птиц и рыб.

При опрыскивании растений *пиримифос-метилом* в форме препарата Актеллик КЭ (500 г/л) в норме расхода 0,5 л/га содержание действующего вещества на их поверхности представляло опасность интоксикации медоносной пчелы в течение 2,5 сут, пчелы-листореза – 3,5, а рабочих особей большого земляного шмеля – только в день применения инсектицида.

Опытами в полевых условиях под изоляторами установлено, что за двое суток контакта пчел-сборщиц с обработанными инсектицидом растениями гибель их в семьях составила всего 0,35%, а из числа, контактировавших с токсикантом рабочих особей большого земляного шмеля симптомы интоксикации зарегистрированы у 2,5% особей. При норме применения 1,0 л/га увеличивается как уровень поверхностных отложений инсектицида на растениях, так и период интоксикации насекомых. Для медоносной пчелы он составляет 3,0 сут, пчелы-листореза – 4,0, а рабочих особей большого земляного шмеля – 1,5 сут. Несмотря на это в результате контакта пчел-сборщиц с инсектицидом на растениях гибель их не превышала 0,45 % за весь период токсической активности препарата. Причем на третий день смертность насекомых выявляли методом отбора с растений особей с обнож-

кой и наблюдением за ними в условиях лаборатории. Гибель шмелей была на уровне 4%. Опрыскивание растений инсектицидом при норме применения 1,5 л/га увеличивало период опасный для медоносной пчелы до 3,5 сут, пчелы-листореза – до 4,5, а рабочих особей большого земляного шмеля – до 2,0 сут. Смертность пчел-сборщиц в количестве 0,55 % особей в семьях установлена опытами в открытых полевых условиях на массивах цветущей фацелии [29].

В рекомендуемых нормах применения (расхода) не оказывает отрицательного действия на защищаемые растения, не изменяет органолептических свойств продукции. После обработки растений быстро (в течение 2-3 суток) исчезает с их поверхности в результате испарения.

Для человека и теплокровных животных препараты на основе пиримифосметила 2-го и 3-го классов опасности.

Хлорпирифос

Название по ИЮПАК: *O,O*-диэтил *O*-3,5,6-трихлор-2-пиридил тиофосфат

Химическая формула: $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$;

Молекулярная масса 350,9;

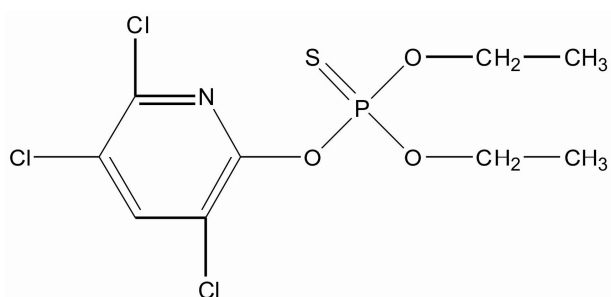
Структурная формула:

Физические свойства. В чистом виде белое или коричневатое кристаллическое

вещество с температурой плавления 41,5°C низко растворимое в воде (при 20°C растворяется 1,05 мг/л), но высоко растворимое в органических растворителях (гексан, метанол, толуол, этилацетат).

Химические свойства. Хлорпирифос не устойчив в нейтральной, кислой и щелочной средах. Так, период гидролиза (T_{50}) в воде при 20°C и pH = 7 составляет 25,5 суток, при pH = 5 – 68, а при pH = 8 – 23 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 21, а T_{90} 105 суток.



Основным продуктом разложения пестицида в почве является – 3,5,6-трихлор-2-пиридиол, а продуктом гидролиза в воде – *O*-этил-*O*-(3,5,6-трихлор-2-пиридил тиофосфорная кислота (тиофосфат).

Экотоксичность. Хлорпирифос высоко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, донных микроорганизмов и водных беспозвоночных. Умеренно токсичен для почвенных червей.

Применение *хлорпирифоса* в форме препарата Дурсбан, КЭ (408 г/л) в норме расхода 0,8 л/га дает отложения токсиканта на соцветиях, из-за которых контакт с ними опасен для медоносной пчелы в течение 5 сут, пчелы-листореза – в течение 7,5, а рабочих особей большого земляного шмеля – 1,5 сут. Пчелы-сборщицы, посещавшие обработанные инсектицидом растения в течение всего периода его токсического действия, подверглись интоксикации в количестве 8,4 %. Гибель рабочих особей большого земляного шмеля составила 15 % от числа особей имевших контакт с *хлорпирифосом* на растениях. При норме расхода 1,5 л/га период детоксикации генеративных органов растений для этих видов насекомых составляет соответственно 6 и 8 и 2,5 сут. Фуражирование пчел-сборщиц на обработанные инсектицидом растения приводило к гибели 23 % их в семьях. В день применения инсектицида гибель рабочих особей большого земляного шмеля достигала 100 % от числа особей имевших контакт с *хлорпирифосом* на растениях, а в последующие дни она не превысила 5 %. *Хлорпирифос* сравнительно медленно убывает с поверхности листьев. При константе скорости снижения количества препарата $0,17 \text{ сут}^{-1}$, после применения *хлорпирифоса* для защиты люцерны в норме расхода 1,5 л/га контакт пчелы-листореза с вегетативными органами люцерны опасен для нее в течение 16 сут [31].

Для человека и теплокровных животных препараты на основе хлорпирифоса 2-го и 3-го класса опасности.

На растениях остатки хлорпирифоса сохраняются до 40 суток.

3.1.2. Производные дитиофосфорной кислоты

Диметоат

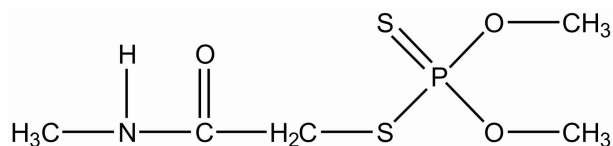
Название по ИЮПАК: *O,O*- диметоксифосфинотиоилтио- *N*- метилацетамид

Молекулярная формула:



Молекулярная масса 229,26;

Структурная формула:

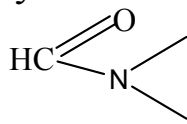


Физические свойства. В чистом виде белое или серое кристаллическое летучее вещество с температурой плавления 50,5°C высоко растворимое в воде (при 20°C растворяется 39800 мг/л) и в органических растворителях (н-гексан, метанол, толуол, ксилол). Давление паров при 25°C составляет 0,247 МПа. Диметоат термически неустоек и при нагревании разлагается с предварительной изомеризацией до Р—О-аналога. Распад значительно ускоряется под действием ультрафиолетовых лучей. Вследствие довольно высокой летучести он может попадать после опрыскивания в атмосферу.

Химические свойства. Водные растворы диметоата при хорошем освещении сравнительно нестойки. Растворенный в воде или во влажном воздухе препарат довольно быстро подвергается фотохимическому разложению с образованием продуктов гидролиза и окисления.

В водной среде препарат гидролизуется, скорость гидролиза возрастает с увеличением рН раствора. Период гидролиза в воде (T_{50}) при 20°C и рН = 7 составляет 68 суток, при рН = 5 – 156, а при рН = 9 – 4,4 суток.

Скорость гидролиза возрастает с увеличением рН раствора, при



этом происходит разрыв связей и Р—Х с образованием малотоксичных О-десметил диметоата и диметилтиофосфорной кислоты соответственно. При хранении диметоат относительно не стабилен и быстро теряет токсичность.

Превращение в объектах окружающей среды. Диметоат сравнительно мало стабилен в объектах окружающей среды. Пути превращения диметоата в объектах окружающей среды представлены на рисунке 17 [49].

В почве диметоат сравнительно быстро разлагается почвенными микроорганизмами, которые используют его как источник углерода, азота и фосфора. Период распада (T_{50}) в почве в лабора-

торных условиях составляет 2-4, а T_{90} 6,8-13,5 суток. В полевых условиях T_{90} составляет 4,6- 9,8 суток.

Основными продуктами разложения диметоата в почве являются: аметоат и О,О-диметилтиофосфорная кислота.

Метаболитами токсиканта в растениях являются:

- О - десметил диметоат;- О,О- диметилтиофосфорная кислота;
- О-десметил ометоат карбоксиловая кислота;
- О-десметилизодиметоат;
- гидрокси диметоат;
- О-десметил-N-десметил ометоат;
- О,О-диметил дитиофосфорная кислота.

В организме крыс основным метаболитом является нетоксичная диметоаткарбоновая кислота $(CH_3O)_2P(S)SCH_2COOH$ с LD50 2500-3000 мг/кг для крыс при пероральном введении. В метаболизме диметоата, в организмах растений и животных участвуют карбоксиамидазы.

Необходимо отметить, что первый продукт окисления диметоата обладает более высокой токсичностью для теплокровных животных, чем исходное соединение, но дальнейшие продукты превращения малотоксичны для животных.

Период полураспада диметоата в различных видах растений составляет от 2 до 5 суток. Полное исчезновение диметоата в различных видах растений происходит через 15-30 суток, в зависимости от вида растений и климатических условий. При более высокой температуре разложение препарата в растениях происходит быстрее.

В организме животных диметоат быстро гидролизуется с образованием практически нетоксичных продуктов гидролиза. Более 90% препарата выводится из организма животного в течение первых 48 ч.

тельность действия препарата.

Экотоксичность. Диметоат высоко токсичен для птиц, но умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных, почвенных червей.

К числу весьма опасных для насекомых-опылителей относится диметоат в форме препарата Фосфамид, КЭ (400 г/л). Опасность препарата обуславливается не только его высокой контактной токсичностью и сравнительно низкой скоростью детоксикации, но и тем, что, проникая в сосудистую систему растений, он выделяется с нектаром [36] и воздействует на насекомых через желудочно-кишечный тракт. Опрыскивание растений даже в минимально рекомендуемой для защиты растений норме расхода – 0,5 л/га создает поверхностные отложения действующего вещества многократно превышающего величину безопасного для опылителей уровня. При таком количестве токсиканта на генеративных органах растений они опасны для медоносной пчелы в течение 4,5 сут, пчелы-листореза – 8 сут, а рабочих особей большого земляного шмеля – 3,5 сут. Особенно опасны растения в день применения инсектицида. Смертность пчел-сборщиц, посещавших такие растения, достигала 14 % их количества в семьях и 100 % контактировавших с растениями шмелей. С уменьшением количества токсиканта на растениях снижается и опасность интоксикации насекомых, а при приближении уровня поверхностных отложений к безопасной величине, она переставала существовать. Так гибель пчел-сборщиц в семьях, работавших на растениях на второй день после опрыскивания инсектицидом, составляла 5,2 %, на третий день – 0,6, на четвертый – 0,2, а на пятый – 0,07 %. Аналогичная тенденция установлена и в отношении рабочих особей большого земляного шмеля. Гибель насекомых этого вида на второй день после обработки растений инсектицидом была зарегистрирована на уровне 25 %, на третий день – 7,5, на четвертый – 2,5 % от числа контактировавших с растениями. Двукратное увеличение нормы применения диметоата сопровождается ростом уровня поверхностных отложений токсиканта на растениях. Это существенно меняет экологическую ситуацию в агроценозе для насекомых-опылителей, как увеличением продолжительности опасного периода, так степенью негативного влияния.

Для медоносной пчелы, обработанные диметоатом растения представляют опасность интоксикации в течение 6,5 сут. В результате проявления репеллентного эффекта в день применения инсектицида гибель пчел-сборщиц, контактировавших с обработанными растениями, не превышала 10 % их количества в семьях. В последующие дни негативное влияние инсектицида на насекомых было заметно ниже, а к концу 7 суток, когда масса токсиканта на поверхности растений достигала безопасного уровня процесс интоксикации насекомых *диметоатом* снижался до показателя физиологической смертности. За период токсического действия *диметоата* на растениях общая гибель пчел-сборщиц составляла 24 % от числа их в семьях.

Повышение опасности обработанных *диметоатом* растений отмечалось и в отношении других видов пчелиных.

При опрыскивании культур инсектицидом с нормой расхода 1,0 л/га снижение количества *диметоата* на поверхности соцветий до безопасного для люцерновой пчелы листореза уровня произойдет 9 сут, а для шмелей – 4,5 сут. Активная деятельность шмелей на растениях спустя двое суток после опрыскивания их инсектицидом приводило к гибели 10 % особей от числа имевших контакт с токсикантом. И только на четвертый день после применения инсектицида гибель шмелей не превышала уровня контроля.

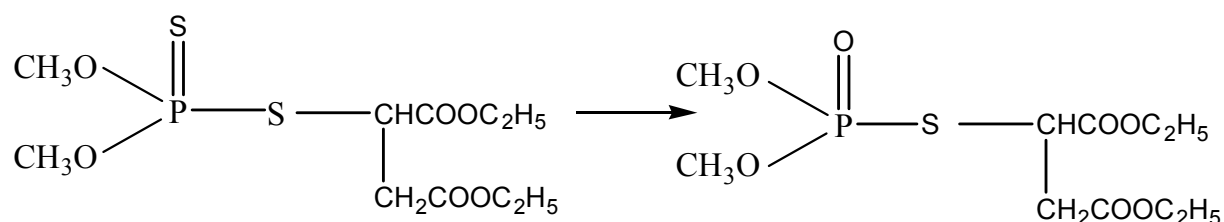
При применении *диметоата* в максимально рекомендуемой для защиты растений норме расхода 1,5 л/га происходило еще больший рост массы поверхностных отложений инсектицида, а следовательно и длительности опасного периода для медоносной пчелы до 7,5 суток, люцерновой пчелы листореза – 10 сут, рабочих особей большого земляного шмеля – 5,5 суток.

Контакт пчел-сборщиц с обработанными *диметоатом* растениями приводил к интоксикации 27 % их количества в семьях за весь период токсического действия инсектицида. Гибель шмелей даже на четвертые сут после применения препарата достигала 7,5 % особей от числа контактировавших с токсикантом на растениях.

Почти в три раза медленнее, по сравнению с генеративными органами, происходит процесс детоксикации вегетативных органов растений.

При константе скорости снижения содержания инсектицида с поверхности листьев $0,1 \text{ сут}^{-1}$ процесс убыли отложений *диме-*

Под влиянием окислителей малатион превращается в соответствующий Р—О-аналог (малаоксон) с большей физиологической активностью. Реакция идет по схеме:



Такой же процесс происходит в организме насекомого и в меньшей степени свойствен растениям и млекопитающим. При продолжительном контакте с железом препарат разлагается и полностью теряет инсектицидные свойства.

Превращение в объектах окружающей среды. Схема превращения малатиона в объектах окружающей среды представлены на рисунке 18 [49].

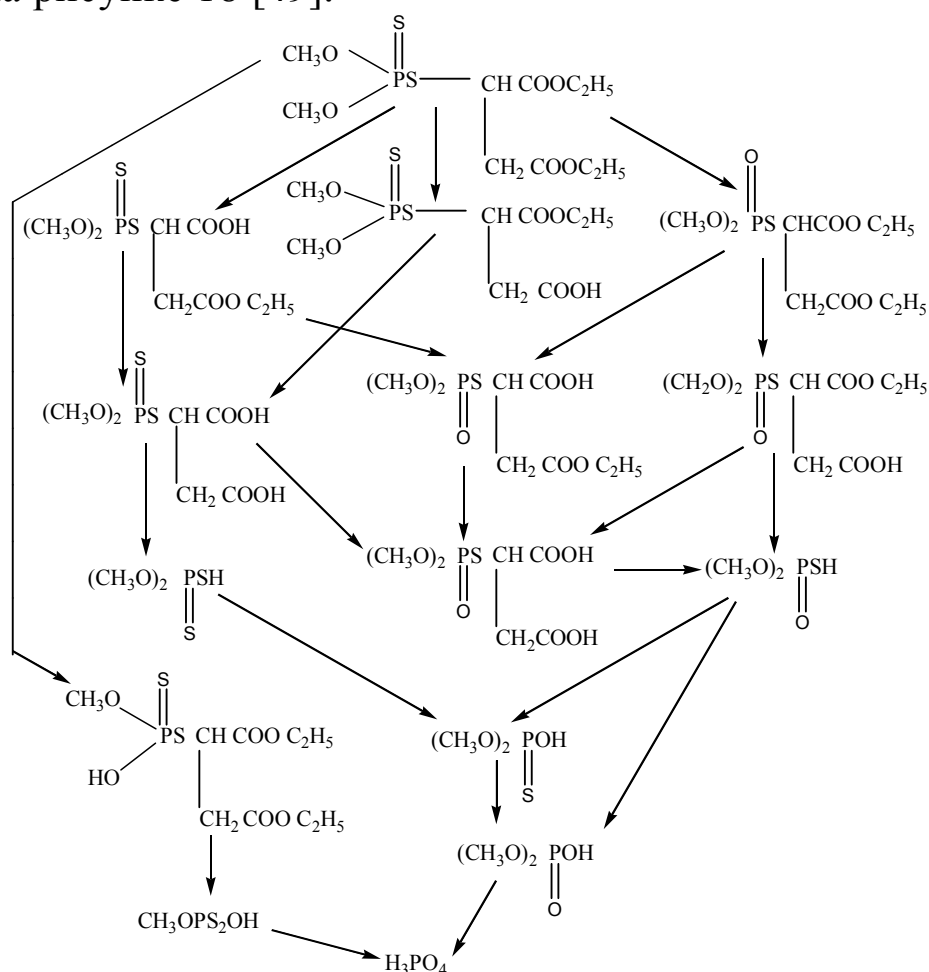


Рис. 18. Общая схема превращения малатиона в объектах окружающей среды

Инсектицид неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет 1 сутки.

Основными продуктами разложения малатиона в почве являются:

- малатион монокарбоксилловая кислота;
- малатион карбоксилловая кислота.

Метаболитами в организме растений и животных являются:

- диэтил (2RS)- 2- [(диметокси-фосфорил) сульфанил] бутанедиоат (малаоксон – сравнительно более токсичный чем малатион);
- десметил малатион.

Основными продуктами разложения малатиона в почве являются:

- малатион монокарбоксилловая кислота;
- малатион карбоксилловая кислота.

Метаболитами в организме растений и животных являются:

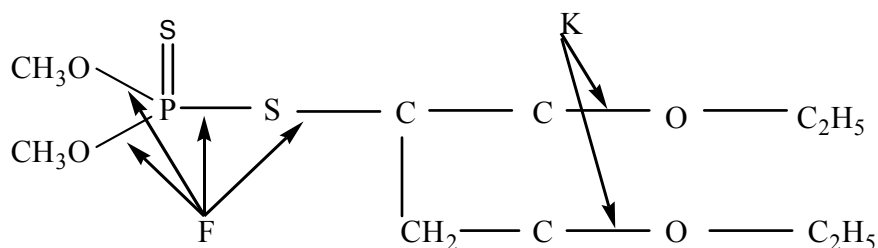
- диэтил (2RS) – 2 - [(диметокси - фосфорил)сульфанил] бутанедиоат (малаоксон – сравнительно более токсичный чем малатион);
- десметил малатион.

С поверхности обработанных растений малатион быстро исчезает вследствие химического и ферментного разложения и испарения. В тканях растения препарат интенсивно гидролизруется

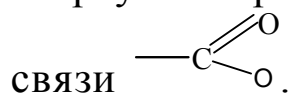
фосфатазами и карбоксиэстеразами по связям $P - X$ и $C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OR \end{matrix}$ с образованием малотоксичных диметилтиофосфорной, малатион-моно-, дикарбоновых и других кислот.

Остатки малатиона на растениях в полевых условиях исчезают через 10-15 суток, а в защищенном грунте – через 7-8 суток после обработки.

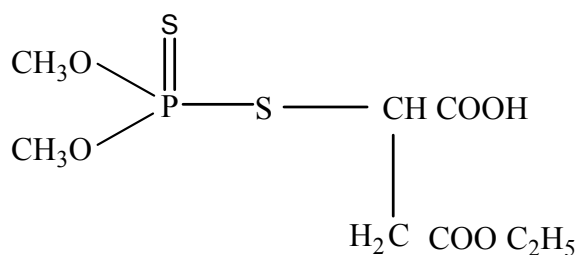
Сравнительно невысокая токсичность малатиона для млекопитающих объясняется особенностями метаболизма препарата. На схеме точки разрушения малатиона в организме млекопитающего обозначены: F – фосфатазы; K – карбоксиэстеразы.



В организме теплокровного животного вследствие высокой активности карбоксиэстераз разрушение молекул малатиона идет в первую очередь в направлении гидролиза карбоксиэфирной



В результате образуются водорастворимые малатионмоно- и дикарбоновые кислоты, в том числе нетоксичная α -моноокислота малатиона легко удаляемые из организма.



Параллельно с этим под действием фосфатаз происходит гидролитическое разрушение другой части молекулы с образованием также водорастворимых малотоксичных продуктов. Следует отметить, что водорастворимые и ионизированные вещества практически не проникают в нервную систему животного, но легко выделяются из организма с мочой. Образование малаоксона в организме млекопитающего происходит в очень ограниченном количестве.

Экотоксичность. Малатион высоко токсичен для рыб, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных и умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, почвенных червей.

Применение *малатиона* в минимальной норме расхода 0,2 л/га сопровождается отложением препарата на растениях, двукратно превышающим безопасный уровень для медоносной пчелы и 10-кратно для пчелы-листореза, но не достигает уровня чувствительности рабочих особей большого земляного шмеля. Тем не менее, в результате высокой скорости убыли токсиканта, уже через 24 ч его содержание на поверхности растений ниже

безопасного уровня для медоносной пчелы, а для пчелы-листореза неопасный уровень инсектицида регистрируется спустя 2,5 сут. Фуражировочная деятельность пчел-сборщиц на растения в день опрыскивания их *малатионом* приводила к гибели незначительного числа насекомых. В конце первого дня смертность пчел-сборщиц в семьях составляла 0,08 %. В увеличенной норме расхода до 0,5 л/га детоксикация растений до неопасных пределов для медоносной пчелы длится 2 сут, а для пчелы-листореза 3 сут. Степень опасности интоксикации медоносной пчелы *малатионом* при такой норме применения достаточно низкая. За весь период токсического действия Малатиона гибель пчел-сборщиц, активно контактировавшими с обработанными растениями, составляла 0,26 % их количества в семьях. В нормах применения 1,0 и 2,0 л/га и при константе скорости снижения содержания препарата с поверхности растений $0,46 \text{ сут}^{-1}$, безопасный уровень токсиканта для медоносной пчелы прогнозируется, соответственно, через 2,5 и 3 суток. Возрастал и уровень смертности пчел-сборщиц, контактировавших с обработанными инсектицидом растениями. Суммарная гибель насекомых в семьях, размещенных на обработанных *малатионом* растениях, составляет при норме применения 1,0 л/га – 0,63 %, а при норме расхода 2,0 л/га – 0,95 %. Детоксикация растений по отношению пчелы-листореза при константе скорости снижения содержания препарата $0,46 \text{ сут}^{-1}$ прогнозируется соответственно в течение 4,0 и 4,5 сут. В максимальной норме применения *малатиона* обработанные препаратом растения представляли опасность интоксикации и для контактировавших с ними шмелей. Гибель насекомых в день применения токсиканта низкая и не превышает 2,5 % [31].

Для человека малатион и препараты на его основе 3-го класса опасности.

В рекомендуемых нормах и при правильном применении малатион не оказывает отрицательного влияния на защищаемые растения. Небольшие ожоги наблюдались на некоторых сортах персика, абрикоса, черешни и на оранжевых культурах.

Фозалон

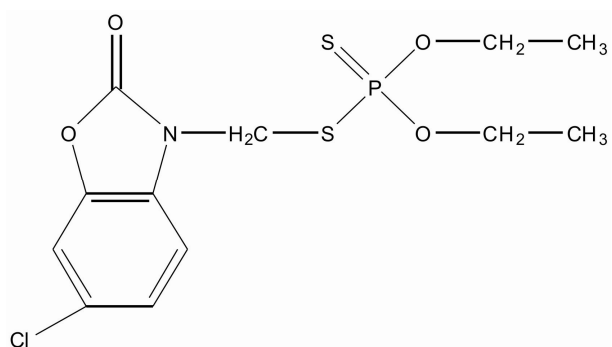
Название по ИЮПАК: *S*-6-хлор-2,3-дигидро-2-оксо-1,3-бензоксазол-3-илметил *O,O*-диэтил дитиофосфат

Молекулярная формула:

$C_{12}H_{15}ClNO_4PS_2$;

Молекулярная масса 367,8;

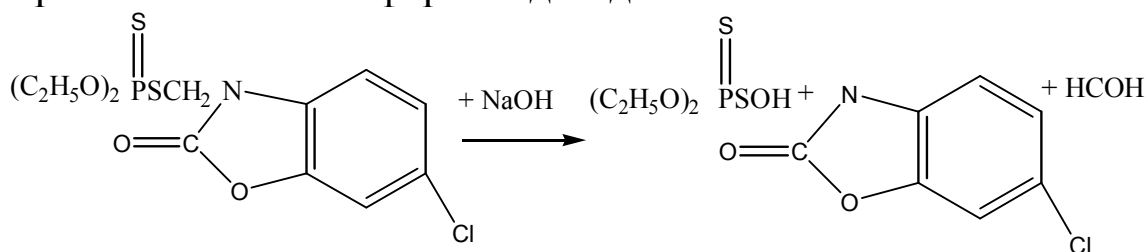
Структурная формула:



Физические свойства. В чистом виде белое кристаллическое летучее вещество с чесночным запахом с температу-

рой плавления $46,9^{\circ}C$ низко растворимое в воде (при $20^{\circ}C$ растворяется 1,4 мг/л), но высоко растворимое в органических растворителях (н-гексан, метанол, толуол, этилацетат). Давление паров при $25^{\circ}C$ $1,56 \cdot 10^{-02}$ МПа.

Химические свойства. Фозалон относительно устойчив в кислой и нейтральной средах. Период гидролиза в воде (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 321 сутки, при $pH = 4 - 365$, а при $pH = 9 - 17,8$ суток. В щелочной среде быстро протекает его гидролиз по связи $P-X$ с образованием диэтилтиофосфорной кислоты, 6-хлорбензоксазолон и формальдегида по схеме:



При действии окислителей фозалон превращается в более токсичный $P-O$ -аналог, который относительно неустойчив и быстро разрушается.

Превращение в объектах окружающей среды. Инсектицид неустойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в лабораторных условиях составляет в пределах 0,8-4,9 суток, а $T_{90} - 7,2$ суток.

Разложение фозалона (рис.19) [49] протекает практически с полной деструкцией молекулы, с переходом связанного фосфора в фосфорную кислоту, которая легко усваивается растениями. Разложение гетероциклической части молекулы протекает мед-

ленное и в различных объектах окружающей среды может протекать по разным направлениям.

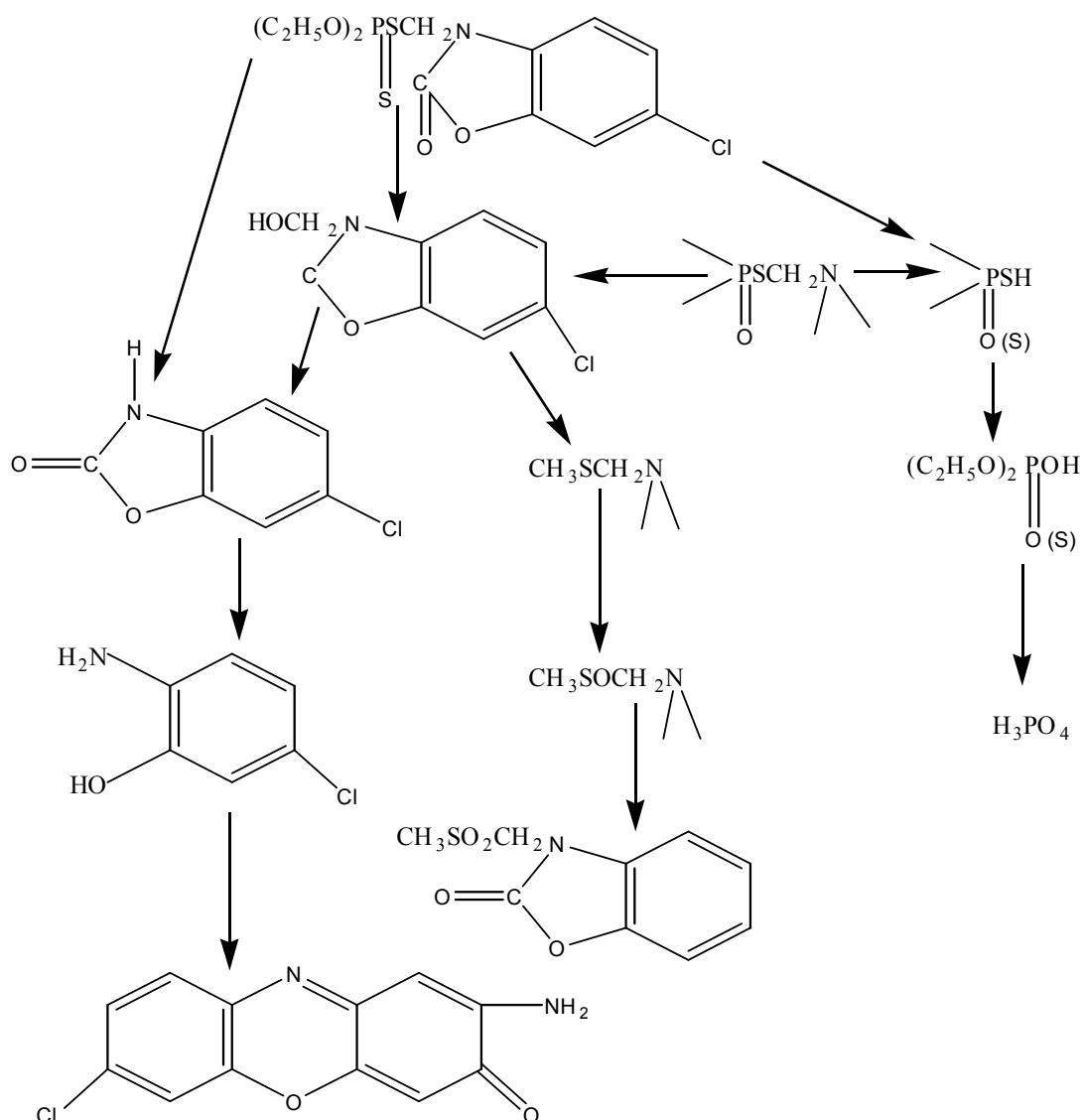


Рис. 19. Общая схема превращения фозалона в объектах окружающей среды

В организме животных получают растворимые в воде соединения, которые достаточно быстро выводятся с мочой и калом и не выделяются с молоком матери.

При разложении фозалона в почве бензоксазолиноновый цикл служит источником углерода для микроорганизмов. Следует отметить, что бензоксазолинон и некоторые его производные обладают весьма низкой токсичностью для теплокровных животных. Более того, некоторые производные бензоксазолинона со-

держатся в зернах пшеницы и являются природным фактором устойчивости ряда сортов пшеницы к грибным заболеваниям. В связи с этим можно полагать, что даже при отсутствии разрушения бензоксазолинон не может представлять опасности для объектов окружающей среды и для человека.

В почве, на листьях и внутри растений фозалон вначале окисляется до Р–О-аналога с последующим гидролизом до соответствующих фосфорных кислот и 6-хлорбензоксазолон. Доказано также, что в растении может проходить разрушение молекулы фозалона по N-метилен-связи с образованием N-гликозида-6-хлорбензоксазолон. В почве остатки фозалона обнаруживались через 18-21 сутки при внесении препарата в норме 6 кг/га. В растениях он может сохраняться до 30 суток.

Продуктами разложения пестицида в воде являются:

- феноксазон (возможно загрязнение продуктом грунтовых вод);
- 6-хлор-2(3H)-бензоксазолон (гидролиз при pH = 9);
- 2-амино-5-хлорфенол (в анаэробных условиях);
- S-6-хлор-2,3-дигидро-2-оксо-бензоксазол-3-илметил (гидролиз при pH = 9).

Метаболитами пестицида в организме животных являются:

- дезэтил фозалон;
- 2-гидрокси-п-хлоранилины;
- 6-хлор-2,3-дигидро-3-метилсульфинилметил-1,3-бензоксазол-2-1;
- 6-хлор-2,3-дигидро-3-метилтиометил-1,3-бензоксазол-2-1.

Метаболитами пестицида в организме растений являются:

- десхлорфозалон;
- 6-хлорбензоксазолон;
- оксофозалон.

Экотоксичность. Фозалон высоко токсичен для водных беспозвоночных. Умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, донных микроорганизмов, почвенных червей.

Из фосфорорганических инсектицидов особенно низкой активностью для насекомых-опылителей обладает фозалон в форме препарата Фозалон, КЭ (350 г/л). Ни одна из рекомендуемых норм расхода для защиты полевых культур, включая и 2,0 л/га, не дает поверхностные отложения, которые представляли бы опасность интоксикации медоносной пчелы. И только при норме расхода 3,0 л/га обработанные инсектицидом растения представляют

некоторую опасность для 0,1 % пчел-сборщиц в день применения токсиканта. *Фозалон* практически безопасен для рабочих особей большого земляного шмеля. Рядом исследований [12-16, 51, 53], показана практическая безопасность *фозалона* для медоносной пчелы, контактирующей с растениями сразу после их опрыскивания препаратом. Вместе с тем, обработанные *фозалоном* растения опасны для люцерновой пчелы-листореза. При использовании инсектицида в дозе 0,5 л/га, детоксикация растений происходит в течение одних сут. Защита растений при норме расхода инсектицида 1,0 л/га создает остаточные количества препарата, убыль которых с поверхности генеративных органов до безопасного уровня длится 1,5 сут, а с листовой поверхности – 2,5 сут. При норме расхода 2,0 л/га процесс детоксикации продолжается соответственно 2 и 3,5 сут. Если используется токсикант в норме расхода 3,0 л/га, опасный для насекомых период соответственно составляет 3 и 5 сут.

Препарат на основе фозалона для человека и теплокровных животных 3-го класса опасности. После опрыскивания растений фозалоном не отмечается ожогов листьев древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

Контрольные вопросы

1. Укажите конечные продукты деградации фосфорорганических инсектицидов в почве и растениях.
2. Укажите фосфорорганические инсектициды стойкие в почве.
3. Укажите фосфорорганические инсектициды нестойкие в почве.
4. Укажите фосфорорганические инсектициды наиболее опасные для энтомофагов и насекомых-опылителей
5. Укажите фосфорорганические инсектициды малоопасные для энтомофагов и насекомых-опылителей
6. Укажите фосфорорганические инсектициды 2-го класса опасности для теплокровных и человека.
7. Укажите фосфорорганические инсектициды 3-го класса опасности для теплокровных и человека.

3.2. Пиретроиды

Пиретроиды – группа инсектицидов, которые являются синтетическими аналогами природных *пиретринов*, сходные с ними по характеру и механизму физиологического действия, но иногда существенно различающиеся по химическому строению.

Пиретроиды относительно стабильны на солнечном свету, на неживых поверхностях могут сохраняться до одного года (перметрин). Период их полураспада (T_{50}) на поверхности растений составляет 7-9 суток, остатки обнаруживаются в течение 20-25 суток. Пиретроиды почти не проникают в растения, они не проявляют фитотоксичного действия. Как несистемные вещества, синтетические пиретроиды в основном локализуются в поверхностных растительных тканях. Благодаря липофильности вещества хорошо удерживаются кутикулой листьев и не смываются дождем, а низкое давление паров обеспечивает длительное остаточное действие и препятствует распространению пиретроидов в окружающей среде воздушными потоками. Эти же физические свойства ограничивают подвижность пиретроидов в почве: благодаря хорошей адсорбции распространение пиретроидов возможно лишь при эрозии почвы.

Продукты расщепления пиретроидов на свету имеют пониженную биологическую активность. Практически достаточная устойчивость пиретроидов в окружающей среде сочетается с их быстрой инактивацией благодаря расщеплению в системе метаболизма.

Пиретроиды не накапливаются при многократном поступлении в организм. Литературные данные о накоплении и распределении пиретроидов в организме млекопитающих свидетельствуют о высокой скорости их метаболизма и выделения.

Синтетические пиретроиды метаболизируются в окружающей среде в результате фотохимического, гидролитического и микробиологического разложения с образованием нетоксичных продуктов. В почве происходит процесс метаболизма пиретроидов под влиянием микробиологического гидроксилирования ароматического кольца. В зависимости от структуры действующего вещества обнаруживаются некоторые количественные и качественные различия их метаболизма.

В организм человека действующие вещества могут поступать через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, неповрежденную кожу. В печени пиретроиды подвергаются окислению и гидролизу с образованием глюкуронатов. Высокая скорость окисления и выведения этих веществ из организма обусловлена наличием в их молекуле легко расщепляющихся структур. Направления атаки ферментов на молекулы пиретроидов представлены на рисунке 20.

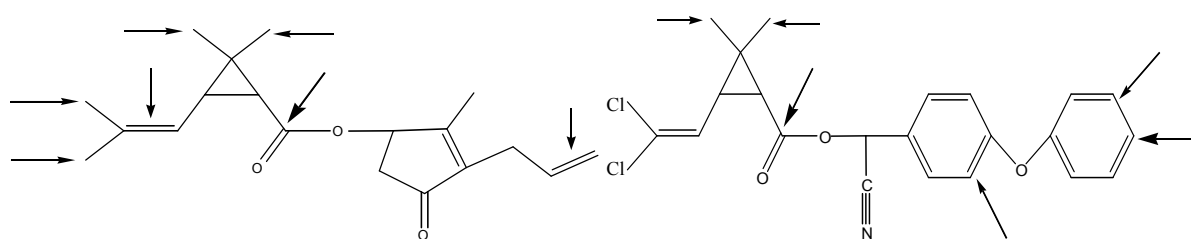


Рис. 20. Направления атаки ферментов на молекулы пиретроидов

При введении в организм животных пиретроиды попадают в жировые отложения и мозг, причем из жировых тканей они выводятся на протяжении 3-4 недель, а из мозга значительно быстрее. Пиретроиды выводятся из организма тем быстрее, чем токсичнее препарат.

Для защиты растений в настоящее время производят пиретроиды второго и третьего поколения. Они представляют собой сложные эфиры 2-дихлорэтенил – 3,3 - диметилциклопропанкарбоновой (перметриновой) кислоты с 3-феноксибензиловым спиртом и 3-фенокси- α -цианобензиловым спиртом, а также эфир 2-дибром-этенил-3,3- диметилциклопропановой кислоты с 3-фенокси – α -цианобензиловым спиртом.

Циперметрин

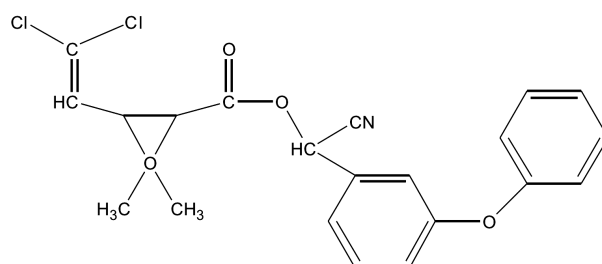
Название по ИЮПАК: (R,S)- α -циано-3-феноксибензил (1RS3RS; 1RS, 3SR) -3 - (2,2 - дихлорвинил) -2,2-диметилциклопропанкарбоксилат.

Молекулярная формула:

$C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$;

Молекулярная масса 416,3;

Структурная формула:



Физические свойства. Технический продукт – рацемическая смесь цис- и транс- изомеров. Их соотношение колеблется в пределах от 40:60 до 50:50. Это белый летучий порошок с температурой плавления 41,2°C, низко растворимый в воде (растворимость в воде при 20°C составляет 0,009 мг/л), высоко растворимый в органических растворителях (этилацетат, ацетон, метанол, гексан). Давление пара при 25°C составляет 0,00023 МПа.

Химические свойства. Циперметрин устойчив в нейтральной и кислой среде. Период гидролиза в воде (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 179 суток. Стабильный при pH от 3 до 7, но при pH = 8 (T_{50}) цис-изомера составляет 21,2 суток, а транс-изомера – 9,1 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Циперметрин среднеустойчив в почве. Период распада циперметрина в почве (T_{50}) составляет 69, а T_{90} – 126 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 3 - (2,2-дихлорвинил) - 2,2 - диметилциклопропанкарбоксилловая кислота;
- 3-фено-ксибензойная кислота; 3 - (4 - гидроксифеноксид) бензойная кислота;
- 4-гидроксициперметрин; 3-(2,2-дихлорэтенил)-2,2-диметилциклопропан карбоксилловая кислота (цис- и транс-);
- (RS)-карбомойл(3-феноксид-фенил)-метил (1RS)-цис, транс-3-(2,2-дихлор-оэтенил)-2,2-диметилцикло-пропанкарбоксиллат.

Метаболитом инсектицида в организме животных является – 4-гидроксициперметрин.

Экотоксичность. Циперметрин высоко токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для почвенных червей. Имеет низкую токсичность в отношении птиц.

Высокотоксичный для насекомых-опылителей *циперметрин* в форме препарата Циперметрин, КЭ (250 г/л), при контактном действии представляет определенную опасность для пчелиных. Даже в минимально рекомендуемой норме расхода (0,1 л/га) отложения инсектицида на поверхности растений значительно превышают безопасный уровень для медоносной пчелы в 7 раз, а для пчелы-листореза более чем на порядок. И только для рабочих

особей большого земляного шмеля величины отложений не достигали уровня его чувствительности к токсиканту. Поэтому контакт пчел-сборщиц с обработанными инсектицидом растениями был причиной гибели 2,36 % насекомых в течение 3,0 сут. Детоксикация соцветий растений, достаточная для медоносной пчелы, наступает через трое сут, а для пчелы-листореза – через четверо сут. При норме расхода инсектицида 0,24 л/га Циперметрин, наряду с другими культурами, используется и для защиты люцерны. В этом случае наблюдается почти двукратный рост поверхностных отложений действующего вещества на растениях, а это в свою очередь ведет к увеличению степени опасности интоксикации медоносной пчелы и пчелы-листореза. Но уровень поверхностных отложений инсектицида не представляет опасности для рабочих особей большого земляного шмеля. Их контакт с обработанными растениями не имел негативных последствий. Фуржирование же пчел-сборщиц на такие растения в течение 4,5 сут приводило к гибели 3,54 % их числа в семьях.

Детоксикация соцветий для пчелы-листореза продолжается до пяти сут., а листовая поверхность люцерны становится безопасной для опылителей через 11 сут. после применения препарата [17, 19, 23, 29].

Для человека препараты на основе циперметрина 2-го и 3-го класса опасности.

Альфа-циперметрин

Название по ИЮПАК: (R)- α -циано-3-феноксибензил (1S)-цис-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат и (S)- α -циано-3-феноксибензил (1R)-цис-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат

Химическая формула $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$;

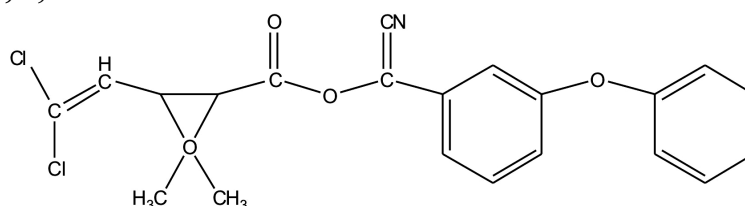
Молекулярная масса 416,3;

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество альфа-циперметрина – рацемическая смесь,

содержащая только цис-изомеры циперметрина. В основном, это (1R-цис) S и (1S-цис) R - изомеры. Технический продукт представ-



ляет собой кристаллический летучий порошок, с температурой плавления 81,5° С. Давление паров при 25°С составляет 0,00034 МПа. Инсектицид низко растворим в воде, но высоко растворим в органических растворителях (толуол, метанол, этилацетат). Растворимость в воде при 20°С составляет 0,004 мг/л.

Химические свойства. Альфа-циперметрин устойчив в кислой и нейтральной среде. Период гидролиза в воде (T_{50}) при 20°С и рН = 7 составляет 101 сутки, а при рН = 9 – 7,3 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Альфа-циперметрин среднеустойчив в почве. Период распада циперметрина в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 35, а T_{90} – 210 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является 3-феноксibenзойная кислота.

Экотоксичность. Альфа-циперметрин высоко токсичен для млекопитающих, пчел, рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для почвенных червей, но имеет низкую токсичность в отношении птиц.

Альфа-циперметрин в форме препарата Фастак, КЭ (100 г/л), при норме применения 0,15 л/га и ниже создает количество действующего вещества на поверхности растений в день его применения в пределах безопасного уровня для медоносной пчелы. Этот уровень незначительно превышает аналогичный показатель для пчелы-листореза и более чем на порядок ниже этого показателя для рабочих особей большого земляного шмеля. В этой связи контакт пчел-сборщиц и шмелей с обработанными инсектицидом растениями не вызывал интоксикации их как в день применения препарата, так и в последующие дни. Применение инсектицида в несколько повышенной норме расхода 0,2 г/га незначительно влияет на уровень поверхностных отложений. В день применения инсектицида, обработанные инсектицидом растения, представляют опасность интоксикации только пчелы-листореза, но уже через 1,5 сут как генеративные, так и вегетативные органы растений освобождаются от токсиканта до пределов, которые не представляют опасности для данного вида насекомых. Аналогичные данные получены в полевых опытах с насекомыми [17, 19, 27, 29]. Для человека препараты на основе альфа-циперметрина 2-го и 3-го класса опасности.

Бета-циперметрин

Название по ИЮПАК: (R)- α -циано-3-феноксибензил(1S,3S)-3-(2,2-ди-хлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат и (S)- α -циано-3-фенокси-бензил (1R,3R)-цис-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат

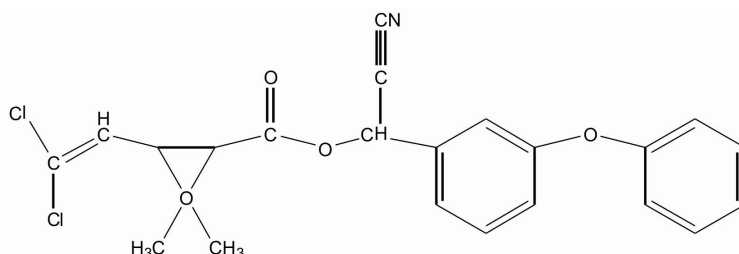
Химическая формула $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$;

Молекулярная масса
416,3;

Структурная формула:

Физические свойства.

Технический продукт
представляет собой белый



или бледно - желтый кристаллический летучий порошок, с температурой плавления 66,2° С низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ксилол, изопропанол, этилацетат, ацетон). Растворимость в воде при 20°С составляет 0,051 мг/л Давление паров при 25°С составляет 10^{-4} МПа.

Экотоксичность. Бета-циперметрин высоко токсичен для пчел, рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для млекопитающих и низко токсичен в отношении птиц.

Для человека препарат на основе бета-циперметрина 3-го класса опасности.

Бета-цифлутрин

Название по ИЮПАК: R)- α -цино-4-фтор-3-феноксибензил (1S,3S)-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2 диметилциклопропанкарбоксилат и (S)- α -циано-4-фтор-3- феноксибензил (1R,3R)-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметил-циклопропан-карбоксилат

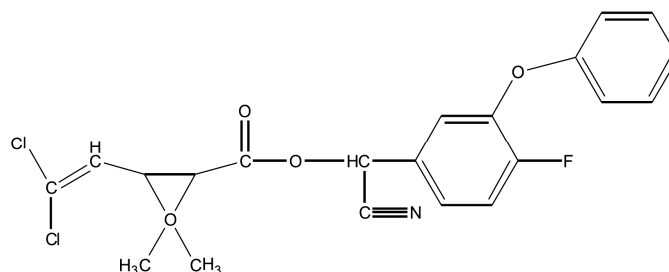
Химическая формула

$C_{22}H_{18}Cl_2FNO_3$;

Молекулярная масса 434.29

Структурная формула:

Физические свойства. Технический продукт представляет собой белый кристаллический



средне летучий порошок, с температурой плавления 93,5°С низко растворимый в воде (при 20°С она составляет 0,0012 мг/л), но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, толуол,

дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет 0,000056 МПа.

Химические свойства. Бета-цифлутрин устойчив к водному гидролизу в кислой и нейтральной, но не устойчив в щелочной среде. Период гидролиза в воде (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 215 суток, при pH = 4 – 1 год, а при pH = 9 – 38 часов.

Превращение в объектах окружающей среды. Бета-цифлутрин неустойчив в почве. Период распада инсектицида в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 13, а T_{90} – 102 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-фтор-3-феноксibenзойная кислота;
- 3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксил-овая кислота.

Экотоксичность. Бета-цифлутрин высоко токсичен для млекопитающих пчел, рыб, водных беспозвоночных и ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для в отношении птиц и почвенных червей. Для человека препараты на основе бета-цифлутрина 2-го и 3-го классов опасности.

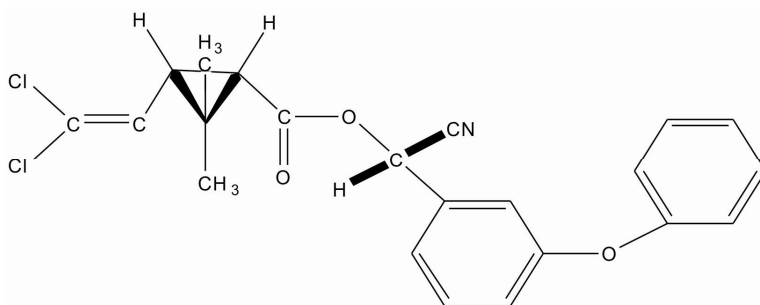
Зета-Циперметрин

Название по ИЮПАК: (S)- α -циано-3-феноксibenзил (1RS, 3RS; 1RS, 3SR)-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат

Химическая формула $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$;

Молекулярная масса 416,3;

Структурная формула:



Физические свойства.

В состав действующего вещества зета-

циперметрина входят как цис-, так и транс- изомеры, однако в отличие от вышеперечисленных разновидностей, зета-циперметрин оптически активен. Он содержит 4 наиболее активных изомера циперметрина с S-конфигурацией цианогруппы. Технический продукт представляет собой бледно-желтую вязкую летучую жидкость низко растворимую в воде. (при 20°C она со-

ставляет 0,039 мг/л), но высоко растворимую в органических растворителях (ксилол, гептан, этилацетат, ацетон). Давление паров при 25°C составляет $2,53 \cdot 10^{-4}$ МПа.

Химические свойства. Зета-циперметрин не устойчив в нейтральной водной среде. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 25 суток, но устойчив в кислой среде при pH = 4.

Превращение в объектах окружающей среды. Зета-циперметрин не устойчив в почве. Период распада циперметрина в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 10 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 3-феноксibenзойная кислота;
- 3- (2,2 - дихлорвинил) - 2,2 - диметилциклопропанкарбоксилловая кислота.

Метаболитами в растениях являются:

- 3-феноксibenзальдегид;
- (3-феноксифенил)метанол.

Метаболитом в организме животных является (3-феноксифенил) метанол.

Экотоксичность. Зета-циперметрин высоко токсичен для млекопитающих, пчел, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для почвенных червей. Имеет низкую токсичность в отношении птиц.

Для человека препараты на основе зета-циперметрина 2-го и 3-го класса опасности.

Эсфенвалерат

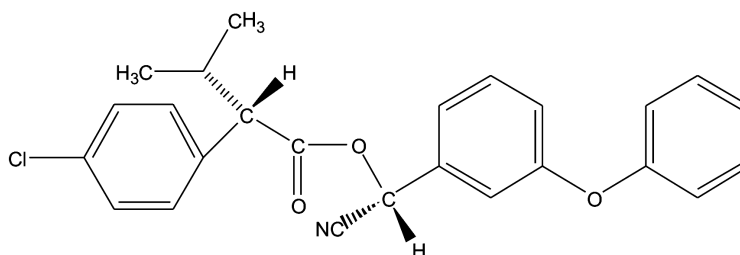
Название по ИЮПАК: (S)- α -циано-3-феноксibenзил (S) – 2 - (4хлорфенил) - 3- метилбутират

Химическая формула

$C_{25}H_{22}ClNO_3$;

Молекулярная масса
419,90;

Структурная формула:



Физические свойства. Технический продукт представляет собой янтарного цвета среднелетучую жидкость низко растворимую в воде (растворимость в воде при 20°C составляет 0,001 мг/л), но вы-

соко растворимую в органических растворителях (гексан, метанол, ацетон). Давление паров при 25°C составляет 0,0000012 МПа.

Химические свойства. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и рН = 4 и рН = 5, составляет 192 суток, а при рН = 9 – 65 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Эсфенвалерат среднеустойчив в почве. Период распада его в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 44 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является карбамоил-3-феноксibenзил 2-(4-хлорфенил)-3-метилбутират.

Экотоксичность. Эсфенвалерат высоко токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для птиц и почвенных червей.

Незначительную опасность инсектицид представляет только для медоносной пчелы и пчелы-листореза. При этом инсектицид в минимальной норме применения 0,3 л/га не опасен для медоносной пчелы, но опасен для пчелы-листореза. Продолжительность опасного периода в этом случае составляет 1,5 сут. Опрыскивание растений инсектицидом в норме 0,5 л/га формирует поверхностные отложения действующего вещества, которые представляют опасность уже и для медоносной пчелы. Гибель насекомых, отобранных с обножкой пыльцы, в условиях лаборатории составляла 0,6% их количества в семьях. негативное влияние инсектицида не выявлялось среди пчел-сборщиц, посещавших обработанных инсектицидом растения спустя 24 часа после применения препарата. Продолжительность опасного периода инсектицида на генеративных органах растения для пчелы-листореза составляет 2 сут. Двукратное увеличение нормы применения инсектицида до 1,0 л/га способствовало росту уровня поверхностных отложений токсиканта на растениях. Это в свою очередь усиливало степень опасности интоксикации медоносной пчелы. Контакт пчел-сборщиц с обработанными инсектицидом растениями в день применения препарата приводил к гибели их в количестве 0,9%, а на второй день – 0,3% их числа в семьях. Продолжительность опасного периода инсектицида на генеративных органах растения для пчелы-листореза при этой норме применения составляет 3 сут.

Достаточно медленно происходит детоксикация вегетативных органов растений. Снижение количества токсиканта до безопасного для пчелы-листореза уровня происходит при норме применения 0,5 л/га через 4 сут, при норме применения 1,0 л/га – 6,5 сут. Уровень поверхностных отложений токсиканта на растениях даже в максимальной норме применения 1,0 л/га не достигает пределов чувствительности рабочих особей большого земляного шмеля [17, 19, 29]. Для человека препараты на основе эсфенвалерата 3-го класса опасности.

Бифентрин

Название по ИЮПАК: 2-метил-3-фенилбензил(1*RS*)-цис-3-(2-хлор-3,3,3 трифторпроп-1-енил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат

Химическая формула

$C_{23}H_{22}ClF_3O_2$;

Молекулярная
422.88;

Структурная формула:

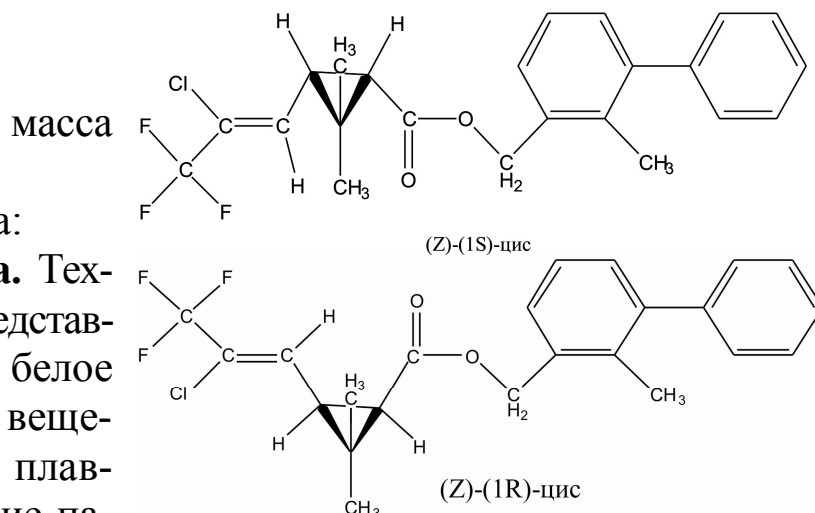
Физические свойства. Технический продукт представляет собой почти белое восковидное летучее вещество с температурой плавления 69,3°C. Давление паров при 25°C составляет 0,0178 МПа. Инсектицид низко растворим в воде. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,001 мг/л, но высоко растворим в органических растворителях (гексан, метанол, ацетон, ксилол).

Химические свойства. Бифентрин стойкий к водному гидролизу при 20°C и pH = от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Бифентрин среднеустойчив в почве. Период распада его в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 84,6 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- (1*RS*,3*RS*) – 3 - (Z) - 2-хлор - 3,3,3 – трифторпроп - 1-енил)
- 2,2 - диметилциклопропанкарбок-силовая кислота;



- (4'-гидрокси- 2- метилбифенил-3-ил) метил (1RS,3RS) - 3- [(Z)- 2 -хлор- 3,3,3 –трифторпроп -1-енил] -2,2 - диметилциклопропанкарбоксилат;

- 2-метил-3-фенилбензойная кислота; 2-метил-3-фенилбензиловый спирт;

- (2-метилбифенил-3-ил) метил (1RS,3RS)-3- [(Z)-2-хлор-3,3,3-трифторпроп-1-енил]-2-(гидроксиметил)-2-метилциклопропан-карбоксилат.

Метаболитами в растениях являются:

- 2-метил-3-фенилбензойная кислота; - 2-метил - 3- фенилбензило-вый спирт.

Метаболитами в организме животных являются:

- 2-метил-3-фенилбензойная кислота; - 2-метил- 3- фенилбензило-вый спирт;

- (2-метилбифенил-3-ил) метил (1RS,3RS)-3-[(Z)-2-хлор-3,3,3-три-фторпроп-1-енил]-2-(гидроксиметил)-2-метилциклопропан-карбоксилат.

Экотоксичность. Бифентрин высоко токсичен для млекопитающих, рыб, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных; умеренно токсичен для птиц и донных микроорганизмов.

Использование в защитных мероприятиях сравнительно нового инсектицида – *бифентрина* в форме препарата Талстар, КЭ (100 г/л) в рекомендуемых нормах расхода формирует уровень поверхностных отложений токсиканта, которые представляют опасность только для медоносной пчелы и пчелы-листореза. Гибель пчел-сборщиц, контактировавших с растениями в день применения инсектицида в дозе 0,4 л/га не превышала 0,5%, а на второй день – 0,2% их числа в семьях. Увеличение нормы расхода Бифентрина до 0,6 л/га сопровождалось ростом уровня поверхностных отложений токсиканта на растениях и смертности пчел-сборщиц до 1% в течение первых двух дней контакта насекомых с обработанными растениями. На третий день токсическая активность *бифентрина* не выявлялась даже методом отбора пчел-сборщиц с обножкой пыльцы и наблюдением за ними в условиях лаборатории. Гораздо длительнее токсические свойства *бифентрина* на растениях сохраняются по отношению пчелы-листореза. Безопасный уровень остаточных количеств этих ин-

сектицидов для пчелы-листореза на соцветиях прогнозируется только спустя 4,0-4,5 сут, а на листовой поверхности – спустя 9-10 сут в зависимости от нормы применения инсектицида [29]. Для человека препараты на основе бифентрина 3-го класса опасности.

Гамма-цигалотрин

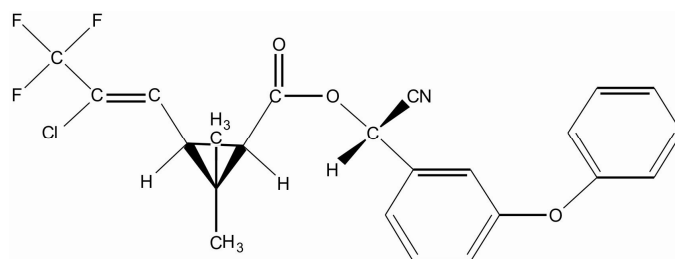
Название по ИЮПАК: S)- α -циано-3-феноксибензил (1R,3R) – 3 - [(Z)- 2 - хлор- 3,3,3 - трифторпропенил] - 2,2 - диметилциклопропанкарбоксилат

Химическая формула

C₂₃H₁₉ClF₃NO₃;

Молекулярная масса 449,85;

Структурная формула:



Физические свойства. Технический продукт представляет собой почти белого цвета летучую жидкость.

Давление паров при 25оС составляет 3,45 10-04 МПа. Инсектицид низко растворим в воде, но высоко растворим в органических растворителях (гептан, метанол, ацетон, этилацетат). Растворимость в воде при 20°С составляет 0,000002 мг/л

Химические свойства. Гамма-цигалотрин стоек к водному гидролизу при 20оС в кислой и нейтральной средах. T₅₀ при рН $\approx$ 9 составляет 1 сутки.

Преобразование в объектах окружающей среды. Гамма-цигалотрин среднеустойчив в почве. Период распада его в почве (T₅₀) в лабораторных условиях составляет 42 суток.

Экотоксичность. Гамма-цигалотрин высоко токсичен для млекопитающих, пчел, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, но низко токсичен для птиц и почвенных червей. Для человека препараты на основе гамма-цигалотрина 3-го класса опасности.

Лямбда-цигалотрин

Название по ИЮПАК: (R)- α -циано-3-феноксибензил (1S) – цис – 3 - [(Z) - 2 - хлор - 3,3,3 - трифторпропенил]-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат и (S)- α -циано-3- феноксибензил (1R) - цис -3- [(Z) - 2 - хлор - 3,3,3 - трифторпропенил] - 2,2 – диметилцикло-

пропанкарбоксилат

Химическая формула

$C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$;

Молекулярная масса 449,85;

Структурная формула:

Физические свойства. Техни-

ческий продукт представляет

собой бесцветное летучее ве-

щество с температурой плав-

ления $49,2^{\circ}C$. Давление паров

при $25^{\circ}C$ составляет 0,0002

МПа. Инсектицид низко рас-

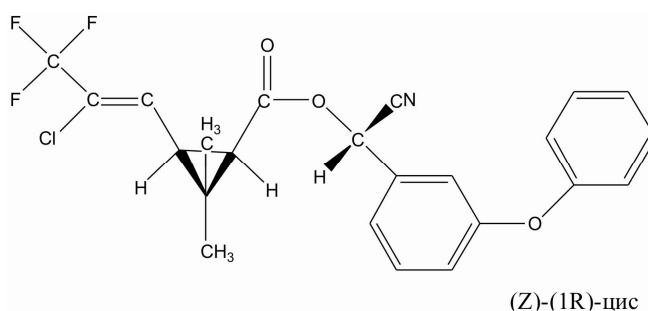
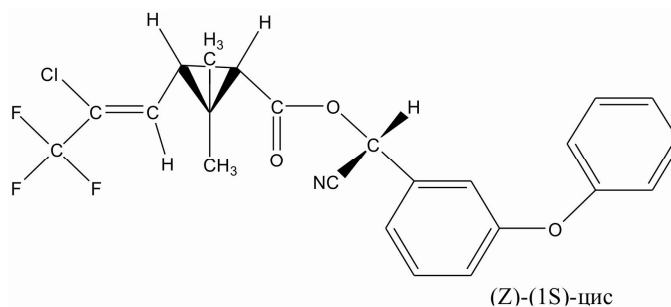
творим в воде, но высоко рас-

творим в органических раство-

рителях (гексан, метанол, аце-

тон, толуол). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,005

мг/л.



Химические свойства. Лямбда-цигалотрин стоек к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ в кислой и нейтральной средах. T_{50} при $pH \approx 9$ составляет 7 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Лямбда-цигалотрин неустойчив в почве. Период распада его в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 25, а T_{90} 112 суток.

Основным продуктом разложения инсектицида в почве является (RS)-альфа-циано-3-(4-гидроксифенокси)бензил-(Z)-(1RS)-цис-3-(2-хлор-3, 3, 3- трифторпропенил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат.

Экотоксичность. Лямбда-цигалотрин высоко токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для почвенных червей и низко токсичен для птиц.

Высокотоксичный для насекомых-опылителей *лямбда-цигалотрин* в форме препарата Каратэ, КЭ (50 г/л), имеет достаточно близкие токсикологические параметры для медоносной пчелы и пчелы-листореза. Применение инсектицида для защиты культур, в том числе и люцерны, с нормой расхода 0,2 л/га дает поверхностные отложения на растениях, в день опрыскивания, незначительно превышающие безопасный уровень для медонос-

ной пчелы и пчелы-листореза, но на порядок ниже этого показателя для рабочих особей большого земляного шмеля. Тем не менее, обработанные инсектицидом растения не представляли опасности интоксикации, контактировавшие с ними пчел-сборщиц и шмелей. Обработанные инсектицидом соцветия растений становятся неопасными для пчелы-листореза через 3,0 сут, а листовая поверхность – спустя 6 сут.

Спустя чуть более 48 ч содержание токсиканта на соцветиях снижается до пределов, не дающих негативных последствий для опылителей. Неопасное содержание Каратэ на поверхности листьев достигается только к концу 5 сут с момента применения препарата.

При использовании инсектицида в более высоких нормах применения, в частности 0,5 и 0,8 л/га, рекомендованных для защиты растений уровень поверхностных отложений, тем не менее, не достигает пределов чувствительности рабочих особей большого земляного шмеля, но представляет опасность интоксикации медоносной пчелы. Величина ущерба семьям была не высокой и составляла соответственно 0,6 и 1,81% от общего числа пчел-сборщиц в колониях. При этом гибель насекомых в семьях отмечалась только при контакте их с растениями в первые два дня после применения препарата. В последующие дни гибель насекомых, контактирующих с обработанными инсектицидом растениями, выявлялась методом отбора пчел-сборщиц у летка улья, возвращающихся в гнездо с обножкой пыльцы, собранной ими с этих растений и наблюдение за насекомыми в условиях лаборатории. Отсутствие у насекомых возможности в этом случае, освободиться от пыльцевых комочков с токсикантом приводило к гибели некоторых из них. Детоксикации соцветий для медоносной пчелы при норме расхода 0,5 л/га длится 4,0 сут, а при норме 0,8 л/га – 4,5 сут. На листовой поверхности содержание токсиканта доходит до безопасного уровня пчелы-листореза, в зависимости от нормы расхода препарата, через 6-9 сут. Исследованиями в открытых полевых условиях [29] на посевах цветущей фацелии *лямбда-цигалотрин* в норме расхода 0,8 л/га не оказывал негативного влияния на пчел-сборщиц [17, 19]. Для человека препараты на основе лямбда-цигалотрина 2-го и 3-го классов опасности.

Дельтаметрин

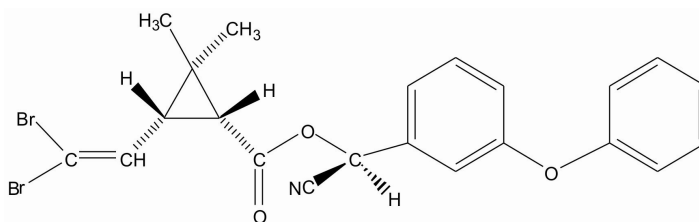
Название по ИЮПАК: (S)- α -циано-3-феноксипензил(1R,3R)-3-(2,2-дибромвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат

Химическая формула

$C_{22}H_{19}Br_2NO_3$;

Молекулярная масса 505,2

Структурная формула:



Физические свойства. Тех-

нический продукт представ-

ляет собой бесцветное кристаллическое среднелетучее вещество с температурой плавления 101°C. Давление паров при 25°C составляет 0,0000124 МПа. Инсектицид низко растворим в воде, но высоко растворим в органических растворителях (гептан, метанол, ацетон, ксилол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,0002 мг/л.

Химические свойства. Дельтаметрин устойчив к водному гидролизу при 20°C в кислой и нейтральной средах. Менее стоек в щелочной среде. При pH = 8, T₅₀ составляет 31, а при pH = 9 – 2,5 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Дельтаметрин не устойчив в почве. Период распада его в почве (T₅₀) в полевых условиях составляет 21, а T₉₀ 60 суток.

Основным продуктом разложения инсектицида в почве является – 3-(4-гидроксифеноксипензил)бензойная кислота. Этот же продукт обнаруживается в растениях и животных. Кроме того, в растениях обнаружен 4-гидрокси-дельтаметрин, а в организме животных – 3-феноксипензойная кислота.

Экотоксичность. Дельтаметрин высоко токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных; умеренно токсичен для донных микроорганизмов, но низко токсичен для птиц, почвенных червей.

Применение *дельтаметрина* в форме препарата Децис, КЭ (25 г/л), с нормой расхода 0,1 л/га сопровождается отложениями препарата на поверхности растений в количествах, не превышающих безопасного уровня для медоносной пчелы. Поэтому и в полевых опытах под изоляторами, выполненными при благоприятных для насекомых-опылителей метеорологических условиях, когда температура воздуха находилась в пределах от +18 до 24°C,

а относительная влажность – в пределах 65-70 % достаточно активный контакт пчел-сборщиц с обработанными инсектицидами растениями не представлял для них опасности интоксикации. Гибель насекомых находилась в пределах физиологической смертности контрольных вариантов. Однако при расходе 0,5 л/га, рекомендуемом для защиты люцерны от вредных организмов, поверхностные отложения превышают безопасный уровень для медоносной пчелы более чем в 4 раза. Гибель же пчел-сборщиц, контактировавших с растениями, обработанными *дельтаметрином* в этом случае существенно превышала уровень контроля, хотя и составляла достаточно низкую величину – 0,6% их числа в семьях. Но уже на вторые сутки различий в показателях смертности особей по вариантам не отмечалось. Количественное снижение содержания токсиканта на соцветиях до неопасных для медоносной пчелы пределов происходит в течение 2 сут с момента применения препарата. Увеличение нормы применения *дельтаметрина* до 1,0 л/га приводило к росту поверхностных отложений и как следствие гибели пчел-сборщиц, контактировавших с растениями, до 1,7% от их числа в семьях, а также более длительному периоду детоксикации растений. Снижение массы инсектицида с поверхности генеративных органов растений до безопасного для медоносной пчелы уровня происходит в течение 2,5 сут.

В то же время, экологическая ситуация в агроценозе при этих нормах расхода инсектицида в отношении люцерновой пчелы-листореза будет иной. Ввиду более высокой чувствительности пчелы-листореза к *дельтаметрину*, даже при минимальной норме расхода пестицида на соцветиях люцерны его остаточное количество снижается до безопасного уровня только через 2 сут, при норме 0,5 л/га – через 3,5, а при норме 1,0 л/га – 4,5 сут. Особенно медленно происходит детоксикация вегетативных органов, в частности, листьев, сегменты которых самки пчелы-листореза используют при формировании ячеек для вывода потомства. При константе скорости снижения концентрации инсектицида на поверхности листьев $0,13 \text{ сут}^{-1}$ безопасный уровень его содержания наступит через 5 сут, если препарат используется в минимальной норме, а при расходе препарата 0,5 л/га – через 9 сут. При расходовании инсектицида 1,0 л/га процесс детоксикации растений длится 11,5 сут.

В отличие от медоносной пчелы и пчелы-листореза рабочие особи большого земляного шмеля проявляют высокую физиологическую устойчивость к *дельтаметрину*. Ни одна из норм применения инсектицида не давала массу поверхностных отложений токсиканта, которые бы превышали безопасный уровень для данного вида насекомых. Поэтому даже при активном контакте шмелей на обработанных *дельтаметрином* растениях не отмечали насекомых с симптомами интоксикации [17, 19, 29].

Для человека препараты на основе дельтаметрина 2-го и 3-го классов опасности.

Тефлутрин

Название по ИЮПАК: 2,3,5,6 – тетрафтор -4 - метилбензил (Z) - (1R,3R) – 3 - (2- хлор-3,3,3- трифторпроп-1-енил) - 2,2 - диметилциклопропанкарбоксилат

Молекулярная формула

$C_{17}H_{14}ClF_7O_2$;

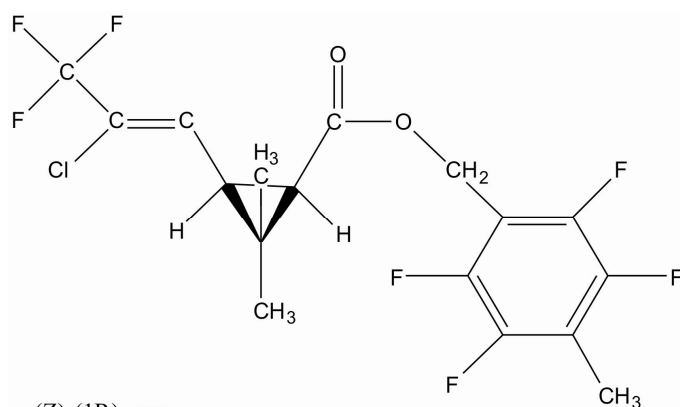
Молекулярная масса

418,73

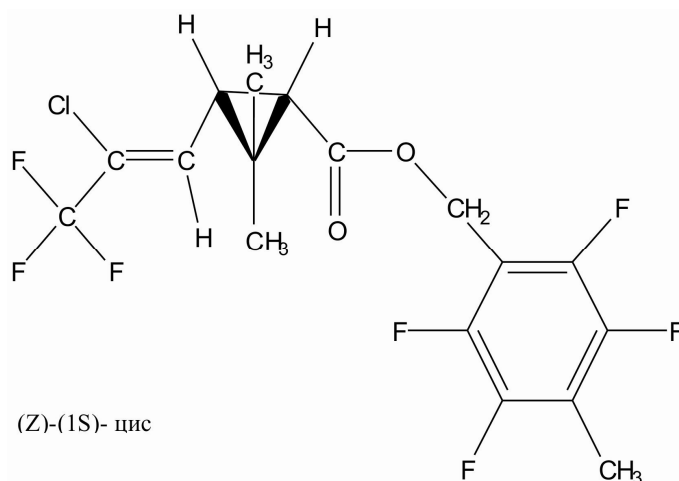
Структурная формула:

Физические свойства.

Тефлутрин представляет собой бесцветное твердое летучее вещество без запаха с температурой плавления $44,6^{\circ}C$, низко растворимое в воде, но высоко растворимое в органических растворителях (ацетон, гексан, метанол, толуол). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 8,4 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,016 мг/л.



(Z)-(1R)- цис



(Z)-(1S)- цис

Химические свойства.

Тефлутрин стабилен на воздухе. При pH = 5-7 не подвергается гидролизу. T50 при pH = 9 составляет 30 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тефлутрин не

устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 27,1, а T90 – 237,8 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2,3,5,6 – тетрафтор – 4 - метилбензойная кислота;
- (1R,3R;1S,3S) – 3 - ((Z) – 2 – хлор - 3,3,3 – трифторпроп - 1-енил)- 2,2-диметилциклопропанкар-боксиловая кислота.

Метаболитом в организме растений является – 3-(2-хлор-3,3,3-трифторпроп-1-енил)-1-метил-циклопропан-1,2-дикарбоксиловая кислота.

Метаболитами в организме животных являются:

- 2,3,5,6-тетрафтор-4-гидроксиметил бензойная кислота;
- 2,3,5,6-тетрафтор-4-метилбензил (Z) (1R,2R,3R; 1S,2S,3S) - 3-(2-хлор-3,3,3-трифторпроп-1-енил)-2-гидроксиметил-2-метилцикло-пропанкарбоксиловая кислота.

Метаболитом в организме животных и растений является 3-(2-хлор-3,3,3-трифторпроп-1-енил)-2-гидроксиметилциклопропанкарбоксиловая кислота;

Экотоксичность. Тефлутрин высоко токсичен для млекопитающих, пчел, почвенных червей, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для птиц.

Тау-флювалинат

Название по ИЮПАК: (RS)- α-циано- 3 - феноксibenзил N - (2 – хлор - α,α,α – трифтор - p-толил) - D-валинат

Химическая формула

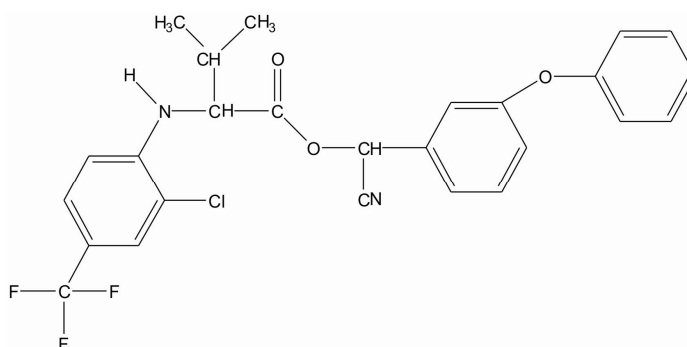
$C_{26}H_{22}ClF_3N_2O_3$;

Молекулярная масса 502,9;

Структурная формула:

Физические свойства. Технический продукт представ-

ляет собой бесцветную вязкую не летучую жидкость низко растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (гексан, ацетон, метанол, толуол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,00103 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $9,00 \cdot 10^{-08}$ МПа.



Химические свойства Тау-флувалинат не устойчив к водному гидролизу. T_{50} водного гидролиза при 20°C и pH = 7 составляет 22,5 суток, при pH = 5 – 48, а при pH = 9 этот показатель снижается до 1,25 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тау-флувалинат не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет при 20°C 3,51 суток, а T_{90} – 41,4 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- анилиновая кислота;
- галоанилин;
- 3-феноксibenзойная кислота;
- 3-феноксibenзальдегид;
- 4 - {[(1R)-1-карбокси-2-метилпропил]амино} - 3- хлорбензойная кислота;
- 2-амино- 2- оксо- 1- (3- феноксифенил)этил N- [2- хлор- 4- (трифторметил) фенил]-D-валинат.

Метаболитами в организме животных являются:

- декарбокси-флувалинат;
- 3-(4-гидроксифеноксibenзойная кислота.

Метаболитом в растениях является 3-{[2-хлор-4-(трифторметил) фенил]амино}-4-метил-2-(3-феноксифенил)пентаненитрил (декарбоксифлувалинат).

Экотоксичность. Тау-флувалинат высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для млекопитающих, почвенных червей и низко токсичен для птиц.

К числу инсектицидов с весьма низкой активностью для полезных насекомых относится *тау-флювалинат* в форме препарата Маврик 2Е, КЭ (250 г/л). Применение его в нормах расхода, рекомендуемых для защиты растений, сопровождается отложениями токсиканта на растения в количествах, многократно меньших опасного предела для насекомых-опылителей [17, 19, 29].

Препарат на основе тау-флювалината 3-го классов опасности для человека.

3.3. Неоникотиноиды

Неоникотиноиды – новая группа инсектицидов из класса гетероциклических соединений. Высокая биологическая эффективность инсектицидов проявляется в достаточно широком диапазо-

не температур (от +10 до +29°C). Неоникотиноидам свойственны относительная стабильность при высоких температурах воздуха, нелетучесть, нефитотоксичность, устойчивость к гидролизу. Механизм действия неоникотиноидов выражается в подавлении активности ацетилхолинэстеразы, а также в блокировании никотинацетилхолиновых рецепторов постсинаптической мембраны и пролонгировании открытия натриевых каналов. У насекомых при этом блокируется передача нервных импульсов, и они погибают от нервного перевозбуждения.

Имидаклоприд

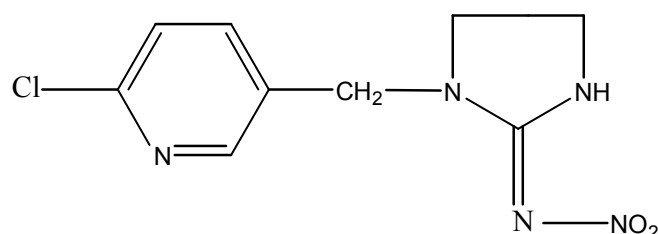
Название по ИЮПАК: (E)-1-(6-хлор-3-пиридил) метил)-N-нитроимидазолидин-2-илиденамин

Химическая формула

$C_9H_{10}ClN_5O_2$;

Молекулярная масса 255,66;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсекти-

цида представляет собой кристаллический не летучий продукт с температурой плавления 144°C высоко растворимый в воде и органических растворителях (дихлорэтан, толуол, н-гексан, 2-пропанол). Растворимость в воде при 20°C составляет 610 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $4 \cdot 10^{-7}$ МПа.

Химические свойства. Имидаклоприд очень устойчив к водному гидролизу при pH от 5 до 7. T_{50} при 20°C и pH = 9 составляет примерно 1 год.

Превращение в объектах окружающей среды. Имидаклоприд устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 174, а T_{90} 717 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 6-хлорникотиновая кислота;
- 1- [(6-хлор – 3 - пиридинил) метил] N-нитро-1H-имидазол-2-амин.

Метаболитами в организме растений и животных являются:

- [(6-хлор-3-пиридинил)метил]-4,5-дигидро-2-(нитроамино)-1H-имидазол-5-ол;

- 1-[(6-хлор-3-пиридинил)метил]- оксогидразон;
- 1-[(6-хлоропиридин-3-ил)метил]имидазолидин-2;
- 1-[(6-хлоропиридин-3-ил)метил]имидазолидин-2-имин;
- 6-хлоропиридин-3-карбоксилловая кислота;
- [(6-хлор-3-пиридинил) метил] - 4,5 – дигидро – 2 - (нитро-амино)-1Н-имидазол-4-ол.

Экотоксичность. Имидаклоприд высоко токсичен для птиц, водных ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для млекопитающих, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для рыб.

Имидаклоприд в форме препарата Танрек, КЭ (200 г/л) при опрыскивании растений рабочей эмульсией в минимальной норме расхода 0,5 и максимальной – 1,5 л/га вызывал у медоносной пчелы в полевых условиях ярко выраженный репеллентный эффект [39]. *Имидаклоприд* в зависимости от нормы расхода препарата и характера воздействия на насекомых оказывал различный по длительности и степени проявления репеллентный эффект. В вариантах опытов, предусматривавших изучение степени опасности имидаклоприда для медоносной пчелы при контакте насекомых с растениями после применения инсектицида, выявлено, что независимо от нормы расхода препарата опрыскивание растений приводило к полному прекращению летной активности пчел-сборщиц. При этом период в течение, которого насекомые практически не контактировали с обработанными растениями, при минимальной норме расхода длился около двух часов, а в случае применения максимальной нормы он достигал 3,5-4 ч. По истечению этого периода начинался заметный рост численности насекомых на растениях, но он существенно отличался от контрольных вариантов. И только к концу первого дня опытов численность насекомых на растениях различных вариантов выравнивалась. Репеллентный эффект инсектицида на насекомых был заметным только в вариантах с максимальной нормой расхода и в первые часы наблюдений на вторые сутки опытов. Несмотря на достаточно сильное проявление репеллентного эффекта в отношении пчел-сборщиц, будучи высокотоксичным, для медоносной пчелы при различных путях поступления его в организм, представлял опасность интоксикации насекомых этого вида в условиях агроценоза. Уровень опасности *имидаклоприда* зависит как от нормы расхода

токсиканта, периода времени прошедшего после применения инсектицида до момента начала контакта насекомых с обработанными растениями, так и способа его воздействия на насекомых. В вариантах, где контакт насекомых с растениями, обработанными имидаклопридом в производственных нормах расхода, начинался в день применения препарата, т.е. при отсутствии периода ожидания регистрировали интоксикацию и гибель пчел-сборщиц в небольших количествах. При минимальной норме расхода токсиканта гибель пчел-сборщиц не превышала трех процентов, а при максимальной норме расхода она достигала почти 4,5% от числа насекомых, контактировавших с обработанными инсектицидом растениями. Спустя сутки после применения инсектицида опасность интоксикации особей медоносной пчелы при контакте с этими растениями сохранялась, но она уже не была такой, как в день применения инсектицида. Уровень смертности пчел-сборщиц находился в пределах 0,3-0,7% в зависимости от нормы расхода. И только на третий день после опрыскивания растений имидаклопридом они не представляли опасности интоксикации для медоносной пчелы даже при активном контакте насекомых с ними.

Заметно меньшую опасность интоксикации медоносной пчелы *имидаклоприд* представляет при применении его для обработки растений в вечерние часы после окончания активной деятельности пчел-сборщиц в агроценозе. Период ожидания ограниченный ночными часами (0,5 суток) позволил снизить интоксикацию и гибель опылителей почти в три раза при посещении ими обработанных растений на следующий по сравнению с вариантами, где контакт насекомых начинался сразу после опрыскивания растений инсектицидом. *Имидаклоприд* представлял особую опасность для медоносной пчелы в случае попадания насекомых под опрыскивание препаратом. Процесс интоксикации и гибели пчел-сборщиц затрагивал даже при минимальной норме расхода до 32% насекомых, попавших под химическую обработку. В случае же использования инсектицида в максимально рекомендуемой для защиты растений норме расхода негативному воздействию подвергались более 61% пчел-сборщиц [39, 42-44]. Препараты на основе имидаклоприда для человека 3-го класса опасности.

Тиаметоксам

Название по ИЮПАК: (EZ)-3-(2-хлор-1,3-тиазол-5-илметил)-5-

метил-1,3,5-окса-дiazинан-4-

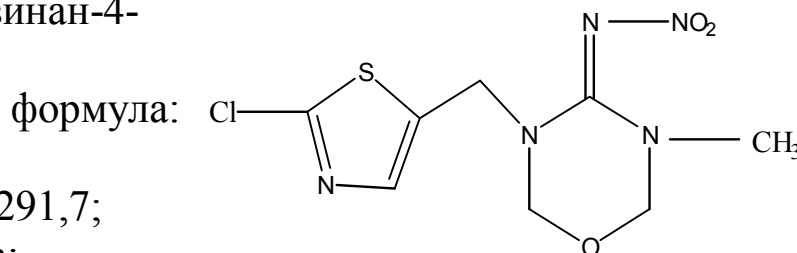
илиден(нитро)амин

Молекулярная

$C_8H_{10}ClN_5O_3S$;

Молекулярная масса 291,7;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой кристаллический не летучий порошок с температурой плавления 139,1°C высоко растворимый в воде и органических растворителях (ацетон, этилацетат, гексан, толуол). Растворимость в воде при 20°C составляет 4100 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $6,6 \cdot 10^{-6}$ МПа.

Химические свойства. Тиаметоксам очень устойчивый продукт к водному гидролизу при 20°C и pH от 1 до 7. T_{50} при 20°C и pH = 9 составляет 11,5 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тиаметоксам средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 39, а T_{90} 296,5 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является клотианидин.

Экотоксичность. Тиаметоксам высоко токсичен для водных ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для птиц, млекопитающих, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для рыб.

Подвергнутые опрыскиванию *тиаметоксамом* в форме препарата Актара, ВДГ (250 г/кг) рабочей суспензией препарата в минимальной норме расхода 0,06, промежуточной – 0,4 и максимальной – 0,8 кг препарата на 1 га, оказывали на пчел-сборщиц репеллентное действие. При этом с увеличением нормы расхода препарата репеллентный эффект заметно увеличивался как по продолжительности, так и по степени его проявления. Так, при использовании минимальной нормы расхода препарата 0,06 кг/га обработанные растения, обладая репеллентным эффектом на пчел-сборщиц, тем не менее не вызывали полное прекращение летной деятельности насекомых. Проявление репеллентного эффекта продолжалось практически до конца первого дня опытов.

На второй день активность насекомых на растениях разных вариантов опытов при данной норме расхода была практически равной. В вариантах опытов с нормой расхода 0,4 кг/га препарата и тем более 0,8 кг/га, обработанные инсектицидом растения, настолько отпугивали пчел-сборщиц, что летная активность насекомых прекращалась полностью соответственно до 2 часов и до 4-х часов. Продолжался репеллентный эффект на насекомых не только в первый день опытов, но был достаточно заметным и на второй. И только к концу второго дня летная активность насекомых в разных вариантах опытов выравнивалась. Аналогичным был характер поведения пчел-сборщиц на растениях в вариантах с применением тиаметоксама в различных нормах расхода опрыскиванием самих насекомых, на растениях.

Интоксикация и гибель пчел-сборщиц отмечалась при контакте насекомых с растениями, обработанными *тиаметоксамом* в производственных нормах расхода в день применения препаратов [39]. В зависимости от нормы расхода смертность пчел-сборщиц находилась в пределах от 2,7 до 4,8% от числа насекомых, контактировавших с обработанными инсектицидом растениями. Растения, обработанные тиаметоксамом в минимальной норме расхода препарата – 0,06 кг/га, не представляли опасности интоксикации пчел-сборщиц, посещавших эти растения. На второй день опасность интоксикации медоносной пчелы при контакте с этими растениями сохранялась, но она уже не была такой как в день применения инсектицидов. Гибель пчел-сборщиц в семьях не превышала пределов 0,5-1% в зависимости от нормы расхода препарата. И только на третий день после опрыскивания растений тиаметоксамом они не представляли опасности интоксикации для медоносной пчелы.

Суущественно менее опасным для пчел-сборщиц было применение тиаметоксама для обработки растений в вечерние часы, после окончания активного посещения пчелами-сборщицами растений. За ночные часы (срок ожидания 0,5 суток) токсическая активность инсектицида заметно снижалась. Контакт насекомых с обработанными растениями приводил к гибели их в зависимости от нормы расхода от 0,8 до 1,5% особей.

Тиаметоксам представлял особую опасность для медоносной пчелы в случае попадания насекомых под опрыскивание пре-

паратом. В зависимости от нормы расхода процесс интоксикации и гибели пчел-сборщиц затрагивал от 13,5 до 67,7% насекомых, попавших под химическую обработку [39, 42-44]. Препараты на основе тиаметоксама для человека в основном 3-го класса опасности.

Ацетамиприд

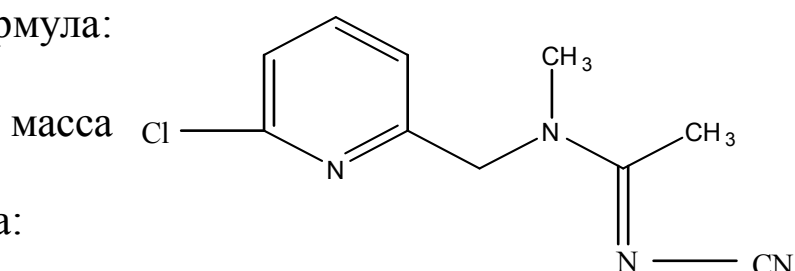
Название по ИЮПАК: (E)-N1-[(6-хлор-3-пиридил)метил]-N-2-циано-N-1-метилацет-амидин

Молекулярная формула:

$C_{10}H_{11}ClN_4$;

Молекулярная масса
222,67;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой кристаллический летучий порошок с температурой плавления 98,9°C. Давление пара при 25°C составляет $1.73 \cdot 10^{-4}$ МПа. Растворимость в воде 2950 мг/л. Высоко растворим в ацетоне, метаноле, этаноле, дихлорметане, хлороформе, ацетонитриле, тетрагидрофуране.

Химические свойства. Ацетамиприд гидролитически стабильное вещество при 20°C и pH = 4-7. T_{50} при pH = 9 составляет 450 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Ацетамиприд не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3, а T_{90} 20,2 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- N-метил(6-хлор-3-пиридил)метиламин;
- N2-карбамоил-N1-[(6-хлор-3-пиридил)метил]-N1-;
- 6-хлор никотиновая кислота;
- N1-(6-хлор-3-пиридил)метил-N1-метилацетамидин.

Метаболитами в организме животных и растений являются:

- 6-хлор никотиновая кислота;- 6-хлор-пиридилметилловый спирт;
- N-[(6-хлор-3-пиридил)метил]-N-метилацетамид;
- N1-(6-хлор-3-пиридил)метил-N1-метилацетамидин;

- N-диметил ацетамиприд.

Экотоксичность. Ацетамиприд высоко токсичен для птиц, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для млекопитающих, водных беспозвоночных, почвенных червей и рыб.

Ацетамиприд относительно не токсичный для медоносной пчелы при контакте насекомых с обработанной инсектицидом поверхностью в лабораторном эксперименте он не представлял опасности интоксикации данного вида опылителей и при контакте насекомых с обработанными токсикантом растениями в условиях агроценоза в нормах расхода, рекомендуемых для защиты растений. Будучи среднетоксичным, для насекомых данного вида при нанесении инсектицида на покровы их тела токсикант, тем не менее, не представляет опасности интоксикации пчел-сборщиц в случае попадания их под обработку препаратом в минимальной норме расхода. При использовании же *ацетамиприда* в максимально рекомендуемой норме расхода для защиты растений инсектицид способен вызвать гибель почти 6% пчел-сборщиц при попадании его на покровы тела насекомых во время химической обработки [39, 42-44].

Препараты на основе ацетамиприда для человека 3-го класса опасности.

Тиаклоприд

Название по ИЮПАК: (Z)-3 - (6-хлор-3-пиридилметил) - 1,3 - тиазолидин - 2-илиденцианамид

Молекулярная формула

$C_{10}H_9ClN_4S$;

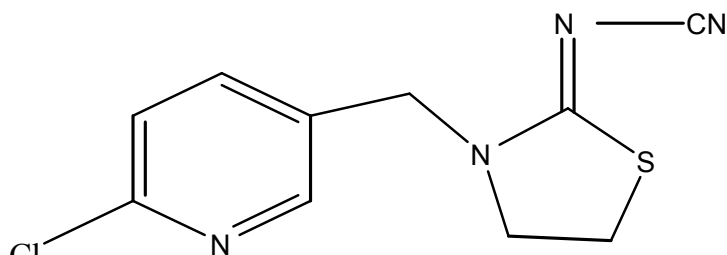
Молекулярная масса 252,72;

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество инсек-

тицида представляет собой желтоватый не летучий порошок с температурой плавления 136°C, умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (гексан, ацетон, ксилол, этилацетат). Растворимость в воде при 20°C составляет 184 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $3 \cdot 10^{-7}$ МПа.

Химические свойства. Тиаклоприд гидролитически стабильное вещество при 20°C и pH от 5 до 9.



Превращение в объектах окружающей среды. Тиаклоприд не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 18, а T_{90} 45 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- тиаклоприд-амид;
- тиаклоприд сульфоновая кислота.

Экотоксичность. Тиаклоприд высоко токсичен для птиц; умеренно токсичен для млекопитающих, водных беспозвоночных, почвенных червей и рыб.

Результаты наших полевых исследований подтверждают имеющиеся в научной литературе сведения о безопасности тиаклоприда для медоносной пчелы при контакте их с остатками инсектицида на растениях. Вместе с тем инсектицид в рекомендуемых для защиты растений нормах расхода представляет достаточно большую опасность для медоносной пчелы в случае попадания насекомых под обработку токсикантом. Гибель пчел-сборщиц в зависимости от нормы расхода находилась в пределах от 11,3 до 21,3 % от числа особей, попавших под обработку препаратом [39, 42-44]. репараты на основе тиаклоприда для человека 2-го класса опасности.

Клотианидин

Название по ИЮПАК: (E)-1- (2-хлор-1,3- триазол- 5-илметил) - 3-метил -2-нитрогуанидин

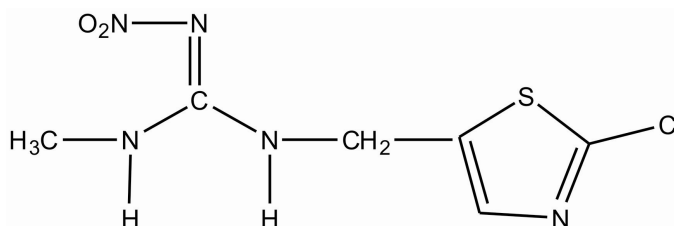
Химическая формула:

$C_6H_8ClN_5O_2S$;

Молекулярная масса 249,7;

Структурная формула:

Физические свойства.



Действующее вещество инсектицида представляет собой бесцветный не летучий порошок с температурой плавления 176,8°C, умеренно растворимый в воде, но низко растворимый в гептане, ксилоле и высоко растворим в ацетоне и этилацетате. Растворимость в воде при 20°C составляет 340 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $2,8 \cdot 10^{-8}$ МПа.

Химические свойства. Клотианидин гидролитически стабильное вещество при 20°C и pH = от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Клотианидин устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых усло-

виях составляет 121,2 а T_{90} 387 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- N-(2-хлоротиазол-5-илметил)-N'-нитрогуанидин;
- N-метил-N-нитрогуанидин.

Экотоксичность. Клотиаанидин высоко токсичен для пчел и донных микроорганизмов; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для рыб. Препараты на основе клотиаанидина для человека 3-го класса опасности.

Контрольные вопросы

1. Укажите конечные продукты деградации неоникотиноидов в почве и растениях.
2. Укажите неоникотиноиды наиболее стойкие в почве.
3. Укажите неоникотиноиды менее стойкие в почве.
4. Укажите неоникотиноиды наиболее опасные для энтомофагов и насекомых-опылителей
5. Укажите неоникотиноиды малоопасные для энтомофагов и насекомых-опылителей
6. Укажите неоникотиноиды 2-го класса опасности для теплокровных и человека.
7. Укажите неоникотиноиды 3-го класса опасности для теплокровных и человека.
8. Укажите конечные продукты деградации бенсультапа.

3.4. Производные нерейстоксина

Одним из многочисленных примеров моделирования природных соединений является синтез производных нерейстоксина, выделенного из морских многощетинковых червей, в частности, из *Limbrineris brevicirra*. Наиболее известным из них является инсектицид бенсультап.

Бенсультап

Название по ИЮПАК: S,S'-2-диметиламинотриметиленди(бензентио-сульфонат)

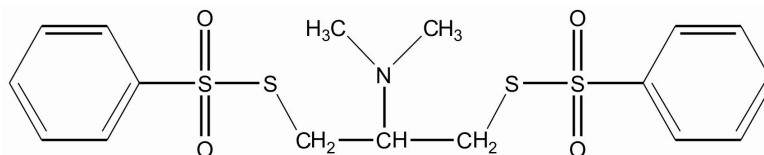
Химическая формула $C_{17}H_{21}NO_4S_4$;

Молекулярная масса 431,6;

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество инсектицида пред-



ставляет собой светло-желтый летучий порошок с температурой плавления 82,2°C, низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, толуол, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,21 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,75 мг/л.

Химические свойства. Бенсултап неустойчивый продукт к водному гидролизу. Достаточно быстро гидролизуется при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Бенсултап не устойчив в почве.

Экотоксичность. Бенсултап умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, почвенных червей. Инсектицид нефитоциден, малостоек на растениях.

Применение *Бенсултапа* в форме препарата Банкол, СП (500 г/кг) в рекомендуемых нормах расхода сопровождается отложениями действующего вещества, масса которого существенно меньше безопасного уровня для медоносной пчелы и рабочих особей большого земляного шмеля. Поэтому у этих видов насекомых не возникали симптомы интоксикации при контакте их с обработанными инсектицидом растениями.

К *бенсултапу* чувствительна пчела-листорез. Тем не менее, опасность интоксикации данного вида насекомых возможно только при использовании инсектицида в максимальной норме применения. При константе скорости снижения инсектицида с поверхности генеративных органов растений 0,33 сут⁻¹ безопасный для пчелы-листореза уровень токсиканта прогнозируется к концу первых суток после применения препарата и до 1,5 сут, если препарат используется из расчета 1,0 кг/га [31]. Препарат на основе бенсултапа для человека 3-го класса опасности.

3.5. Фенилпиразолы

На российском рынке пестицидов фенилпиразолы представлены препаратами на основе одного действующего вещества – *фипронил*.

Фипронил

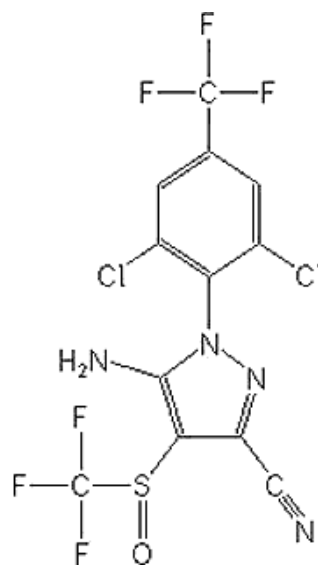
Название по ИЮПАК: 5 – амино – 1 - (2,6 - дихлор- α,α,α -трифтор-*p*-толил) – 4 - трифторметилсульфенилпиразол-3-карбонитрил

Химическая формула $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$;

Молекулярная масса 437,15;

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $203^{\circ}C$. Давление пара при $25^{\circ}C$ составляет 0,002 МПа. Продукт низко растворим в воде и гексане, но высоко растворим в органических растворителях (метанол, толуол, ацетон). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 3,78 мг/л.



Химические свойства. Фипронил очень устойчивый продукт к водному гидролизу при pH от 5 до 7. T_{50} при $20^{\circ}C$ и pH = 9 составляет примерно 11 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Фипронил средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 65 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются: фипронил амид; фипронил сульфон; фипронил сульфид. *Продуктами разложения пестицида в почве и растениях являются:* - 5 – аминно – 3 – циано – 1 - (2,6-дихлор - 4- трифторметилфенил) пиразол 4 - уль-фонилловая кислота;

- 5 – амино – 1 - (2,6-дихлор – 4 - трифторметилфенил) – 4 - трифторме-тилсульфо – нилпиразол - 3-карбоксилловая кислота.

Метаболитом в растениях является 5-амино-3-карбамил-1-(2,6-дихлор -4-трифторметилфенил)-4-трифторметилсульфонил-пиразол, а в организме *животных* – 5-амино-1-(2,6-дихлор- α,α,α -трифтор-*p*-толил)-1Н-пиразол-3-карбонитрил.

Экотоксичность. Фипронил высоко токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, водных ракообразных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для водных беспозвоночных, рыб, почвенных червей. Препараты на основе фипронила для человека 2-го и 3-го классов опасности.

3.6. Авермектины

Авермектины принадлежат к классу 16-членных макролидов, которые в положении C13 имеют дисахарид состоящий из L-олеандрозы (2,6-дидезокси-3-О-метил-L-арабиногексозы).

Культура *Streptomyces avermitilis* продуцирует комплекс авермектинов, среди которых выделяют четыре основные формы - A1, A2, B1, B2, они отличаются радикалами. В свою очередь, каждый компонент имеет 2 формы изомеров: а и b. Таким образом, авермектин представляет собой смесь из 8 близкородственных веществ макроциклической природы обозначаемых как A1a, A1b, A2a, A2b, B1a, B1b, B2a, B2b, среди которых выделяют четыре мажорных A1a, A2a, B1a, B2a и четыре минорных A1b, A2b, B1b, B2b. Авермектины группы В обладают инсектицидной, акарицидной и нематицидной активностью, а группы А – противоопухолевой, особенно авермектин A1, который оказывает цитотоксическое действие на клетки опухолей.

Авермектины в чистом виде являются сильно токсичными для животных и человека. Поэтому 3 класс опасности (умеренно опасные) достигается уменьшением концентрации действующего вещества в препаративной форме до 0,2%.

Токсические вещества, получаемые на их основе, сложно отнести только к химическим или только к биологическим соединениям. В настоящее время в ряде стран подобные «двойственные» препараты классифицируются как «биопестициды».

Ультрафиолетовое излучение и доступ кислорода быстро разлагают авермектины.

Авермектины – препараты с положительным температурным коэффициентом. При температуре +20-22оС первые признаки поражения вредителей появляются через 6-10 ч, а при температуре + 28-30оС – через 3-4 часа. Наступление максимального эффекта может растянуться до 6 суток. При температуре ниже +18-20 оС эффект резко снижается, а при температуре выше +20 оС она увеличивается в двое.

Авермектины не проявляют системных свойств, они нестойки на растениях, не передвигаются по почвенному профилю вследствие сильной сорбции почвой и не поступают из почвы в растения.

Абамектин

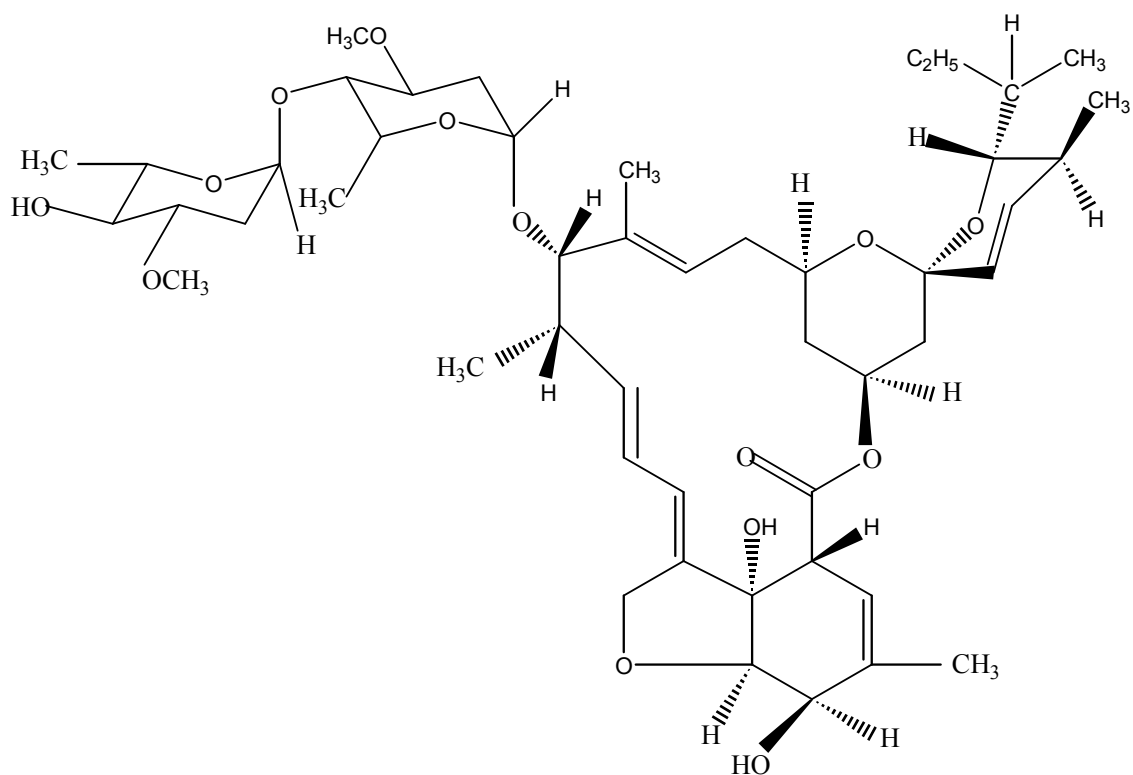
Абамектин – это смесь двух авермектинов: он содержит минимум 80 % авермектина В1а и максимум 20% авермектина В1b.

Авермектин В1а.(2аЕ,4Е,8Е)(5'С,6S,6'R,7S,11R,13S,15S,17аR,20R,20аR,20bS)-6'- [(S)-сес-бутил] -5',6,6',7,10,11,14,15,17а,20,20а,20b-додекагидро- 20,20b-дигидрокси-5',6,8,19-тетраметил-17-оксо-спиро [11,15-метано-2Н,13Н,17Н-фууро[4,3,2 рq] [2,6] бензодиоксациклооктадесин-13,2'- [2Н] пиран] -7-yl2,6-дидеокси-4-О-(2,6-диде-окси-3-О-метил-α-L-арабино-гексопиранозил)-3-О-метил-α-L-арабино гексопиранозид

Молекулярная формула: C₄₈H₇₂O₁₄;

Молекулярная масса 873,1;

Структурная формула:



АвермектинВ1b

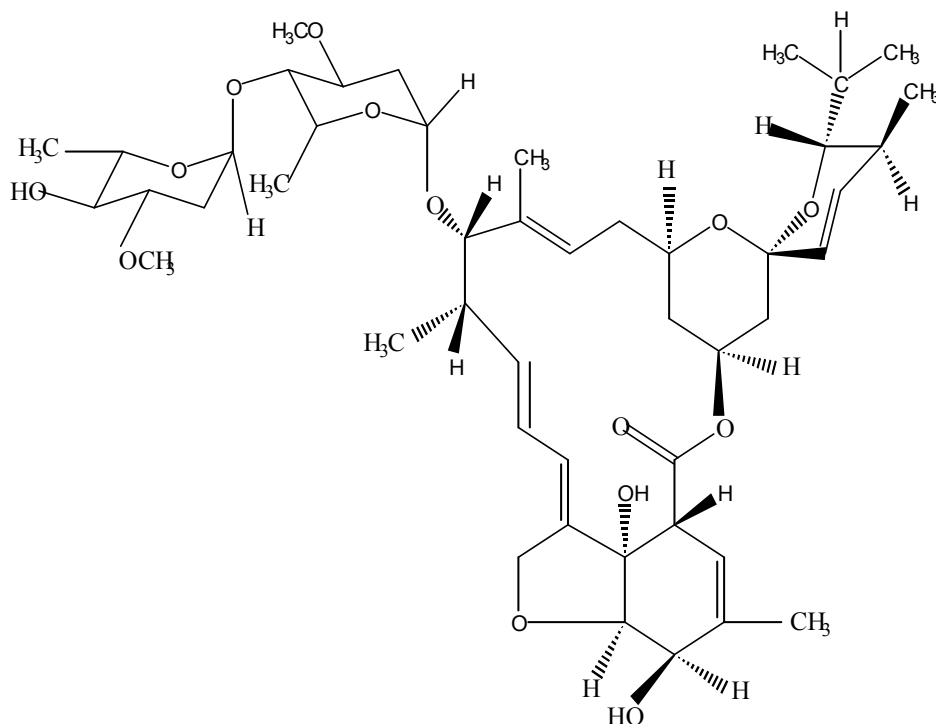
(2аЕ,4Е,8Е) (5'С,6S,6'R,7S,11R,13S,15S,17аR,20R,20аR,20bS) - 5', 6, 6', 7, 10, 11, 14, 15, 17а, 20,20а,20b-додекагидро-20, 20b-дигидрокси- 6'-изопропил-5',6,8,19-тетраметил- 17 - оксоспиро [11,15- метано- 2Н,13Н,17Н- фууро[4,3,2-рq] [2,6] бензодиоксациклооктадесин-13,2'-[2Н] пиран]- 7- ил 2,6- дидеокси- 4- О- (2,6-

дидеок-си-3-О-метил- α -L-арабино-гексопиранозил)-3-О-метил- α -L-арабино-гексопиранозид.

Молекулярная формула: $C_{47}H_{70}O_{14}$;

Молекулярная масса 859,1;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество – белый летучий порошок с температурой плавления 165,6 $^{\circ}$ C, низко растворимый в воде, но высоко в органических растворителях (толуол, ацетон, этилацет, октанол). Растворимость в воде при 20 $^{\circ}$ C составляет 1,21 мг/л.

Давление паров при 25 $^{\circ}$ C составляет 0,0037 МПа.

Химические свойства. Абабектин стабилен при pH от 4 до 7.

Преобразование в объектах окружающей среды. Абабектин не устойчив в почве. Период распада в почве (T₅₀) в полевых условиях составляет 1,0 сутки.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 8 α -гидрокси-авермектин B1a;
- 8 α -оксо-авермектин B1a;
- 4,8 α -дигидрокси-авермектин B1a;
- 8 α -оксо-4-гидрокси-авермектин B1a.

Экотоксичность. Абабектин высоко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, донных микроор-

ганизмов, пчел; умеренно токсичен для почвенных червей. Препараты на основе абамектина для человека 2-го и 3-го классов опасности.

Аверсектин С

Природный авермектиновый комплекс, содержащий 8 авермектинов получил название – Аверсектин, а очищенный не менее чем на 90% он получил название Аверсектин С. Содержание в %: авермектины A1a 8-12, A2a 17-23, B1a 40-45, B2a 17-23 (в сумме ~ 90%), A1b, A2b, B1b, B2b (в сумме ~ 10%).

Физические свойства. Аверсектин С в чистом виде представляет собой однородный аморфный порошок белого цвета с кремовым оттенком. Аверсектин С хорошо растворяется в спиртах, хлорированных углеводородах, ацетоне, практически не растворяется в воде и петролейном эфире.

Авертин-N

Авермектиновый комплекс, полученный из мицелия *Streptomyces avermitilis* ВКПМ S -1440 с содержанием компонента группы В – 67,8-77,4%, получил название Авертин N. Это фактически аналог аверсектина С, отличающийся только штаммом продуцента. Препарат на основе авертина N для человека 3-го класса опасности.

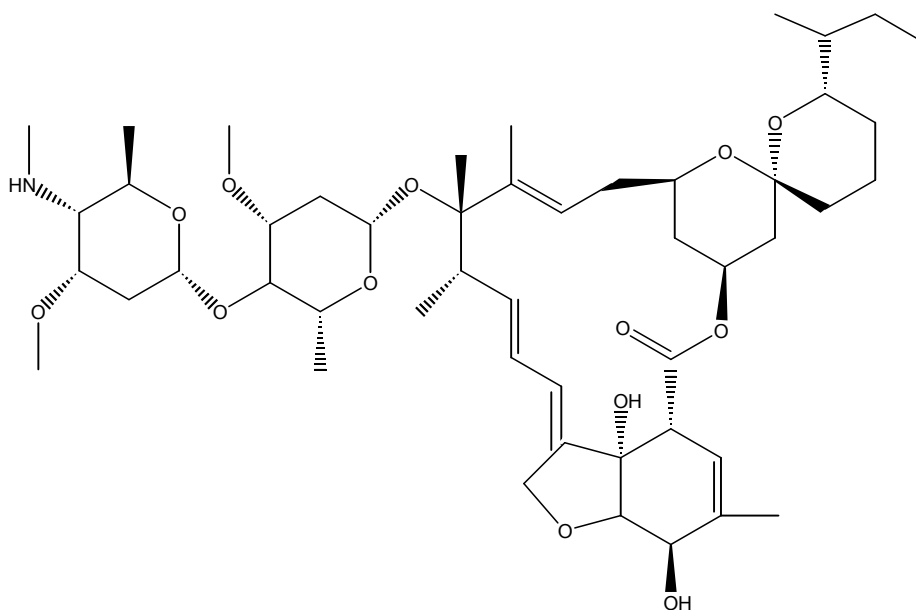
Эмабектин бензоат

[смесь эмабектина бензоата B_{1a} и эмабектина бензоата B_{1b}.
Содержание компонента B_{1a} не менее 90%]

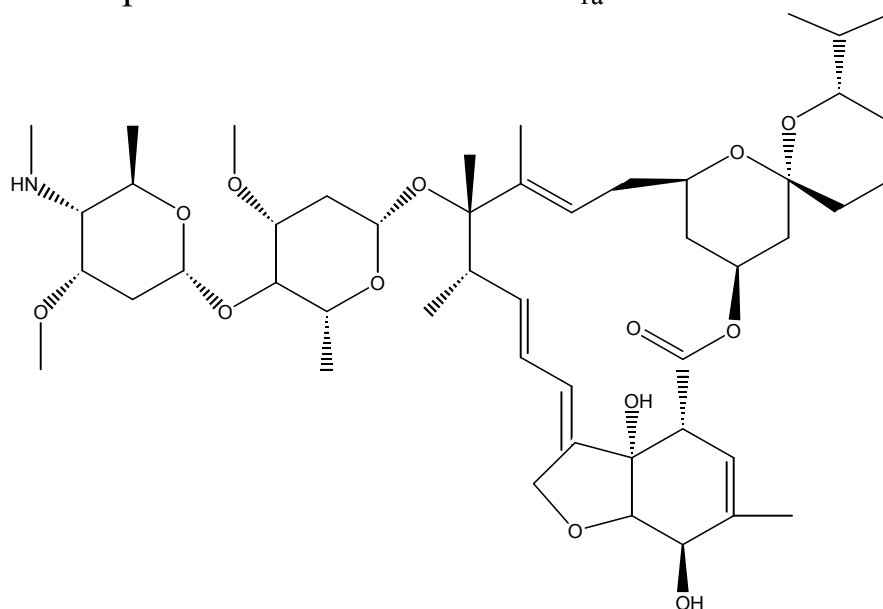
Химическая формула B_{1a} – C₅₆H₈₁NO₁₅, B_{1b} – C₅₅H₇₉NO₁₅

Молекулярная масса B_{1a} 1008,3; B_{1b} 994,2.

Структурная формула:



Изомер эмаектина бензоата B_{1a}



Изомер эмаектина бензоата B_{1b}

Физические свойства. Эмаектин бензоат представляет собой кристаллический порошок от белого до грязно-белого цвета с органическим запахом. При нагревании до 300°C термально разлагается. Температура плавления 141-146°C; давление паров при 25°C $4 \cdot 10^{-6}$ МПа.

Химические свойства. Гидролитически стабилен при 25°C и pH 5-8.

Экотоксичность. Эмаектин бензоат высоко токсичен для млекопитающих, токсичен для пчел. Препарат на основе эмаектин бензоата для человека 3-го класса опасности.

3.7. Производные бензоилмочевины и карбаминовой кислоты

В современном ассортименте химических средств защиты растений от вредителей весьма важная роль принадлежит инсектицидам, обладающим свойствами регуляторов роста и развития насекомых. Механизм действия препаратов на насекомых проявляется по-разному. Одни из инсектицидов при их применении вызывают гибель насекомых в результате ингибирования биосинтеза хитина и нарушения, таким образом, процесса линьки насекомых. Другие – аналоги ювенильного гормона - при проникновении в организм насекомых нарушают процессы метаморфоза. В частности, ювеноиды в организме личинок препятствуют прохождению глубоких физиолого-биохимических преобразований и достижению взрослой стадии. Дело в том, что ювенильный гормон, выделяемый в норме прилежащими телами мозга насекомого, регулирует его метаморфоз, ингибируя дифференциацию клеток в личиночной стадии и стимулируя развитие яичников имаго. Введение же ювенильного гормона или его аналога на той стадии развития, когда он должен отсутствовать в организме, приводит к нарушению метаморфоза, делая невозможным воспроизводство, или вызывает гибель насекомого.

Эта группа веществ условно подразделяется на две подгруппы в соответствии с механизмом действия на насекомых.

Как ингибиторы биосинтеза хитина, так и ювеноиды обладают высокой селективностью, поскольку они действуют на физиологические процессы линьки и метаморфоза, характерные только для насекомых. Обе группы инсектицидов малоопасны для человека и теплокровных животных.

В настоящее время ингибиторы биосинтеза хитина представляют производные бензоилмочевины: дифлубензурон, гексафлумурон и люфенурон, а также бупрофезин представитель производных тиадиазинов. Ювеноиды представляют производное карбаминовой кислоты – феноксикарб и пирипроксифен – производное эфиров.

3.7.1. Аналоги ювенильного гормона

Феноксикарб

Название по ИЮПАК: этил 2-(4-феноксифенокси) этил карбамат

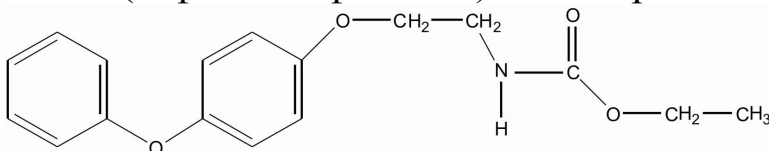
Химическая формула

$C_{17}H_{19}NO_4$;

Молекулярная масса

301,34;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $53,6^{\circ}\text{C}$ низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, толуол, н-гексан, этилацетат). Растворимость в воде при 20°C составляет 7,9 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $8,67 \cdot 10^{-04}$ МПа.

Химические свойства. Феноксикарб очень устойчив к водному гидролизу при pH от 3 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Феноксикарб неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 5,94, а T_{90} 22,4 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- этил [2-(p-(p-гидрокси фенокси)этил) карбамат;
- этил [2-(p-(p-гидроокси фенокси)фенокси)этил) карбамат).

Метаболитом в организме животных и продуктом разложения пестицида в почве является [2-[4,4-глюкорокси-фенокси)-фенокси]-этил] карбаминовой кислоты этиловый эфир.

Экотоксичность. Феноксикарб высоко токсичен для донных микроорганизмов; умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих, пчел, птиц. Препараты на основе феноксикарба для человека 3-го класса опасности.

Пирипроксифен

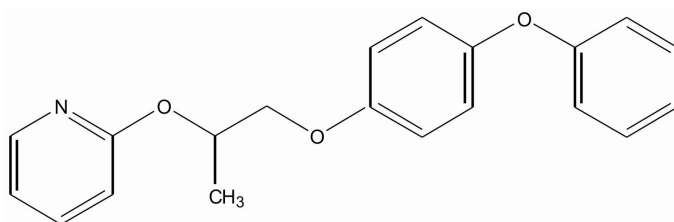
Название по ИЮПАК: 4-феноксифенил (RS)-2-(2-пиридил-окси) пропиловый эфир

Химическая формула

$C_{20}H_{19}NO_3$;

Молекулярная масса 321,37;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 49°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гептан, метанол, ацетон, этилацетат). Растворимость в воде при 20 °C составляет 0,46 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,042 МПа.

Химические свойства. Пирипроксифен очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Стабилен при 50°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пирипроксифен не устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 4,2, а T_{90} – 14,7 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-(4-гидроксифенокси)фенил (RS)-2-(2-пиридилокси) пропиловый эфир;

- (RS)-2-(2-пиридилокси)пропионовая кислота.

Метаболитами пестицида в растениях являются:

- (RS)-2-гидр-оксипропил 4-феноксифениловый эфир;

- 2-гидроксипиридин; (RS)-2-(2-пиридилокси)пропиловый спирт.

Экотоксичность. Пирипроксифен высоко токсичен для водных ракообразных; умеренно токсичен для рыб, птиц, пчел, почвенных червей, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих. Для человека препарат на основе пирипроксифена 3-го класса опасности.

3.7.2. Ингибиторы биосинтеза хитина

Дифлубензурон

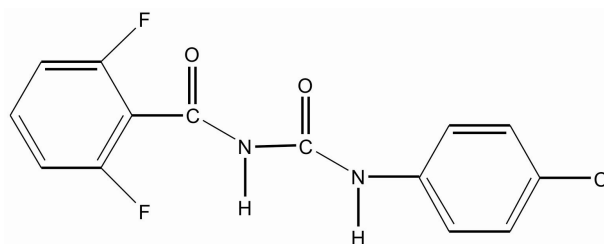
Название по ИЮПАК: 1-(4-хлорфенил)-3-(2,6-дифлубензу-рол) мочевины

Химическая формула

$C_{14}H_9ClF_2N_2O_2$;

Молекулярная масса 310,68;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсекти-

цида представляет собой белый летучий кристаллический порошок с температурой плавления 227,6°C низко растворимый в во-

де, н-гексане, толуоле, но высоко растворимого в ацетоне и метаноле. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,08 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,00012 МПа.

Химические свойства. Дифлубензурон среднеустойчивый продукт к водному гидролизу при pH от 5 до 7. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 96 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Дифлубензурон неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-хлорфенилмочевина;
- 2,6-дифлурбензойная кислота.

Метаболитами пестицида в организме животных и растений являются: 4-хлоранилины, а в организме животных – 4-хлорацетанилиды и 2,6-дифлуор производные бензоилмочевины.

Экотоксичность. Дифлубензурон высоко токсичен для водных беспозвоночных, водных ракообразных; умеренно токсичен для рыб, пчел, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих, птиц. Препараты на основе феноксикарба для человека 3-го класса опасности.

Люфенурон

Название по ИЮПАК: (RS)-1-[2,5-дихлор -4- (1,1,2,3,3,3 - гексафтор-пропокси)фенил]-3-(2,6-дифлуоробензол)мочевина

Химическая формула $C_{17}H_8Cl_2F_8N_2O_3$;

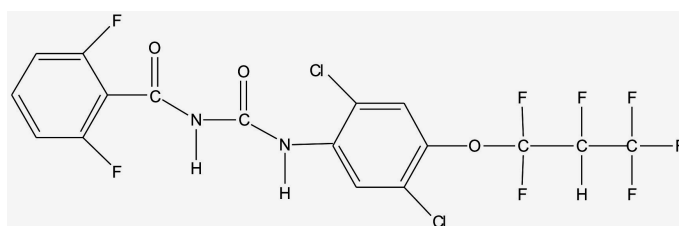
Молекулярная масса

511,16;

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество ин-



сектицида представляет собой белый летучий кристаллический порошок с температурой плавления 169,1°C низко растворимый в воде и в н-гексане, но высоко растворимый в ацетоне, этилацетате и толуоле. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,046 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $4.00 \cdot 10^{-3}$ МПа.

Химические свойства. Люфенурон очень устойчивый продукт к водному гидролизу при pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Люфенурон устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях

составляет 256 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- [2,5 – дихлор - 4 - (1,1,2,3,3,3 -гексафтор-пропокси) - фенил] - мочевины;
- 2,5-дихлор-4-(1,1,2,3,3,3-гексафтор-пропокси)-фениламин;
- 2,6-дифлуор производные бензоилмочевины.

Экотоксичность. Люфенурон высоко токсичен для водных беспозвоночных, донных микроорганизмов; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц рыб, почвенных червей и низко токсичен для пчел. Препарат на основе люфенурана для человека 3-го класса опасности.

3.8. Тиадиазины

Бупрофезин

Название по ИЮПАК: (Z)-2-три-бутилимино-3-изопропил-5-фенил-1,3,5-тиадиазинан-4-оне

Химическая формула $C_{16}H_{23}N_3OS$;

Молекулярная масса 305,44;

Структурная формула:

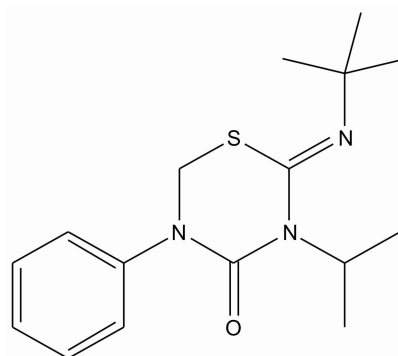
Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $105,1^{\circ}C$ низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (хлороформ, толуол, ацетон, этилацетат). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,46 мг/л. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,042 МПа.

Химические свойства. Бупрофезин очень устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 378 суток, при $pH = 5 - 51$, а при $pH = 9 - 396$ суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Бупрофезин средне устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 45,6, а $T_{90} - 155$ суток.

Основными продуктами разложения пестицида в растениях являются:

- 1-трибутил-3-изопропил-5-фенилбиурет;
- 1-трибутил-3-изопропил-5-фенил-2-биурет;
- 2-амино-2-метилпропил-2-изопропил-4-фенилаллофанат.



Метаболитами в организме растений и животных являются:

- 2- (2-гидрокси-1,1-диметилэтил) имино -3-изопропил - 5-фенил-3,4,5,6-тетрагидро-1Н-1,3,5-тиадиазин-4-one;
 - 3-изопропил-5-фенилпергидро-1,3,5-тиадиазин-2,4-дион;
- Н-изо-пропил-Н-фенилмочевина.

Экотоксичность. Бупрофезин умеренно токсичен для рыб, птиц, донных микроорганизмов, водных ракообразных и беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих, пчел, почвенных червей. Для человека препарат на основе бупрофезина 3-го класса опасности.

3.9. Карбаматы

Метомил

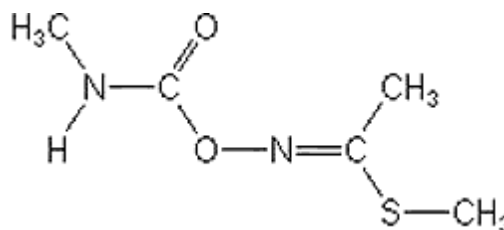
Название по ИЮПАК: *S*-метил (*EZ*)-*N* -(метилкарбамоилокси) тиацет -имидат

Химическая формула

$C_5H_{10}N_2O_2S$;

Молекулярная масса 162,21;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 79,6°C высоко растворимый в воде и органических растворителях (н-гептан, метанол, ацетон, этанол). Растворимость в воде при 20°C составляет 55000 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,72 МПа.

Химические свойства. Метомил очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7, стабилен при 20°C и pH от 5 до 7. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 9 составляет 36 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Метомил не устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в типичных условиях составляет 7 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является метомил оксим.

Метаболитами пестицида в организме животных являются:

- ацетамид;
- N-ацетил-S-[1-[[[(метиламино)карбонил]окси]имино]этил]-L-цистеин

- Е-метил N-[[[(метиламино)карбонил]окси]этанимидотиоат. Метаболитами пестицида в растениях являются:
- метил-N-[[[(гидроксиметил)амино]карбонил]окси] этанимидо-тиоатthioate;
- 9-гидрокси-6-метил-3-оксо-4-окса-7-тия-2,5-диазадек-5-ен-10-кислоты;
- 2-метил-4-триазол метанол.

Экотоксичность. Метомил высоко токсичен для птиц, млекопитающих, пчел, донных микроорганизмов, водных ракообразных и беспозвоночных; умеренно токсичен для рыб, почвенных червей. Для человека препарат на основе метомила 2-го класса опасности.

3.10. Окадиазины

Индоксакарб

Название по ИЮПАК: метил(S) – N – [7-хлор-2,3,4а,5 – тетрагидро -4а - (метокси-карбонил)индено[1, 2-е] [1,3,4] оксадиазин-2-илкарбонил] -4'- (трифторметокси) карбанилат

Химическая формула



Молекулярная масса 527.83

Структурная формула:

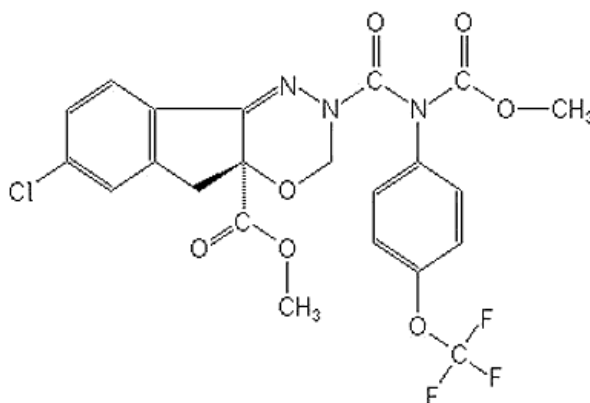
Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления 88,1°C низко растворимого в воде и высоко растворимый в органических растворителях (гептан, этилацетат, ацетон, ксилол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,2 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,006 МПа.

Химические свойства. Индоксакарб не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 22, а при pH = 9 – 0,3 суток. Инсектицид стабилен при pH = 5.

Превращение в объектах окружающей среды. Индоксакарб не устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 20 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- метил -7 -хлор- 2,5 -дигидро -2- [[[трифторметокси)фенил]



амино] карбонил] индено[1,3,4]оксадиазин-4а(3Н)-карбоксилат;
 - (Е) -метил 5- хлор- 2,3- дигидро-2- гидроксид-1 - [[[метокси-карбонил) [4 - трифторметокси)фенил] амино]карбонил] гидразон] -1Н-инден-2-карбоксилат;
 - (4- трифторметокси)фенил мочевины;
 - 1,3-дигидро-5-(трифторметокси)-2Н-бензимидазол-2-one;
 - 7-хлор - 2, 4- дигидро-4- [4(трифторметокси)фенил] 3Н-индено [2,1-е] -1, 2, 4-триазин-3-one;
 - метил 5-хлор-2,3- дигидро-2- гидроксид-1- [[[[4- трифторметокси)фенил] амино] карбонил] гидразон] -1Н- инден-2- карбоксилат;
 - метил [4-(трифторметокси)фенил]карбаматы;
 - натрий 7- хлор- 2,5,- дигидро- 2- [[метоксикарбонил) [4(трифтор-метокси) фенил] амин] карбонил]индено [1,2-е][1,3,4]оксадиазин- 4а(3Н)- карбоксилат.

Экотоксичность. Индоксакрб высоко токсичен для птиц, пчел; умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных и почвенных червей. Для человека препараты на основе индоксакрба 3-го класса опасности.

3.11. Пиридазины (производные пиридазина)

Пиридабен

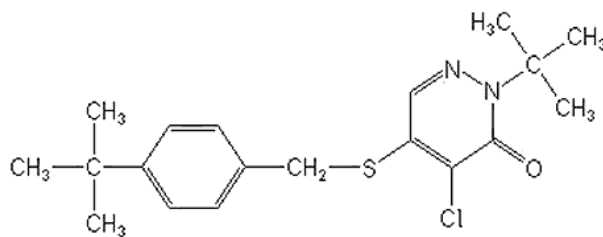
Название по ИЮПАК: 2 - трибутил-5-(4-трибутилбензилтио) – 4 - хлорпиридазин-3(2Н)-one

Химическая формула

$C_{19}H_{25}ClN_2OS$;

Молекулярная масса 364,93;

Структурная формула:



Физические свойства. Дейст-

вующее вещество инсектицида представляет собой белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 109,4°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ксилол, ацетон, метанол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,022 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,001 МПа.

Химические свойства. Пиридабен очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Стабилен при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пиридабен не устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых усло-

виях составляет 29, а T_{90} – 188 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-трибутил-5-(4-(1-карбокси-1-метилэтил)бензилтио)4-хлорпиридазин-3 (2H)-one;
- 2-трибутил-4-хлорпиридазин-3(2H)-one-5-сульфоновая кислота.

Экотоксичность. Пиридабен высоко токсичен для рыб, пчел, донных микроорганизмов, водных ракообразных и беспозвоночных; умеренно токсичен для млекопитающих, почвенных червей и низко токсичен для птиц. Для человека препарат на основе пиридабена 3-го класса опасности.

3.12. Антраниловые диамиды

Хлорантранилипрол

Название по ИЮПАК: 3 – бром - 4' – хлор -1- (3- хлор- 2- пиридил) -2'- метил - 6'-(метилкарбамоил) пиразол-5-карбоксанилид

Химическая формула

$C_{18}H_{14}BrCl_2N_5O_2$;

Молекулярная масса

483,15;

Структурная формула:

Физические свойства.

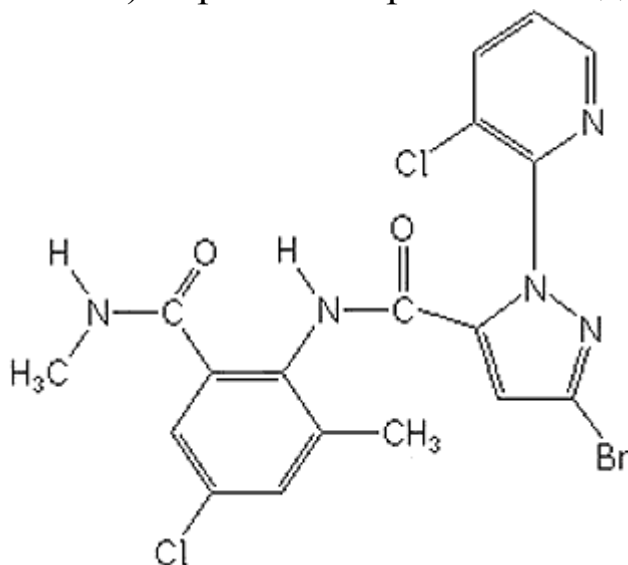
Действующее вещество инсектицида представляет собой почти белый не летучий порошок с температурой плавления $209^{\circ}C$ низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях

(метанол, этилацетат, ацетон, ксилол). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 1,02 мг/л. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $6,3 \cdot 10^{-09}$ МПа.

Химические свойства. Хлорантранилипрол устойчив к водному гидролизу.

Преобразование в объектах окружающей среды. Хлорантранилипрол устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 210 суток.

Экотоксичность. Хлорантранилипрол высоко токсичен для



водных беспозвоночных; умеренно токсичен для рыб, пчел, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих и птиц. Для человека препарат на основе хлорантранилипрола 3-го класса опасности.

3.13. Пиразолы

Фенпироксимат

Название по ИЮПАК: трибутил (E) - α - (1,3 - диметил - 5 - феноксипиразол - 4 - илметиленаминоокси-р-толуат

Химическая формула $C_{20}H_{33}NO$;

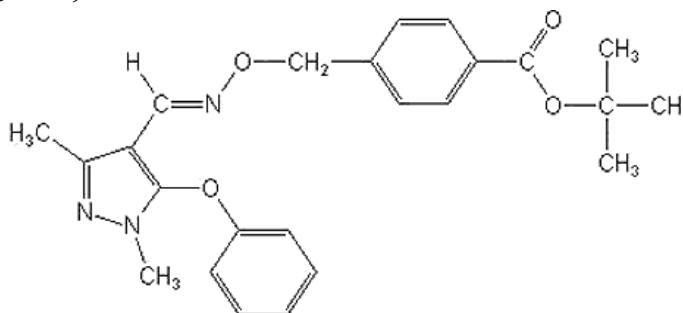
Молекулярная масса

421,49;

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество акарицида представляет собой белый летучий по-



рошок с температурой плавления 100°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (метанол, этанол, ацетон, ксилол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,023 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,01 МПа.

Химические свойства. Фенпироксимат устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 226 суток, при 20°C и pH = 5 – 180, а при 20°C и pH = 9 – 221 сутки.

Превращение в объектах окружающей среды. Фенпироксимат не устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 4,3 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- (E) - 4 - [(1,3 - диметил- 5- феноципиразол- 4 - ил) метиленаминоокси-метил] бензойная кислота;

- 1,3-диметил-5-феноксипиразол-4-карбонитрил.

Экотоксичность. Фенпироксимат высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, почвенных червей, донных микроорганизмов. Для человека препарат на основе фенпироксимата 3-го класса опасности.

3.14. Тетразины

Клофентезин

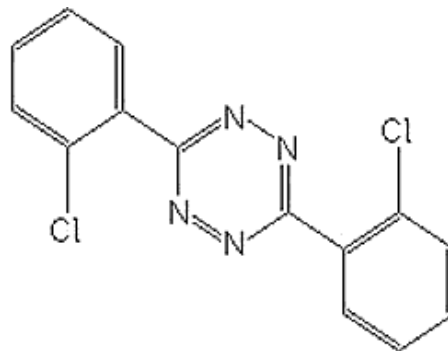
Название по ИЮПАК: 3,6-бис(2-хлорфенилы)-1,2,4,5-тетразин

Химическая формула

$C_{14}H_8Cl_2N_4$;

Молекулярная масса 303,15;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество инсектицида представляет собой сиреневого цвета летучий кристаллический продукт с температурой плавления $183^{\circ}C$ низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ксилол, метанол, ацетон, этилацетат). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,002 мг/л. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $1,40 \cdot 10^{-03}$ МПа.

Химические свойства. Клофентизин не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза в воде (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 1,43 суток, при $pH = 5 - 10,4$ суток, а при $pH = 9 - 4,3$ ч.

Превращение в объектах окружающей среды. Клофентизин средне устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 35,8 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-хлорбензойная кислота;
- гидразид-гидразона.

Метаблитами в растениях являются:

- дигидро-клофентазин;
- 2-хлорбензиловый спирт;
- 2-хлорбензонитрил;
- 2-хлорпроизводные бензоилмочевины.

Метаблитами в организме животных являются:

- 4-гидокси-клофентазин;
- 3- гидокси-клофентазин;
- 5- гидокси-клофентазин.

Экотоксичность. Клофентизин высоко токсичен для рыб и водных беспозвоночных; умеренно токсичен для пчел, донных микроорганизмов и низко токсичен для птиц и млекопитающих. Для человека препарат на основе клофентизина 3-го класса опасности.

Дифловидазин

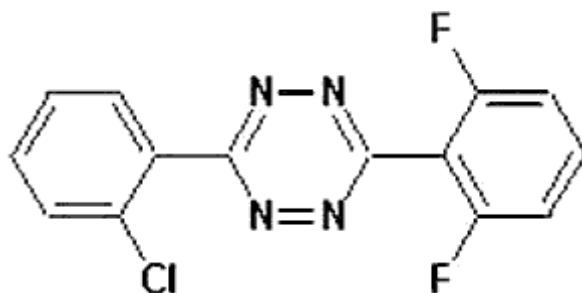
Название по ИЮПАК 3-(2-хлорфенил)-6-(2,6-дифторфенил)-1,2,4,5-тетразин

Химическая формула

$C_{14}H_7ClF_2N_4$;

Молекулярная масса (г/моль)
304.69;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество пред-

ставляют собой кристаллический летучий продукт сиреневого цвета с температурой плавления $188^{\circ}C$, низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, гексан). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,23 мг/л. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,01 МПа.

Химические свойства. Дифловидазин очень устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$. Стабильный при pH от 1 до 7. T_{50} при $pH = 9$ и $25^{\circ}C$ составляет 2,5 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Дифловидазин средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 73,0 суток.

Экотоксичность. Дифловидазин умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, пчел, почвенных червей и низко токсичен для рыб. Препарат на основе дифловидазина для человека 3-го класса опасности.

3.15 Производные сульфокислот

Пропаргит

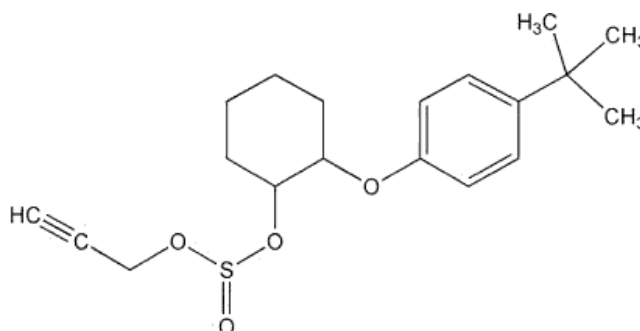
Название по ИЮПАК: 2-(4-три-бутилфенокси)циклогексил проп-2-инил сульфит

Химическая формула

$C_{19}H_{26}O_4S$;

Молекулярная масса 350,47;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество акарицида представляет собой тем-

ную желто-коричневую вязкую летучую жидкость низко растворимую в воде и высоко растворимую в органических растворителях (н-гексан, дихлорметан, ацетон, толуол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,215 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,004 МПа.

Химические свойства. Пропаргит средне устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 64,8 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Пропаргит средне устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 41, а T_{90} – 273 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является ТВРС. В организме животных – ТВРС-диол; НОМе-ТВРС.

Экотоксичность. Пропаргит высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для птиц, пчел, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих и донных микроорганизмов. Для человека препараты на основе пропаргита 3-го класса опасности.

3.16. Хинозолины

Феназахин

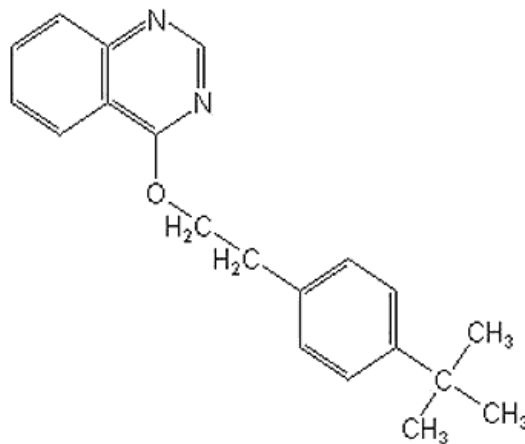
Название по ИЮПАК: 4-три-бутилфенэтил квиназолин-4-ил эфир

Химическая формула $C_{20}H_{22}N_2O$;

Молекулярная масса 306,40;

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество акарицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт с температурой плавления 80,5°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (метанол, дихлорметан, ацетон, толуол). Растворимость в воде при 20°C составляет 0,102 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $1,90 \cdot 10^{-02}$ МПа.



Химические свойства. Феназахин устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 130 суток, при 20°C и pH = 5 – 9,6, а при 20°C и pH = 9 – 219 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Феназахин

средне устойчив в почве. Период распада (T_{50}) в почве в полевых условиях составляет 30,5, а T_{90} – 101,3 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-гидроксиквиназолин;
- 4-три-бутилфенилэтиловый спирт;
- 4-(1,1-диметилэтилэтил) бензен этанол.

Продуктами разложения пестицида в почве и растениях – 2-(4-три-бутилфенил) этанол, а в почве и воде – 4-(2-(4-(1,1-диметил этаноловая кислота)фенил) этокси) квиназолин.

Экотоксичность. Феназахин высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, почвенных червей. Для человека препарат на основе феназахина 2-го класса опасности.

3.17. Родентициды

Бродифакум

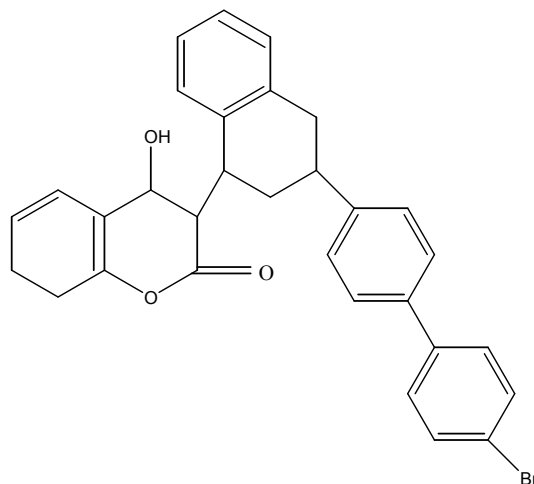
Название по ИЮПАК 3 - [(1*RS*, 3*RS*; 1*RS*, 3*SR*)- 3- (4'- бромоби-фенил- 4-ил) - 1, 2, 3, 4- тетрагидро-1-нафтил]-4-гидрокси-кумарин

Химическая формула $C_{31}H_{23}BrO_3$;

Молекулярная масса 523,4;

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $230^{\circ}C$, низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (хлороформ, этилацетат, бензин, ацетон). Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,0038 мг/л. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,13 МПа.



Химические свойства. Бродифакум среднеустойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 30 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Бродифакум устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 157 суток.

Экотоксичность. Бродифакум высоко токсичен для млеко-

питающих, птиц, рыб; среднетоксичен для водных беспозвоночных. Препараты на основе бродифакума для человека 1-го, 2-го и 3-его классов опасности.

Бромадиолон

Название по ИЮПАК: 3- [(1*RS*, 3*RS*; 1*RS*, 3*SR*) - 3- (4'- бром - бифенил- 4-ил) - 3- гидроксипропил] - 4-гидроксикумарин

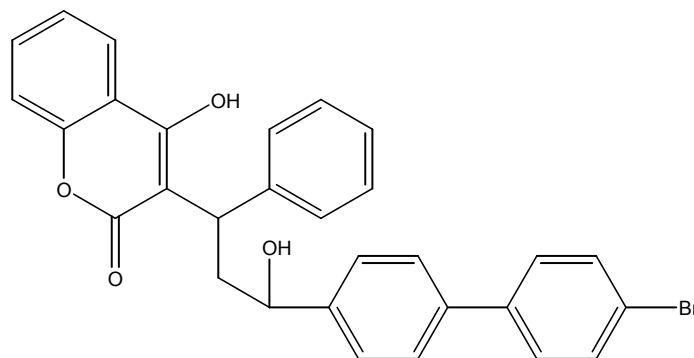
Химическая формула

$C_{30}H_{23}BrO_4$;

Молекулярная масса 527,40;

Физические свойства. Действующее вещество представляет собой белый среднетучный порошок без запаха с температурой плавления

199°C, низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, этилацетат, этанол, ацетон). Растворимость в воде при 20°C составляет 18,4 мг/л. Давление паров при 25°C составляет $2,13 \cdot 10^{-05}$ МПа.



Химические свойства. Бромадиолон среднеустойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 30 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Бромадиолон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 4,6 суток.

Основными продуктами распада пестицида в почве являются:

- 3- [(1*RS*)- 3- (4'- бромбифенил- 4- ил)- 3- оксо- 1- феннилпропил] - 4-гидроксикумарин-2-он;
- (1*RS*,3*RS*) -5- (4'- бромбифенил- 4-ил)- 1,3- дифенилпентан-1-ол;
- (1*RS*,3*RS*,5*RS*) -1 - (4'- бромбифенил- 4- ил)- 3,5- дифенилпентан-1,5-диол

Экотоксичность. Бромадиолон высоко токсичен для млекопитающих, почвенных червей; среднетоксичен для птиц, рыб, водных беспозвоночных. Препараты на основе бромадиолона для человека 1-го и 2-го классов опасности.

Изопропилфенацин

Название по ИЮПАК: 2-(α -фенил-изопропилфенил)-ацетил-индан-1,3-дион

Химическая формула $C_{26}H_{22}O_3$;

Молекулярная масса 382,15;

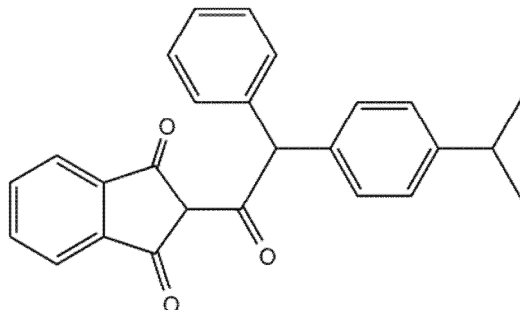
Структурная формула:

Физические свойства. Дейст-

вующее вещество представляет собой твердое вещество желто-оранжевого цвета. Температура плавления 148°C , кипения – более 350°C . Хорошо растворим в большинстве органических растворите-

лей (ацетоне, этаноле, диэтиловом эфире). Низко растворим в воде ($0,3 \text{ мг/л}$). Давление паров при 25°C составляет $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}$.

Биологическая активность вещества определяется наличием орто-, мета- и пара- изомеров. Неизбежные примеси в техническом родентициде являются неактивными компонентами. Препараты на основе изопропилфенацина для человека 2-го класса опасности.



Трифенацин

Смесь дифенацина, этилфенацина и диэтилфенацина. Основным компонентом смеси (не менее 70%) является дифенацин (дифа-цинон) – 2-(дифенилацетил)-индан-1,3-дион.

Химическая формула $C_{23}H_{16}O_3$;

Молекулярная масса 340

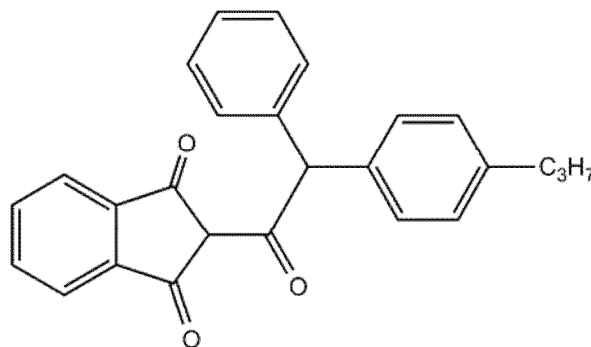
Структурная формула:

Физические свойства.

Дифенацин – твердое вещество светло-желтого цвета с температурой плавления $145-147^{\circ}\text{C}$ низко растворимое в воде, но высоко растворимое в органических

растворителях. Давление паров при 25°C составляет $1,37 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}$. Растворимость в воде при 20°C составляет $0,3 \text{ мг/л}$.

Химические свойства. В течение 14 суток стабилен при pH от 6 до 9, при pH = 4 гидролизуется. На солнечном свете в воде быстро разлагается. Препарат на основе трифенацина для человека 2-го класса опасности.



Флокумафен

Название по ИЮПАК: 4 - Гидрокси- 3- [1, 2, 3, 4-тетрагидро-3 - [4- (4 -трифтор-метилбензилокси)фенил] - 1-нафтилкумарин

Смесь (1R, 3R)- и (1R, 3S)-

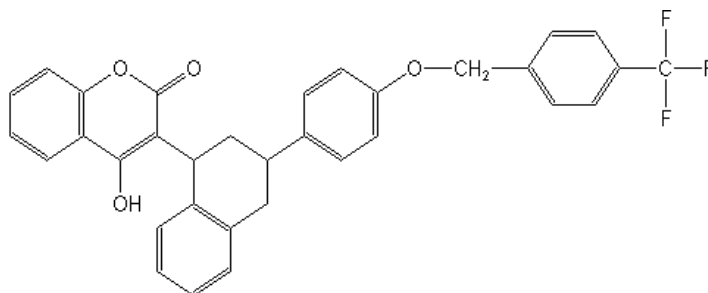
изомеров в соотношениях
60:40+40:60

Химическая формула

$C_{33}H_{25}F_3O_4$;

Молекулярная масса 542,6.

Структурная формула:



Физические свойства. Флокумафен представляет собой белое порошкообразное вещество с температурой плавления: цис-изомера 181-191°C, а транс-изомера 163-166°C, низко растворимое в воде. Растворимость в воде при 20°C составляет 1,1 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 133 МПа.

Химические свойства. При 50°C устойчив 4 недели. Вещество гидролитически устойчиво при нормальных условиях. При сжигании флокумафен разлагается с образованием токсичных и едких паров, в том числе монооксида углерода и фтористого водорода. Препарат на основе флокумафена для человека 1-го класса опасности.

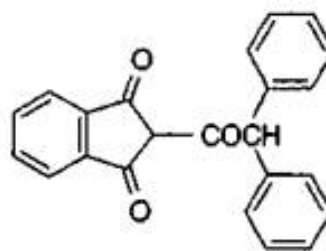
Этилфенацин

Название по ИЮПАК: 2- [альфа- (4- этилфенил)- альфа- фенил-ацетил] - индан- 1,3-дион

Молекулярная формула $C_{25}H_{20}O_3$;

Молекулярная масса 368,12;.

Структурная формула:



Физические свойства. Этилфенацин — смесь орто-, мета- и параизомеров. Действующее вещество — алкилпроизводное дифенацина — кристаллическое вещество светло-желтого цвета с температурой плавления 180- 181°C, имеет цветочный запах. В воде этилфенацин практически нерастворим, хорошо растворим во многих органических растворителях (ацетоне, этаноле, диэтиловом эфире и других). Растворимость в воде при 20°C составляет $1,29 \cdot 10^{-3}$ мг/л.

Технический продукт содержит около 70-80% действующего вещества и представляет собой красно-бурую жидкость вязкой смолоподобной консистенции.

Контрольные вопросы

1. Укажите основные продукты деградации фипронила в почве и растениях.
2. Укажите основные продукты деградации бенсултапа в почве и растениях.
3. Укажите основные продукты деградации производных бензоилмочевины в почве и растениях.
4. Укажите основные продукты деградации производных сульфокислот в почве и растениях.
5. Дайте оценку степени опасности фипронила и бенсултапа для энтомофагов и насекомых-опылителей.
6. Какова стойкость в почве авермектинов?
7. Какова стойкость в почве феноксикарба пирипроксифена и дифлубензурана?
8. Какова стойкость в почве бупрофезина, метомила и индоксикарба?
9. Дайте оценку степени опасности авермектинов для энтомофагов и насекомых-опылителей.
10. Дайте оценку степени опасности феноксикарба пирипроксифена и дифлубензурана для энтомофагов и насекомых-опылителей.
11. Дайте оценку степени опасности бупрофезина, метомила и индоксикарба для энтомофагов и насекомых-опылителей.

ГЛАВА 4. ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ФУНГИЦИДОВ

В результате изучения материала главы студент должен знать: классификацию, физико-химические и токсикологические свойства основных групп фунгицидов, а также условия и технологии их внесения в агроценоз.

Современные средства защиты растений от возбудителей болезней позволяют эффективно ограничивать вредоносность различных видов фитопатогенов не только в период вегетации культур, но и до посева или посадки. Это стало возможным в связи с тем, что ассортимент фунгицидов формируется из веществ различных классов органических и неорганических соединений с отличающимися механизмами действия на фитопатогены и способными подавлять жизнедеятельность возбудителей болезней на разных стадиях их развития до и/или после заражения растений.

4.1. Классификация фунгицидов

Фунгициды классифицируют по различным принципам:

1. По происхождению (природе веществ), классам и группам химических соединений, производными которых они являются;
2. По характеру распределения фунгицидов на растениях и механизму действия на фитопатогенов и некоторым другим свойствам.

Перечень названий действующих веществ фунгицидов и группам химических соединений представлен в таблице 7.

В зависимости от характера распределения фунгицидов на защищаемых растениях их подразделяют на фунгициды контактные, системные и трансламинарные (локосистемные).

Контактные фунгициды – вещества, не проникающие в растения и вызывающие угнетение или гибель патогена при непосредственном контакте с ним до проникновения возбудителя в растение. Высокая биологическая эффективность контактных фунгицидов достигается тщательным распределением препарата по защищаемому растению (полное покрытие). Контактные фунгициды должны по возможности образовывать сплошную плёнку на поверхности растений.

Таблица 7 – Действующие вещества фунгицидов по группам химических соединений

Группы химических соединений		Действующие вещества фунгицидов
1		2
Анилинопиримидины		ципродинил
Аналоги стробилуринов		азоксистробин, трифлуксистробин, крезоксим-метил, димоксистробин, пикоксистробин, пираклостробин, флуоксастробин
Бензимидазолы		беномил, карбендазим, тиабендазол, тиофанат-метил
Дикарбоксимиды		ипродион, процимидон
Дитиокарбаматы		тирам, метирам, манкоцеб, цинеб
Имидазолы		имазалил, прохлораз, фенамидон
Карбоксимиды		боскалид
Карбаматы		пропамокарб гидрохлорид
Квиноны		дитианон
Квиназолиноны		проквиназид
Манделамиды		мандипропамид
Морфолины		диметоморф, спироксамин
Неорганические соединения	меди	меди сульфат, меди сульфат трехосновной, меди гидроокись, меди хлорокись
	серы	сера
Оксазолы		гимексазол, фамоксадон
Оксатиины		карбоксин
Пиперазины		трифорин
Пиразолы		биксафен
Пиримидины		фенаримол
Производные бензоилмочевины		флуопиколоид
Триазолинтионы		протиоконазол
Триазолы		диниконазол, дифеноконазол, ипконазол, метконазол, пенконазол, пропиконазол, тебуконазол, тетраконазол, триадимефон, тритиконазол, флутриафол, ципроконазол, эпоксиконазол, бромуконазол,
Фениламины		металаксил, мефеноксам
Фенилпиридинамины		флуазилам
Фенилпирролы		флудиоксонил
Фосфорорганические соединения		алюминия фосэтил
Фталимины		каптан
Хлорнитрилы		хлоротоланил
Цианоацетамид оксимы		цимоксанил

При необходимости защиты растущих растений, когда с течением времени происходит увеличение поверхности листовых пластинок, плодов, образование новых побегов и листьев, высокий эффект обеспечивается проведением повторных обработок.

Контактные фунгициды, как правило, предотвращают заражение растений возбудителем и развитие болезни, но неспособны подавить жизнедеятельность возбудителя после его внедрения в растительные ткани. Такие фунгициды считаются препаратами защитного действия и их применяют в периоды, предшествующие массовому распространению инфекции.

Важным достоинством контактных фунгицидов является свойство препаратов подавлять несколько жизненно важных систем патогенов, что позволяет препятствовать формированию их резистентных популяций. Поэтому и в настоящее время контактные фунгициды с множественным механизмом действия являются необходимым звеном в системе мероприятий, обеспечивающих как профилактику появления, так и ограничения вредоносности резистентных популяций фитопатогенов.

Системные фунгициды – это мобильные вещества, которые после нанесения на растение проникают через кутикулу, паренхиму в сосудистые пучки, и в большинстве случаев в ксилему, где с транспирационным током распределяются акропетально по всем органам растения. Из-за такого механизма транспорта, зависящего от транспирационной силы, иногда получается неравномерное распределение токсикантов по листьям растений, особенно на их краях. В современном ассортименте фунгицидов есть действующие вещества (*алюминия фосэтил, металаксил*), которые транспортируются в растениях акропетально и базипетально с ассимиляционным током по флоэме. Системные фунгициды не требуют равномерного распределения по поверхности растений. При нанесении системных фунгицидов на семена они создают токсическую для патогенов концентрацию во всем развивающемся растении в течение длительного времени.

Трансламинарные (локосистемные) фунгициды. Многие фунгициды после нанесения на растение быстро проникают через эпидермис в паренхиму передвигаются по апопласту, проявляя трансламинарную (глубинную) подвижность или перераспределение. Преимущество трансламинарных (локосистемных) фунгицидов перед контактными состоит в том, что они меньше подвергаются влиянию абиотических факторов. Их распределение по поверхности растений должно быть равномерным и по возможности сплошным. Вновь растущие органы ими не защищаются.

В зависимости от характера воздействия на возбудителей болезней фунгициды подразделяют на две группы – защитные (профилактические) и искореняющие (лечащие, куративные).

Защитные фунгициды предотвращают заражение патогеном растений. Они действуют в основном на репродуктивные органы возбудителя, подавляя, прорастание спор (конидий), развитие и рост инфекционных трубочек, формирование аппрессориев. Защитные препараты не способны подавить возбудителя болезни после проникновения его в растительные ткани. Эту группу фунгицидов формируют малоподвижные в растениях контактные препараты.

Искореняющие фунгициды (лечащие, куративные) действуют как на вегетативные, так и репродуктивные органы возбудителей болезней, вызывая гибель патогенов, находящихся на поверхности покровов растений и/или внутри растительных тканей.

4.2. Неорганические соединения меди

В практике защиты сельскохозяйственных культур от возбудителей болезней медный купорос и его препараты применяются уже более 100 лет.

Меди сульфат

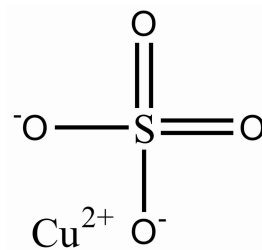
Название по ИЮПАК: тетракоппергексагидросид сульфат семи гидрат

Химическая формула $\text{Cu}_4\text{H}_7\text{O}_{10.5}\text{S}$;

Молекулярная масса 461,3;

Структурная формула:

Физические свойства. Сине-зеленый не летучий порошок, низко растворимый в воде и органических растворителях. Давление паров при 25°C составляет $3,40 \cdot 10^{-10}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 3,42 мг/л.



Химические свойства. Вещество очень устойчиво к гидролизу в водных растворах.

Поведение в окружающей среде. Вещество очень устойчиво в почве. Медь не может деградировать. Препараты меди могут оказывать на растения фитотоксическое действие. Они стабильны во внешней среде, активно переходят из воды и почвы в растения

и другие организмы, могут передвигаться по почвенному профилю и загрязнять водоисточники. Длительное применение соединений меди в одних и тех же агроэкосистемах приводит к загрязнению почвы и воды медью и нарушает процессы минерализации органических веществ из-за фунгицидного и бактерицидного действия.

Экотоксичность. Меди сульфат высоко токсичен для птиц, умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, пчел, почвенных червей. Для человека фунгициды на основе меди сульфат 2-го и 3-го классов опасности.

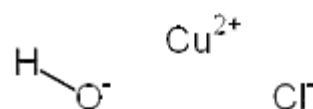
Меди хлорокись

Название по ИЮПАК: дикупрум хлорид триоксид;

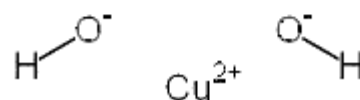
Химическая формула; $(\text{ClCu}_2\text{H}_3\text{O}_3)_2$;

Молекулярная масса 427,14;

Структурная формула:



Физические свойства. Синие-зеленый порошок, низко растворимый в воде и органических растворителях. Давление паров при 25°C составляет 0,00001 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1,19 мг/л.



Химические свойства. Вещество очень устойчиво к гидролизу в водных растворах.

Поведение в окружающей среде. Вещество очень устойчиво в почве. Медь не может деградировать.

Экотоксичность. Меди хлорокись умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, пчел, почвенных червей. Для человека фунгициды на основе меди хлорокись 3-го класса опасности.

Сера

Название по ИЮПАК: сера

Физические свойства. Желтый летучий порошок с температурой плавления 117°C низко растворимый в воде, хорошо в органических растворителях. Давление паров при 25°C составляет 0,098 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,063 мг/л,

Химические свойства. Вещество очень устойчиво к гидролизу в водных растворах.

Превращение в окружающей среде. Вещество не устойчиво в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет от 6 до 64 суток.

Экотоксичность. Сера высоко токсична для рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсична для млекопитающих, птиц, пчел и низко токсична для водных ракообразных, почвенных червей.

При температуре $+35^{\circ}\text{C}$ и выше препараты серы проявляют фитотоксичное действие. Особенно чувствительны к ним крыжовник, малина, тыквенные культуры. У них возможны ожоги, огрубление и ломкость листьев, а иногда и их опадение. Для человека фунгициды на основе серы 2-го и 3-го класса опасности.

4.3. Производные дитиокарбаминовой кислоты

Фунгициды данной группы составляют диметилдитиокарбаматы, представителем которых является *тирам* и этиленбисдитиокарбаматы из которых наиболее известными в практике защиты растений являются *манкоцеб*, *цинэб* и *метирам*.

Препараты этой группы веществ, проявляя сродство к липидам, хорошо проникают через клеточные оболочки или мембраны патогена и нарушают различные биохимические процессы в результате ингибирования ферментов, содержащих SH-группы или атом меди.

Невысокая растворимость дитиокарбаматов в органических растворителях и воде, а также низкий коэффициент перераспределения их в системе октанол-вода не позволяют им проникать в растения в фунгицидных количествах и передвигаться по ним.

В почве, на растениях, в воде дитиокарбаматы разрушаются до летучих токсичных продуктов (сероуглерод, сероводород, метиламин, метилтиоизоцианат) и более стойких токсичных и опасных метаболитов (тетраметилтиурам моно- и дисульфид, тетраметилтиурамтиомочевина, этиленттиомочевина), сохраняющихся в объектах окружающей среды в среднем 1,5-2 месяца.

Название по ИЮПАК:
тетраметилтиурам ди-
сульфид

Химическая формула

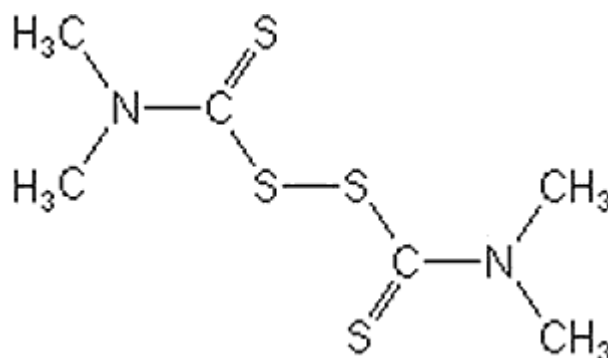
$C_6H_{12}N_2S_4$;

Молекулярная масса

240,43;

Структурная формула:

Тирам



Физические свойства.

Светло-желтый летучий порошок с температурой плавления 145 °С низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (этилацетат, ацетон, гексан, ксилол). Давление паров при 25°С составляет 2,3 МПа. Растворимость в воде при 20°С составляет 16,5 мг/л.

Химические свойства. Тирам неустойчив в нейтральной и щелочной средах, но стабилен в кислой среде. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°С и pH = 7 составляет 3,5 суток, при pH = 5 – 68,5 суток, а при pH = 9 – 6,9 ч.

Превращение в окружающей среде. Тирам неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 15 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является N,N диметил карбосульфоновая кислота

Экотоксичность. Тирам высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, почвенных червей. Для человека препараты на основе тирама 3-го класса опасности.

4.4. Этиленбисдитиокарбаматы

Вещества данной группы, проникая в клетки патогена, дезактивируют ферменты, содержащие сульфогидрильные группы, которые участвуют в многочисленных реакциях биосинтеза и транспорта веществ в протоплазме. Они также инактивируют ферменты, отвечающие за биосинтез АТФ, превращение глюкозы в пировиноградную кислоту, аминокислот и жирных кислот в ацетилкофермент Ф в процессах дыхания. Такое многочисленное воздействие на уровне клетки значительно уменьшает возможность отбора естественных мутантов в природных популяциях патогенов.

Манкоцеб

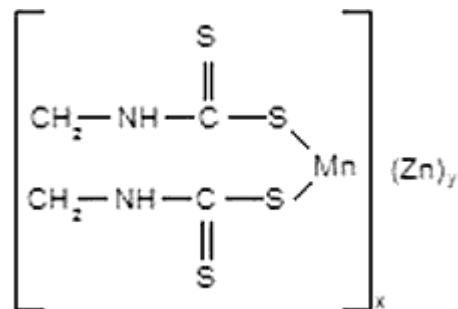
Название по ИЮПАК: марганец этиленбис (диметилдитиокарбаматы) (полимерный) комплекс с цинковой солью

Химическая формула $(C_4H_6MnN_2S_4)_x$ х $(Zn)_y$;

Молекулярная масса 271,3

Структурная формула:

Физические свойства. Серо-желтого цвета летучий порошок низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях. Давление паров при 25°C составляет 0,013 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 6,2 мг/л.



Химические свойства. Манкоцеб неустойчив в кислой, нейтральной и щелочной средах. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 1,3 суток, при pH = 5 – 2-36 ч, а при pH = 9 – 15 ч.

Превращение в окружающей среде. Манкоцеб неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 18 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- этилентииомочевина;
- этиленмочевина;
- этилен бисизотиоцианат сульфид;
- этилен тиурам дисульфид.

Экотоксичность. Манкоцеб высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для птиц, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих, пчел. Для человека препараты на основе манкоцеба 2-го класса опасности.

Метирам

Название по ИЮПАК: цинка аммоний этиленбис поли (этилен тиурам дисульфид).

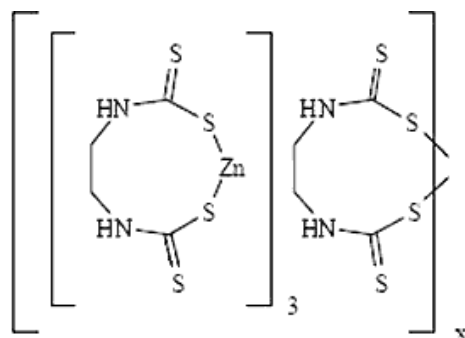
Химическая формула

$(C_{16}H_{33}N_{11}S_{16}Zn_3)_x$;

Молекулярная масса (1088,6)х

Структурная формула:

Физические свойства. Желтого цвета летучий порошок с темпера-



турой плавления 156°C низко растворимый в воде, но умеренно растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,01 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2 мг/л.

Химические свойства. Метирам неустойчив в кислой, нейтральной и щелочной средах. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 0,7 суток, при pH = 5 – 22,5 ч, а при pH = 9 – 4,8 суток.

Поведение в окружающей среде. Метирам неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 7, а T_{90} – 14 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- этилентиомочевина;
- этиленмочевина;
- этилен бисизотиоцианат сульфид;
- карбамид;
- этилен тиурам дисульфид;
- TDIT.

Экотоксичность. Метирам умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, пчел, почвенных червей; низко токсичен для птиц, млекопитающих. Для человека препараты на основе метирама 2-го класса опасности.

4.5. Фенилпирролы

В ассортименте химических средств защиты растений от возбудителей болезней фенилпирролы представлены препаратами на основе одного действующего вещества – *флудиоксонил*.

Флудиоксонил

Название по ИЮПАК: 4-(2,2-дифтор-1,3-бензодиоксол-4-ил)-1H-пиррол-3-карбонитрил

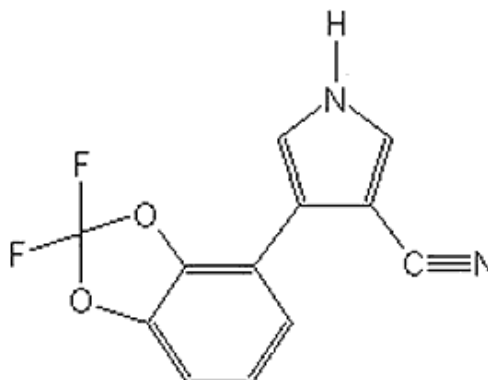
Химическая формула $C_{12}H_6F_2N_2O_2$:

Молекулярная масса 248,19;

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой желтый кристаллический летучий продукт с температурой плавления 199,8°C



низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, толуол, октанол). Давление паров при 25°C составляет $3,90 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1,8 мг/л.

Химические свойства. Флудиоксанил устойчив к водному гидролизу при pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Флудиоксанил неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 20,5 суток.

Основными продуктами разложения в почве являются:

- 3-карбамоил- 2 - циано- 3- (2,2 – дифтор –бензол [1,3] диоксол-4-ил)- оксирани – 2 -циклокар-боновая кислота;
- (2,2-дифтор-бензо(1,3)диоксол- 4- циклокарбоновая кислота;
- 4 - (2,2-дифтор-бензол[1,3] диоксол- 4-ил)-2,5-диоксо- 2,5-дигидро - 1Н-пиррол - 3-карбо-нитрил.

Метаболитами в организме животных являются:

- 2- (2,2- дифтор-бензол [1,3]диоксол- 4-ил)- 2- гидрокс-ацетамид;
- 4 - (2,2-дифтор- бензол[1,3] диоксол - 4-ил)- 5-гидрокси-2 - оксо-2,5 - дигидро- 1Н -пиррол-3-карбонитрил.

Экотоксичность. Флудиоксанил умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе флудиоксонила для человека 3-го класса опасности.

4.6. Производные бензоилмочевины (бензамиды)

Флуопиколид

Название по ИЮПАК: 2,6-дихлор-*N*-[3-хлор-5-(трифторметил)-2-пиридил-метил]

Химическая формула

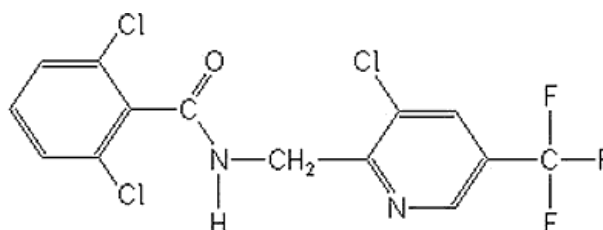
$C_{14}H_8Cl_3F_3N_2O$;

Молекулярная масса 383,58

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой бежевого цвета летучий продукт с температурой плавления 150°C низко



растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, толуол, ацетон, этанол). Давление паров при 25°C составляет $3.03 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2,8 мг/л.

Химические свойства. Флуопиколоид очень устойчив к водному гидролизу.

Превращение в объектах окружающей среды. Флуопиколоид устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 138,8, а T_{90} – 720 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4- N- [3- хлор- 5- трифторметилпиридин- 2- ил- (гидроксил)метил] -2,6- дихлор;
- 3 -хлор- 5- трифторметилпиридин- 2- карбоксилловая кислота;
- 3 -сульфо- 5- трифторметилпиридин- 2- карбоксилловая кислота;
- 3-метил-5-(трифторметил) пиридин-2-ол;
- 3,5-дихлор-4-[3-хлор-5-трифторметилпиридин-2-ил-метил] карбамоил] бензенесульфоновая кислота.

Метаболитами пестицида в растениях и животных являются:

- 2,6 - дихлор- N- ((3- хлор- 5- трифторметилпиридин- 2- ил)метил) -3- гидроксипроизводные бензоилмочевины;
- 2,6-дихлор-3-гидроксипроизводные бензоилмочевины.

Экотоксичность. Флуопиколоид умеренно токсичен для пчел, рыб водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих, птиц и донных микроорганизмов. Препараты на основе флуопиколоида для человека 3-го класса опасности.

4.7. Хлорнитрилы

Хлороталонил

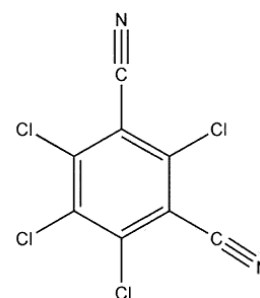
Название по ИЮПАК: тетрахлоризофталонитрил

Химическая формула $C_8Cl_4N_2$;

Молекулярная масса 265,91

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый



кристаллический летучий продукт с температурой плавления 252,1°C низко растворимый в воде, но высоко в органических растворителях (этилацетат, ксилол, ацетон, метанол). Давление паров при 25°C составляет 0,076 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,81 мг/л.

Химические свойства. Хлоротолонил очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 5 до 7. При pH = 9 и при 20°C период гидролиза (T_{50}) составляет 16-38 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Хлоротолонил средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 44 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-гидрокси-2,5,6-трихлороизофталонитрил;
- 2-амидо-3,5,6-трихлор-4-цианобензенесульфоновая кислота;
- 3-карбамил-2,4,5-трихлорбензойная кислота.

Экотоксичность. Хлоротолонил высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных и донных микроорганизмов; умеренно токсичен для птиц, пчел, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе хлоротолонила для человека 2-го класса опасности.

4.8. Манделамиды

Мандипропамид

Название по ИЮПАК: (RS)- 2- (4- хлорфенил)- N- [3- метокси- 4- (проп- 2-инилокси)фенэтил]-2-(проп-2-инилокси)ацетамид

Химическая формула

$C_{23}H_{22}ClNO_4$;

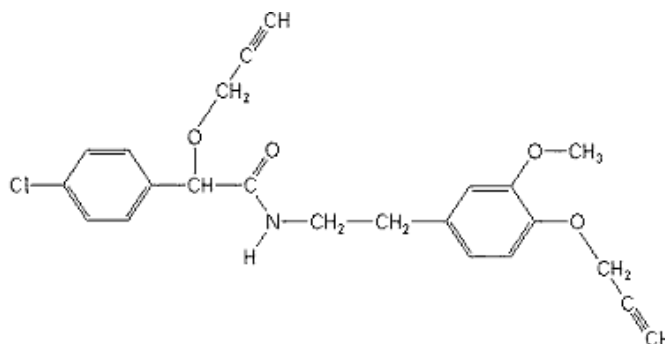
Молекулярная масса 411,9

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой светло - бежевый

летучий порошок с температурой плавления 97°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (дихлорметан, толуол, ацетон, этилацетат). Дав-



ление паров при 25°C составляет $9.40 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 4,2 мг/л.

Химические свойства. Мандипропамид очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и рН от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Мандипропамид не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 13,6, а T_{90} - 76,4 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2- (4- хлорфенил)- 2- гидроксид- N- [2- (3- метокси- 4- проп-2-инилокси-фенил)-этил] -ацетамид;
- N- [2- (4- аллилокси- 3- метоксифенил)- этил]- 2- (4- хлорфенил)- 2- проп- 2- инил оксиацетамид.

Продуктами разложения пестицида в организме животных, растений и почве являются:

- 2- (4- хлорфенил)- N- [2- (4- гидроксид- 3- метокси- фенил)-этил] -2-проп-2-инилокси -ацетамид.

Продуктом разложения пестицида в растениях, воде и почве является - (4-хлорфенил)-проп-2-инилокси-ацетиловая кислота.

Экотоксичность. Мандипропамид умеренно токсичен для птиц, рыб, почвенных червей, водных беспозвоночных, но низко токсичен для млекопитающих и пчел. Препарат на основе мандипропамида для человека 3-го класса опасности.

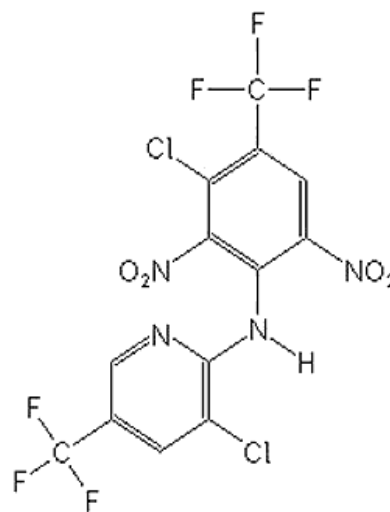
4.9. Фенилпиримидины

Флуазиам

Название по ИЮПАК: 3-хлор-N-(3-хлор-5-трифторметил-2-пиридил)- α, α, α -трифтор-2,6-динитро-p-толуидин
Химическая формула $C_{13}H_4Cl_2F_6N_4O_4$;
Молекулярная масса 465,14

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бледно - желтый кристаллический летучий продукт с температурой плавления 117°C низко



растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, толуол, ацетон, метанол). Давление паров при 25°C составляет 7,5 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,135 мг/л.

Химические свойства. Флуазинам не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 3,6 суток, а при pH = 9 – 3,7 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Флуазинам не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 16,4 суток.

Продуктами разложения пестицида являются:

в почве – 5-((3-хлор-5-(трифторметил)-2-пиридил)амино)- α,α,α -трифтор-4,6-динитро-о-крезол;

в растениях, животных и почве

- 3- хлор- 2- (2,6- диамино- 3- хлор- α,α,α -трифтор-р-толуидин)- 5- (трифторметил) пиридин;

- 4- хлор - N2- [3-хлор-5- (трифторметил)-2-пиридил]- 3- нитро-5-(трифторметил)-1,2-бензенедиа-мин;

в воде

- 5-хлор- 6- [3- хлор- 2, 6- динитро- 4- трифторметиланилино) никотиновая кислота;

- 6- (4- карбокси- 3- хлор- 2,6- динитроанилино)- 5- хлор- никотиновая кислота.

Экотоксичность. Флуазинам высоко токсичен для рыб и донных микроорганизмов; умеренно токсичен для птиц, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе флуазинома для человека 2-го класса опасности.

4.10. Аналоги стробилуринов

В эту группу фунгицидов объединены синтетические вещества, сходные по строению молекулы с естественными стробилуринами А и В, продуцируемые микроорганизмами *Strobilurus fena-cellus*.

Азоксистробин

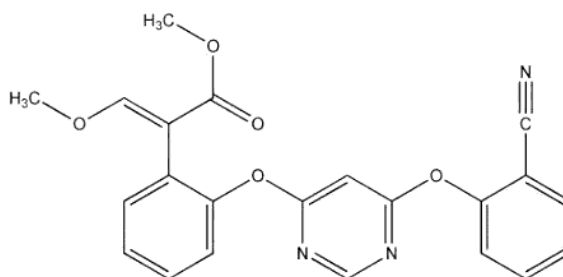
Название по ИЮПАК: метил (E)-2-{2-[6-(2-цианофенокси) пиримидин – 4 - илокси] фенил}-3-метоксиакрилат

Химическая формула

$C_{22}H_{17}N_3O_5$;

Молекулярная масса 403,4 ;

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

фунгицида представляет собой кристаллический нелетучий продукт с температурой плавления 116°C низко растворимый в воде и гексане, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, толуол). Давление паров при 25°C составляет $1,10 \cdot 10^{-07}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 6,7 мг/л.

Химические свойства. Азоксистробин очень устойчив к водному гидро-лизу при 20°C и pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Азоксистробин устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 180,7 суток.

Основными продуктами разложения в почве являются:

- (E)-2-(2-[6-цианофенокси)-пиримидин-4-илоксил]-фенил-3-метоксиакри-ловая кислота;
- 4-(2-цианофенокси)-6-гидроксипиримидин;
- 2-[6-(2-цианофенокси) пиримидин-4-илокси]бензойная кислота.

Метаболитами в растениях являются:

- метил (Z)-2-{2-[6-(2-цианофенокси)пиримидин-4-илокси] фенил} – 3 - метоксиакрилат;
- 6-(2-цианофенокси)-3-глюкозилпиримидин-4-один;
- глюкозил (E) - 2 - {2 - [6-(2-цианофенокси)пиримидин-4-илокси] фенил}- 3 - метоксипропионат;
- глюкозил (2E)-2-{2-[6-(2-цианофенокси) пиримидин-4-илокси]фенил} – 3 - метоксиакрилат;
- глюкозилмалонил 2-{2-[6-(2-цианофенокси)пиримидин-4-илокси]фенил}-3 метоксипропионат;
- глюкозилмалонил (2E)-2-{2-[6-(2-цианофенокси)пиримидин-4-илокси]фенил}-3-метоксиакрилат.

Метаболитами в организме животных являются:

- (2- {[6- (2-цианофенокси)пиримидин- 4-ил] окси} фенил)

уксусная кислота;

- [6- (2- цианофенокси) пиримидин- 4-ил] окси} -х- гидробензойная кислота;

- метил (2Е)-2-(2-{[6-(2-цианофенокси) пиримидин-4-ил]окси}-х-гидро-фенил) - 3-метоксипроп-2-еноат;

- S - (2-циано-х-гидроксифенил)цистеин.

Экотоксичность. Азоксистробин высокотоксичен для водных ракообразных; меренно токсичен для птиц, рыб, водных беспозвоночных, пчел, почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе азоксистробина 2-го класса опасности.

Крезоксим-метил

Название по ИЮПАК: метил (Е)-метоксиимино[α-(о-толил-окси)-о-толил]ацетат

Химическая формула $C_{18}H_{19}NO_4$;

Молекулярная масса 313,35;

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий продукт с температурой плавления 102°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, гептан, этилацетат).

Давление паров при 25°C составляет $2,30 \cdot 10^{-03}$ МПа

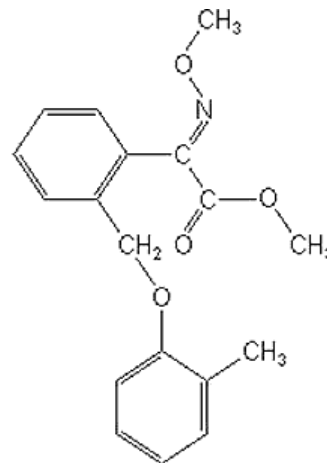
Растворимость в воде при 20°C составляет 2 мг/л.

Химические свойства. Крезоксим-метил средне устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. T_{50} водного гидролиза при 20°C и pH = 7 составляет 35 суток, а при pH = 9 – 0,38 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Крезоксим-метил неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 16 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является (Е)-метоксиамино(альфа-(о-толилокси)-о-толил) уксусная кислота.

Экотоксичность. Крезоксим-метил высокотоксичен для водных ракообразных; умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, пчел, почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих, птиц. Препараты на основе крезоксим-метила 3-



го класса опасности.

Пикоксистробин

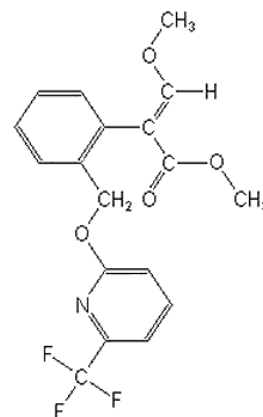
Название по ИЮПАК: метил (E)-3-метокси-2-{2-[6-(трифторметил)-2-пиридилокси-метил] фенил} акрилат

Химическая формула $C_{18}H_{16}F_3NO_4$;

Молекулярная масса (г/моль) 367,32

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий продукт с температурой плавления $75^{\circ}C$ низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, ксилол, этил-ацетат).



Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,0055 МПа.

Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 3,1 мг/л.

Химические свойства. Пикоксистробин очень устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$. Он стабилен при $20^{\circ}C$ и pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пикоксистробин не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 20, а T_{90} - 177 суток.

Основными продуктами разложения в почве являются:

- о-фталевая кислота;
- 2-метокси-6-(трифторметил)пиридин.

В почве и воде

- 2-[6-(трифторметил)пиридин-2-илоксиметил]-бензойная кислота.

Метаболитами в растениях являются:

- 1,3-дигидроизобензофуранил-алкан-сульфонаты;
- (бензофураны)-3-оие-1 карбоксиловой кислоты.

Экотоксичность. Пикоксистробин высокотоксичен для рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей; умеренно токсичен для донных микроорганизмов; и низко токсичен для млекопитающих, птиц, пчел. Препарат на основе пикоксистробина 3-го класса опасности.

Пиракlostробин

Название по ИЮПАК: метил {2- [1-(4-хлорфенилы)пиразол-3-илоксиметил] фенил}(метокси)карбамат

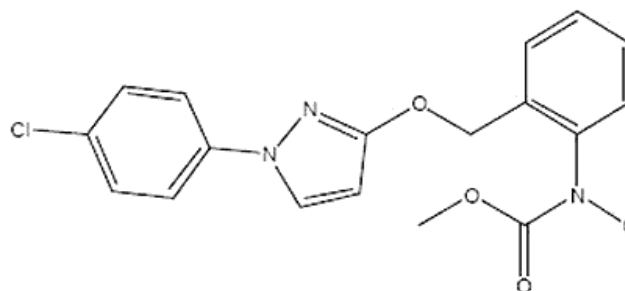
Химическая формула

$C_{19}H_{18}ClN_3O_4$;

Молекулярная масса

387,8

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

фунгицида представляет собой светло - бежевый кристаллический летучий продукт с температурой плавления 64,5°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, октанол, н-гептан). Давление паров при 25°C составляет $2,60 \cdot 10^{-05}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1,9 мг/л.

Химические свойства. Пиракlostробин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Он стабилен при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пиракlostробин среднеустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 32, а T_{90} - 157 суток.

Основными продуктами разложения в почве являются:

- 1-(4-хлорфенилы)-3-({2 [(метокси карбонил)амино] бензил} окси)-1H-пиразол-3-ил]глюкопиранозидурановая кислота;
- метил N-(2 {[1-(4 -хлорфенилы)-1H-пиразол-3-ил] оксиметил} фенил)карбамат.

Метаболитом в организме животных и растений является 1-(4-хлорфенил)-1H-пиразол-3-ол.

Метаболитом в организме животных является 1-(4-хлор-2-гидроксифенил)-1H-пиразол-3-ол.

Экотоксичность. Пиракlostробин высокотоксичен для рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей; умеренно токсичен для птиц, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей; и низко токсичен для млекопитающих. Препарат на основе пиракlostробина 3-го класса опасности.

Трифлостробин

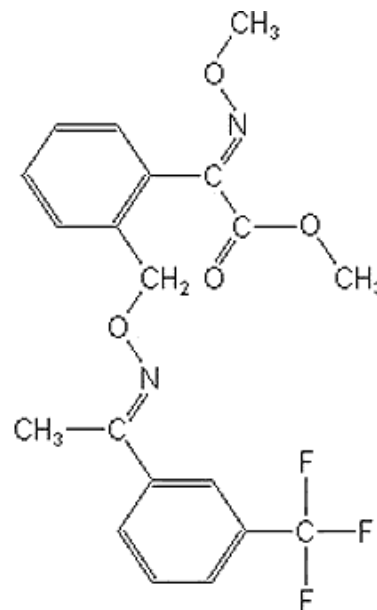
Название по ИЮПАК: метил (E)-метоксиимино - {(E)- α - [1-(α,α,α -трифтор - m-толил)этилиденеаминоокси]-o-толил}ацетат

Химическая формула $C_{20}H_{19}F_3N_2O_4$;

Молекулярная масса 408,37

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий продукт с температурой плавления $72,9^{\circ}C$ низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, толуол, этилацетат). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $3,4 \cdot 10^{-03}$ МПа. В воде при $20^{\circ}C$ растворяется 0,61 мг/л.



Химические свойства. Трифлуксистробин средне-устойчив к водному гидролизу. T_{50} водного гидролиза при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 40 суток, а при $pH = 9$ – 1,2 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Трифлуксистробин неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 7, а T_{90} – 24,9 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является (Е,Е)-трифлуксистробиновая кислота.

Экотоксичность. Трифлуксистробин высокотоксичен для рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных; умеренно токсичен для птиц, почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих, пчел. Препарат на основе трифлуксистробина для человека 3 - го класса опасности.

Флуоксастробин

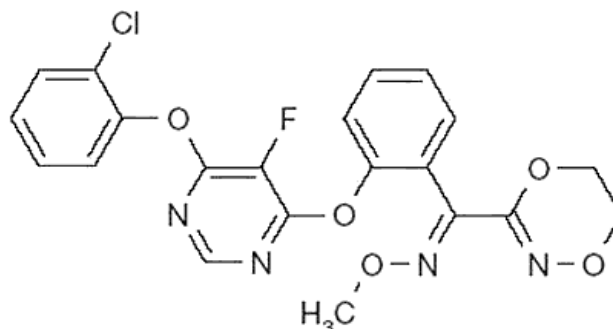
Название по ИЮПАК: (Е)-{2-[6-(2-хлорфенокси)-5-фторпиримидин-4-илоксифенил]}(5,6-дигидро-1,4,2-диоксазин-3-ил)метанон О-метилоксим

Химическая формула

$C_{21}H_{16}ClFN_4O_5$;

Молекулярная масса 458,83

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой

кристаллический нелетучий продукт с температурой плавления 105°C низко растворимый в воде и н-гептане, но высоко растворимый в органических растворителях (1-октанол, ксилол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $5,60 \cdot 10^{-07}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2,29 мг/л.

Химические свойства. Флуоксастробин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Стабилен фунгицид при 20°C и pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Флуоксастробин средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 77, а T_{90} – 257 суток.

Основными продуктами разложения в почве являются:

des-хлорфенилы;

- карбоксиловая кислота;

- 2-хлорфенол.

Метаболитами в растениях являются:

- 2-хлорфенол-глюкозид;

- флуоксастробин;

- кетон;

- карбоксиловая кислота;

- d гликолевый эфир;

- гидрокси карбоксиловая кислота;

- OH-фенокси-d гликолевый эфир;

- гидрокси карбоксиловая кислота;

- OH-феноксиамины

- PMD;

- хлорфенилы-гликол;

- des-хлорфенилы карбоксиловой кислоты.

Метаболитами в организме животных являются:

- фенокси-гидрокси-пиримидин;

- флуоксастробин.

Экотоксичность. Флуоксастробин высокотоксичен для водных ракообразных; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей; низко токсичен для пчел. Препараты на основе флуоксастробина 3-го класса опасности.

Димоксистробин

Название по ИЮПАК: (E)-2-(метоксиимино)-N-метил-2-[а-(2,5-ксилилокси)-о-толил] ацетамид

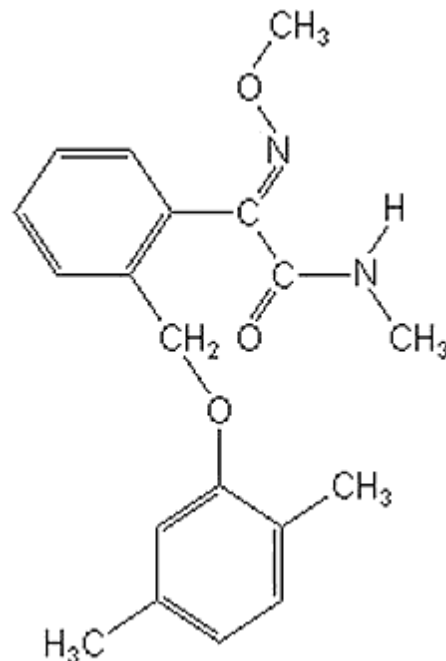
Химическая формула $C_{19}H_{22}N_2O_3$;

Молекулярная масса 326,39

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый кристаллический среднелетучий продукт с температурой плавления 138,9°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, ацетон, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $6,0 \cdot 10^{-6}$ МПа.

Растворимость в воде при 20°C составляет 4,3 мг/л.



Химические свойства. Димоксистробин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Стабилен при 50°C и pH от 4 до 9 свыше 30 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Димоксистробин устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 210, а T_{90} в полевых условиях – 365 суток.

Основными продуктами разложения в почве являются:

- [E- O- (2- гидроксикарбонил- 5- метил)феноксиметил]- 2-метокси- имино- N-метилфенил ацетамид;
- [E- O- (5- гидроксикарбонил -2-метил) феноксиметил]-2-меток-сиимино-N-метилфенил ацетамид;
- (E)-2-(2-гидроксиметилфенил)-2-метоксиимино-N- метил-ацет-амид.

Метаболитами в организме животных являются:

- (2E)-2-{2-[(5-карбокси-4-гидрокси-2-метилфенокси)метил]фенил}-2-(метоксиимино)-N-метил-ацетамид;
- (E)-O-(2,5-диметил-4-гидрокси феноксиметил)-2- меток-сиимино-N- метилфенилацетамид ;
- 4- ({2- [(1E) - N- метокси – 2 - (метиламино)- 2-

оксоэтанамидоил] бензил} окси) - 2,5 - диметилфенилгликопираносидуроновая кислота.

Экотоксичность. Димоксистробин высокотоксичен для рыб, водных беспозвоночных; умеренно токсичен для птиц, пчел, почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе димоксистробина 2-го класса опасности.

4.11. Оксазолы

Фамоксадон

Название по ИЮПАК: (RS)-3-анилино-5-метилл-5-(4-феноксифенил)-1,3-оксазолидин-2,4-дион

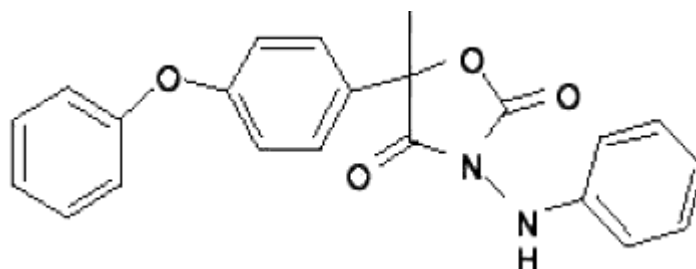
Химическая формула

$C_{22}H_{18}N_2O_4$;

Молекулярная масса

374,39

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой светлый летучий порошок с температурой плавления 141,8°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0.00064 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,11 мг/л.

Химические свойства. Фамоксадон не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 2, при pH = 5 – 41 сутки, а при pH = 9 – 1,5 часа.

Превращение в объектах окружающей среды. Фамоксадон не устойчив в почве. Период распада (T_{50}) составляет в полевых условиях 20 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- альфа-гидрокси-альфа-метил-4-феноксибензен ацетиловая кислота;
- 5 - [4 - (4 - гидроксифенокси)фенил – 5 - метил- 3 - (фениламино) - 2,4 - ок-сазолидиндион.

Экотоксичность. Фамоксадон высоко токсичен для рыб, водных беспозвоночных, умеренно токсичен для пчел,

почвенных червей, донных микро-организмов и низко токсичен для млекопитающих и птиц. Препараты на основе фамоксадона для человека 3-го класса опасности.

4.12. Дикарбоксимиды

Ипродион

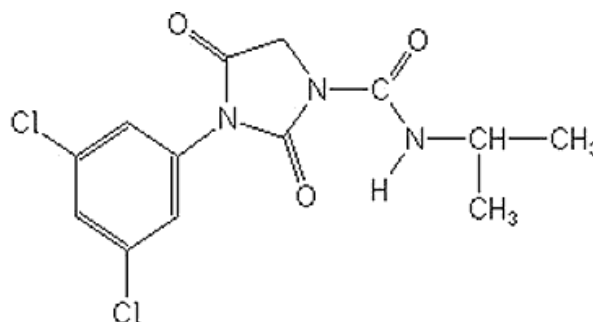
Название по ИЮПАК: 3-(3,5-дихлорфенил)-N-изопропил-2,4-диоксо-имидазолидин-1-карбоксимид

Химическая формула

$C_{13}H_{13}Cl_2N_3O_3$;

Молекулярная масса 330,17

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный кристаллический летучий продукт с температурой плавления 134°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, толуол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,0005 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 12,2 мг/л.

Химические свойства. Ипродион не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 3 суток, при pH = 5 – 146, а при pH = 8 – 0,2 суток.

Преобразование в объектах окружающей среды. Ипродион средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет 84 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- N- (3,5- дихлорфенил)-3- изопропил- 2,4- диоксоимидазолин-1 карбо-ксамид;
- 1-(3,5-дихлорфенил)-5-изопропил биурет;
- 3,5-дихлоранилины.

Экотоксичность. Ипродион умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов. Препарат на основе ипродиона для человека 3-го класса опасности.

4.13. Карбоксамиды

Боскалид

Название по ИЮПАК: 2-хлор-N-(4'-хлорбифенил-2-ил)никотинамид

Химическая формула $C_{18}H_{12}Cl_2N_2O$;

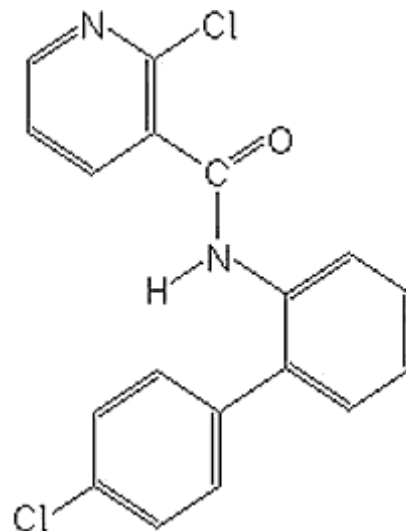
Молекулярная масса 343,21

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления 143,30°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, толуол, ацетон, 1-октанол). Давление паров при 250°C составляет 0,00072 МПа. Растворимость в воде при 200°C составляет 4,6 мг/л.

Химические свойства. Боскалид очень устойчив к водному гидролизу при 200°C и pH=7. Фунгицид стабилен при pH от 4 до 9.

Экотоксичность. Боскалид умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, но низко токсичен для млекопитающих. Препарат на основе боскалида для человека 3-го класса опасности.



4.14. Квиноны

Дитианон

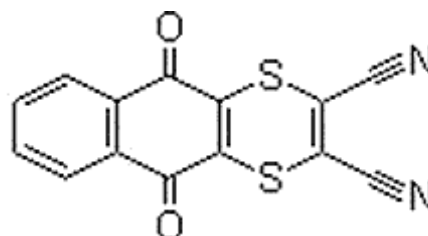
Название по ИЮПАК: 5,10-дигидро-5,10-диоксонафто [2,3-b] - 1,4-дитиин-2,3-дикарбонитрил

Химическая формула $C_{14}H_4N_2O_2S_2$;

Молекулярная масса 296,32

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой темно-коричневый кристаллический не летучий продукт с температурой плавления 2150°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, толуол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 250°C составляет



1,0 10^{-7} МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,22 мг/л.

Химические свойства. Дитианон не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (Т50) при 20°C и pH = 7 составляет 0,6 суток, а при pH = 5 – 9,8 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Дитианон средне устойчив в почве. Период распада в почве (Т50) составляет 35 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве и растениях является фталевая кислота; в почве и животных – 4,9-диоксо-4,9-дигидронафто(2,3-b)тиофен-2,3-дикарбонитрил; в воде – фтадиальдеди и 1,2-бензенедиметанол.

Экотоксичность. Дитианон высоко токсичен для рыб, умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, водных беспозвоночных. Препараты на основе дитианона для человека 3-го класса опасности.

4.15. Цианоацетамид оксимы

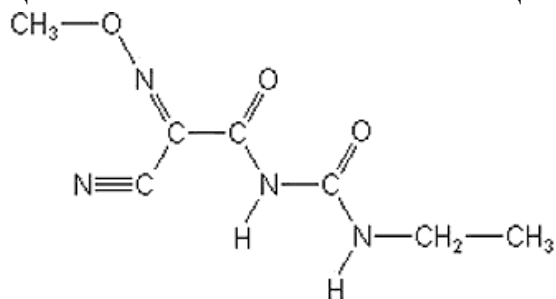
Цимоксанил

Название по ИЮПАК: 1- [(EZ)- 2-циано- 2-метоксиимино- ацетил]- 3-этилмочевина

Химическая формула $C_7H_{10}N_4O_3$;

Молекулярная масса 198,18

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида

представляет собой белый или бледно - розовый кристаллический летучий продукт с температурой плавления 161°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (этил-ацетат, толуол, ацетон). Давление паров при 25°C составляет 0,15 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 780 мг/л.

Химические свойства. Цимоксанил не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (Т50) при 20°C и pH = 7 составляет 1,1 суток. Фунгицид стабилен при pH = 4 и 5 и 20°C.

Превращение в объектах окружающей среды. Цимоксанил не устойчив в почве. Период распада в почве (Т50) в полевых условиях составляет 3,5 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 1-этил 5,6-ди-2,4(1H,3H)пиридиндион;
- 2- циано- 2- метоксиими- ноацетиловая кислота;
- 3- этил- 4- (метоксиимино)- 2,5- диоксоимидазолидин- 4- карбоксамиды;
- 3- этил- 4- (метоксиимино)- 2,5- диоксоимидазолидин- 4- карбонитрил;
- этилимидазолидинтрион-5-(о-метилоксим).

Экотоксичность. Цимоксанил умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов пчел, почвенных червей.

4.16 Фталимиды

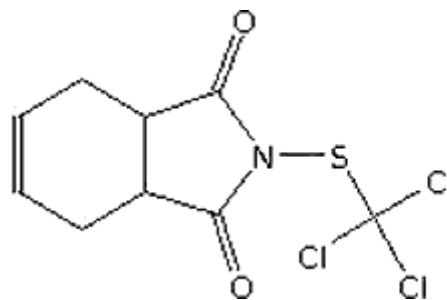
Каптан

Название по ИЮПАК: N- (трихлорметилтио) циклогекс-4-ен-1,2-дикарбоксимид

Химическая формула $C_9H_8Cl_3NO_2S$;

Молекулярная масса 300,61

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой грязно - белый летучий порошок с температурой плавления 174°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ксилол, метанол, ацетон). Давление паров при 25°C составляет 0,0042 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 5,2 мг/л.

Химические свойства. Каптан не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T50) при 20°C и pH = 7 составляет 0,6 суток. При pH = 5 и 20°C T50 составляет 0,15 суток, а при pH = 9 – 6 минут.

Превращение в объектах окружающей среды. Каптан не устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 3,7 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- тетрагидро производные фталевой кислоты (фталимиды);
- тетрагидрофталевая кислота;
- 2-цианоциклогекс-4-ен карбоксиловая кислота.

Метаболитами в организме животных являются:

- 3-гидрокси-4,5-циклогексен-1,2-дикарбоксимид;
- 5-гидрокси -4,5-цикло-гексен-1,2-дикарбоксимид;
- 4,5-дигидрокси -1,2-дикарбоксимид;
- 6-гидрокси-1-амидо-2-карбокси-4,5-циклогексен.

Метаболитом в организме животных и растений

- 4,5-эпокси-1,2-дикарбоксимид.

Экотоксичность. Каптан умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов пчел, почвенных червей. Препарат на основе каптана для человека 3-го класса опасности.

4.17. Фениламины

Металаксил

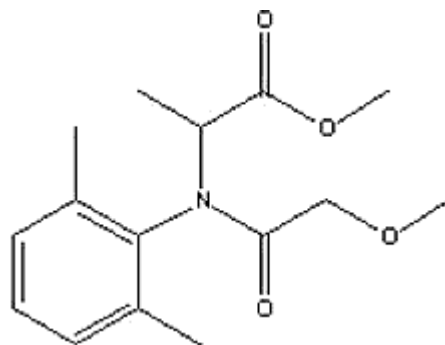
Название по ИЮПАК: метил *N*-(метоксиацетил)-*N*-(2,6-ксилил)-*DL*-аланинат

Химическая формула $C_{15}H_{21}NO_4$;

Молекулярная масса 279,33;

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий продукт с температурой плавления



67,9°C высоко растворимый в воде и органических растворителях (гексан, метанол, дихлорэтан, бензин). Давление паров при 25°C составляет 0,75 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7100 мг/л.

Химические свойства. Металаксил устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 106 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Металаксил средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 46 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- *N*-(2,6-диметилфенил)-*N*-(метоксиацетил)аланин; -2,6-диметилацетанилид.

Продуктом разложения пестицида в воде является N-(3-

гидрокси-2,6- диметилфенил)- N- (меток시아цетил)- L-аланин.

Экотоксичность. Металаксил умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, почвенных червей; низко токсичен для пчел.

Мефеноксам

Название по ИЮПАК: [Метил- N- (меток시아цетил)- N- (2, 6- ксилл)- D-аланинат]. (R)-энантиомер металаксил

Химическая формула $C_{15}H_{21}NO$;

Молекулярная масса 279,3.

Структурная формула:

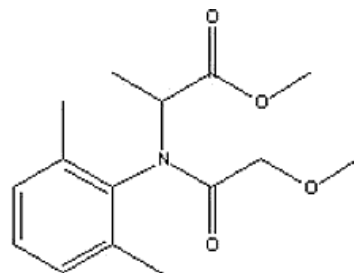
Физические свойства. Мефеноксам представляет собой белые или бежевые кристаллы с температурой плавления 71,8 -

72,3°C. Вещество смешивается с ацетоном, метанолом, этилацетатом, толуолом, дихлорметаном и н-октанолом.

Химические свойства. Мефеноксам устойчив к гидролизу и фотолизу в нейтральных и кислых условиях ($T_{50} > 200$ суток).

Превращение в объектах окружающей среды. В аэробных условиях в биологически активных почвах период разложения составляет 21 сутки.

Экотоксичность. Мефеноксам низко токсичен для млекопитающих, пчел, птиц, дождевых червей.



4.18. Бензимидазолы

Бензимидазолы являются ингибиторами биосинтеза тубулина при делении ядра клетки, в результате чего активно подавляются образование ростовых трубочек при прорастании спор или конидий, а также формирование аппрессориев и рост мицелия.

Беномил

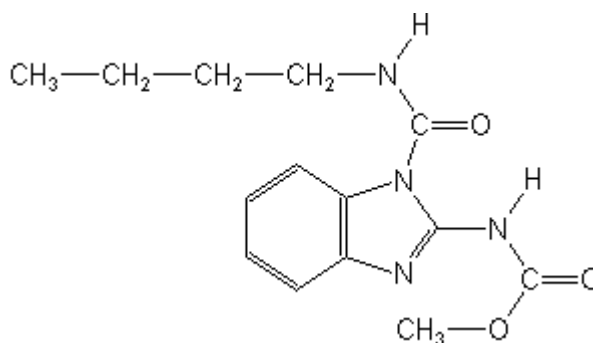
Название по ИЮПАК: метил 1-(бутилкарбамоил) бензимидазол-2 ил карбамат

Химическая формула

$C_{14}H_{18}N_4O_3$;

Молекулярная масса 290,32;

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий продукт низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (хлороформ, этанол, ацетон, ксилол). Давление паров при 25°C составляет 0,005 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2 мг/л.

Химические свойства. Беномил не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 0,8 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Беномил не устойчив в почве. Основным продуктом разложения в почве является карбендазим.

Экотоксичность. Беномил умеренно токсичен для птиц, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, пчел, почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе беномила для человека 2-го класса опасности.

Карбендазим

Название по ИЮПАК: метил бензимидазол-2-ил карбамат

Химическая формула $C_9H_9N_3O_2$;

Молекулярная масса 191,21

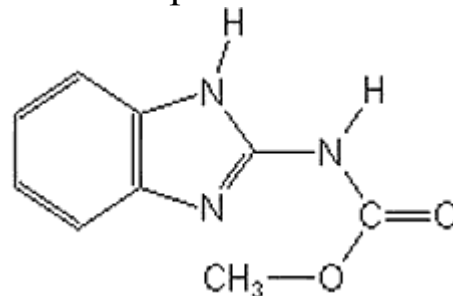
Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий

продукт с температурой плавления 305°C низко растворимый в воде и умеренно растворимый в органических растворителях (хлороформ, этанол, этилацетат, бензин). Растворимость в воде при 20°C составляет 8 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 0,09 МПа.

Химические свойства. Карбендазим устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 350 суток, при pH = 5 – более 350, а при pH = 9 – в пределах 54-124 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Карбендазим неустойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет в полевых условиях 22, а T_{90} – 115 суток.



Основным продуктом разложения пестицида в почве является 2-амино производные бензимидазола, а метаболитом в организме растений и животных – 5-гидроксиметил производные бензимидазола.

Экотоксичность. Карбендазим высоко токсичен для почвенных червей, водных ракообразных; умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, пчел; низко токсичен для млекопитающих и птиц. Препараты карбендазима для человека 2-го класса опасности.

Тиофанат-метил

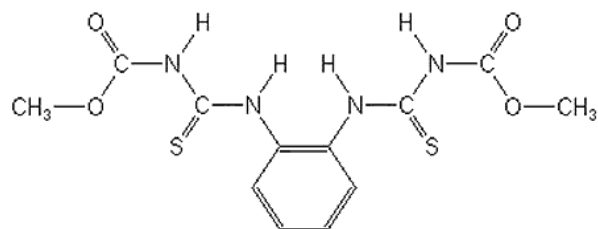
Название по ИЮПАК: диметил 4,4'- (о-финилен)бис (3- тиоаллофонат)

Химическая формула

$C_{12}H_{14}N_4O_4S_2$;

Молекулярная масса 342,39

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида

представляет собой кристаллический летучий продукт низко растворимый в воде и н-гексане, но высоко растворимый в органических растворителях (ксилол, метанол, этилацетат). Растворимость в воде при 20°C составляет 20 мг/л. Давление паров при 25°C составляет 8.8 10⁻⁰³ МПа.

Химические свойства. Тиофанат-метил среднеустойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T₅₀) при 20°C и pH = 7 составляет 36 суток, при pH = 5 – более 867, а при pH = 9 – 0,7 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тиофанат-метил неустойчив в почве. Период распада в почве (T₅₀) составляет в полевых условиях 5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются карбендазим и аллофонат. Метаболитами в организме животных:

- 5-ОН-МВС-сульфат,
- 5-ОН-МВС,
- 4-ОН-тиофанат-метил,
- МВС.

Экотоксичность. Тиофанат-метил умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов почвенных червей, водных ракообразных, пчел; низко токсичен для млекопитающих и птиц. Препараты на основе тиофанат-метила для человека 2-го класса опасности.

Тиабендазол

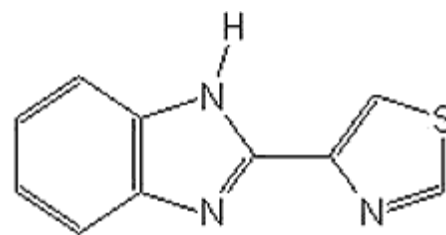
Название по ИЮПАК: 2-(триазол-4-ил) производные бензимидазола

Химическая формула $C_{10}H_7N_3S$;

Молекулярная масса 201,25

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $297^{\circ}C$ низко растворимый в воде и н-гептане, умеренно растворимый в ксилоле и высоко растворимый в метаноле и ацетоне. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 30 мг/л. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $5,30 \cdot 10^{-4}$ МПа.



Химические свойства. Тиабендазол устойчив к водному гидролизу при pH от 5 до 9. Период гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и pH = 7 составляет 203 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тиабендазол очень устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет в полевых условиях 724 суток.

Основным метаболитом пестицида в организме животных является 5-гидрокси тиабендазол, а в воде – 2-карбоксамида.

Экотоксичность. Тиабендазол умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей, пчел, донных микроорганизмов, водных ракообразных; низко токсичен для млекопитающих и птиц. Препараты на основе тиабендазола для человека 3-го класса опасности.

4.19. Оксатиины

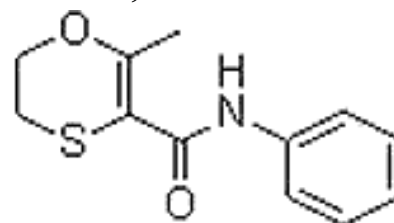
Карбоксин

Название по ИЮПАК: 5,6- дигидро- 2-метил- 1,4 - оксатиин- 3- карбоксанилид

Химическая формула $C_{12}H_{13}NO_2S$;

Молекулярная масса 235,30

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт средне растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, толуол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,02 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 134 мг/л.

Химические свойства. Карбоксин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Фунгицид стабилен при 20°C и pH от 4 до 9.

Превращения в объектах окружающей среды. Карбоксин не устойчив почве. Период распада фунгицида в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3,3 а T_{90} – 11,1 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- карбоксин сульфоксид и оксикарбоксин.

В почве и воде продуктами разложения пестицида являются:

- оксатиин амид сульфоксид; оксатиин амид сульфон;
- 2-[2-анилин-2-оксаацетил)тио]этилацетат;
- 2-гидрокси-2-метил-N-фенил-1,4-оксатиин-3 карбоксамида-4-оксид;
- 2-метил-5,6-дигидро-1,4-оксатиин-3-карбоксиловой кислоты-4-оксид.

Метаболитами пестицида в организме животных являются:

- 4-О-глюкуронил карбоксин сульфоксид ;
- 4-гидроксикарбоксин сульфоксид 4- гидроксикарбоксин сульфон;
- 4-О-глюкуронил-2-гидроксикарбоксин;
- 4-гидроксикарбоксин; монометокси дигидроксикарбоксин;
- 2-метокси карбоксин сульфоксид-4-глюкуронид;
- 4-О-глюкуронил ксикарбоксин .

Экотоксичность. Карбоксин умеренно токсичен для рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, но низко токсичен для млекопитающих и птиц.

4.20. Триазолы

В современном ассортименте фунгицидов производные триазола являются наиболее представительной группой веществ, обладающих высокой биологической активностью и широким спектром действия на фитопатогены. Наряду с поиском новых соединений продолжают совершенствоваться известные препараты за счет выделения наиболее активных стереоизомеров.

Диниконазол

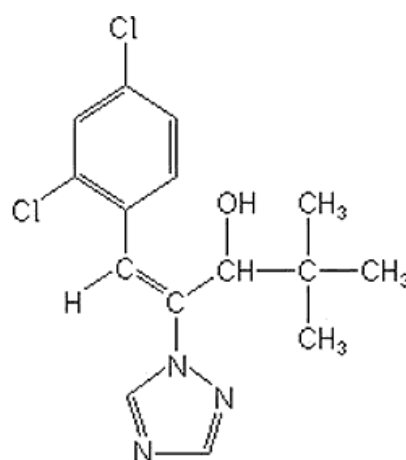
Название по ИЮПАК: (E)-(RS)-1-(2,4-дихлорфенил)-4,4-диметил-2-(1H-1,2,4-триазол-1-ил)пент-1-ен-3-ол

Химическая формула $C_{15}H_{17}Cl_2N_3O$;

Молекулярная масса 326,22

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой кристаллический летучий продукт с температурой плавления $145^{\circ}C$ низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, ксилол). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 2,96 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 4 мг/л.



Химические свойства. Диниконазол устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 100 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Диниконазол устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет 1566 суток.

Экотоксичность. Диниконазол умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных. Препараты на основе диниконазола для человека 2-го класса опасности.

Дифеноконазол

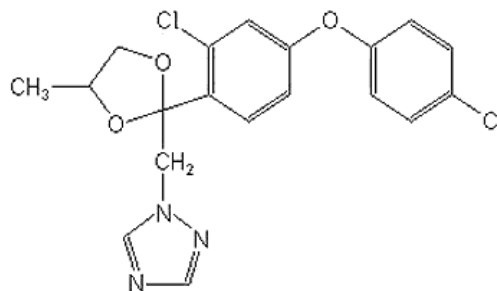
Название по ИЮПАК: 3- хлор- 4- [(2RS,4RS;2RS,4SR)- 4-метил-2- (1H- 1,2,4- триазол- 1-илметил)- 1,3- диоксолан- 2-ил] фенил 4-хлорфенил эфир

Химическая формула

$C_{19}H_{17}Cl_2N_3O_3$;

Молекулярная масса 406,26

Структурная формула:



Физические свойства. Дейст-

вующее вещество фунгицида представляет собой белый кри-

сталлический среднелетучий продукт с температурой плавления 82,5оС низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, этанол, ацетон, толуол). Давление паров при 25оС составляет 3.33 10-05 МПа. Растворимость в воде при 20оС составляет 15 мг/л.

Химические свойства. Дифениконазол устойчив к водному гидролизу при 20оС и рН от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Дифеноконазол устойчив в почве. Период распада в почве (Т50) в полевых условиях составляет 85, а Т90 – 277 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 1- [2- [2- хлор- 4- (4- хлорфенокси)- фенил]- 2- 1Н- [1,2,4]триазолил] -этанол;
- 1,2,4-триазолы.

Метаболитами пестицида в растениях являются:

- 1-[2-хлор-4-(4-хлорфенокси)-фенил]-2-[1,2,4]триазол-1-ил-этанон;
- 2-хлор-4-(4-хлорфенокси)-бензойная кислота;

Метаболитами пестицида в организме животных являются:

- [1,2,4]триазол-1-ил-уксусная кислота;
- [1,2,4]триазол-1-ил-молочная кислота.

Метаболитом пестицида в организме растений животных является 2-амино-3-[1,2,4]триазол-1-ил-пропионовая кислота.

Экотоксичность. Дифеноконазол умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, пчел, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, почвенных червей и низко токсичен для птиц. Препараты на основе дифеноконазола для человека 3-го класса опасности.

Ипконазол

Название по ИЮПАК: (1RS,2SR,5RS;1RS,2SR,5SR)- 2- (4- хлор-бензил)-5 - изопропил – 1 -(1H-1,2,4-триазол-1-илметил) цикло-пентанол

Химическая формула $C_{18}H_{24}ClN_3O$;

Молекулярная масса 333,9

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный летучий кристал-лический продукт с температурой плавления $86^{\circ}C$

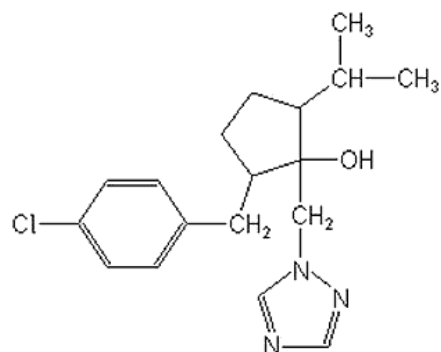
низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (дихлорэтан, ацетон, этилацетат, метанол). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,05 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 6,93 мг/л.

Химические свойства. Ипконазол средне устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 64 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Ипконазол очень устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 858 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются 1,2,4-триазолы.

Экотоксичность. Ипконазол умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных. Препараты на основе ипконазола для человека 3- го класса опасности.



Пенконазол

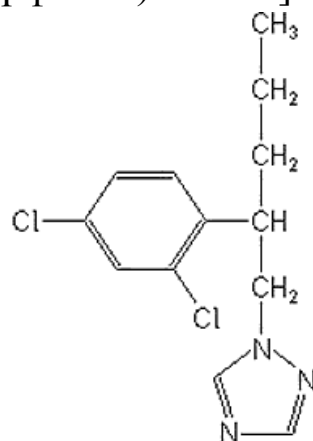
Название по ИЮПАК: (RS)-1-[2-(2,4-дихлорфенил)пентил]-1H-1,2,4-триазол

Химическая формула $C_{13}H_{15}Cl_2N_3$;

Молекулярная масса 284,18

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $60,3^{\circ}C$ умеренно растворимый в



воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, дихлорметан, ацетон, толуол). Давление паров при 25°C составляет 0,366 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 73 мг/л.

Химические свойства. Пенконазол очень устойчив к водному гидролизу при pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пенконазол средне устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 90 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2- (2,4-дихлорфенил) -3- [1,2,4] триазол- 1- илпропионовая кислота;

- 1H- 1,2,4- триазол- 1-илацетиловая кислота.

Метаболитами пестицида в растениях и животных являются:

- 4-(2,4-дихлорфенил)-5-[1,2,4]триазол-1-ил-пентан-1-ол;

- 4-(2,4-дихлорфенил)-5-[1,2,4]триазол-1-ил-пентан-2-ол;

- 2-(2,4-дихлорфенил)-1-[1,2,4]триазол-1-ил-пентан-3-ол;

- 2-гидроокси-3-[1,2,4] триазол-1-ил-пропионовая кислота.

Экотоксичность. Пенконазол умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, почвенных червей. Препарат на основе пенконазола для человека 3-го класса опасности.

Пропиконазол

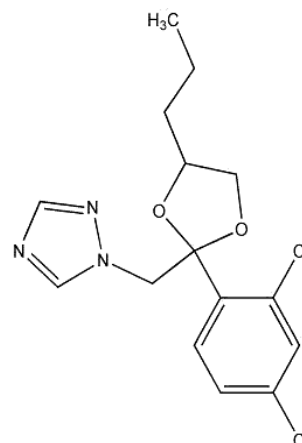
Название по ИЮПАК: (2*RS*,4*RS*;2*RS*,4*SR*)- 1- [2- (2,4- дихлорфенил) -4- пропил- 1,3 - диоксолан-2-илметил] - 1H-1,2,4-триазол

Химическая формула C₁₅H₁₇Cl₂N₃O₂;

Молекулярная масса 342,22

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой желтую вязкую летучую жидкость умеренно растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (н-гептан,



метанол, ацетон, ксилол). Давление паров при 25°C составляет 0,056 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 150 мг/л.

Химические свойства. Пропиконазол очень устойчив к водному гидролизу.

Превращение в объектах окружающей среды. Пропиконазол средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 214, а T_{90} – 1150 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является 3-(2-((1H-1,2,4-триазол-1-ил)метил)-2-(2,4-дихлорфенил)-1,3-диоксолан-4-ил)пропан-1-ол, а метаболитом в растениях – 2-амино-3-(1H-1,2,4-триазол-1-ил)пропионовая кислота.

Экотоксичность. Пропиконазол умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, пчел, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, почвенных червей, но низко токсичен для птиц. Препарат на основе пропиконазола для человека 3-го класса опасности.

Тебуконазол

Название по ИЮПАК: (RS)-1-р-хлорфенил - 4,4 – диметил – 3 - (1H-1,2,4-триазол-1-илметил)пентан-3-ол

Химическая формула

$C_{16}H_{22}ClN_3O$;

Молекулярная масса 307,82

Структурная формула:

Физические свойства.

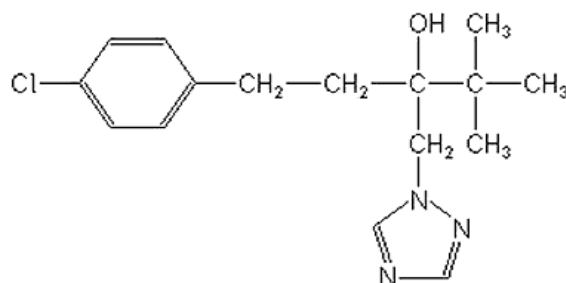
Действующее вещество фунгицида представляет собой

бесцветный кристаллический летучий продукт низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, этанол, дихлорэтан, октанол). Давление паров при 25°C составляет $1,30 \cdot 10^{-03}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 36 мг/л.

Химические свойства. Тебуконазол очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Тебуконазол средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 55,8, а T_{90} – 177 суток.

Основными метаболитами пестицида в растениях являются:



- 5- (4- хлорфенил)- 2,2- диметил- 3- (1Н- 1,2,4- триазол- 1- илметил) пентан- 1,3-диол;
- 2- хлор- 5- [4- гидрокс- 5,5- диметил- 3- (1Н- 1,2,4- триазол- 1-ил) гек-сил] фенол;
- (R,S)- 2-амино -3- (1Н- 1,2,4- триазол- 1-ил) пропанойная кислота, или 3-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил)-D,L-аланин;
- 2-гидрокс-3-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил) пропанойная кислота;
- 1Н-1,2,4-триазол-1-илацетиловая кислота.

Экотоксичность. Тебуконазол умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, птиц, пчел, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, но низко токсичен для почвенных червей. Препараты на основе тебуконазола для человека 2-го класса опасности.

Тетраконазол

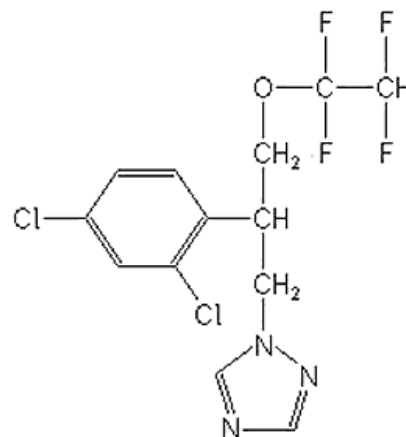
Название по ИЮПАК: *RS*-2-(2,4-дихлорфенил)-3-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил)пропил 1,1,2, 2-тетрафторэтиловый эфир

Химическая формула $C_{13}H_{11}Cl_2F_4N_3O$;

Молекулярная масса 372,15

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветную вязкую летучую жидкость умеренно растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (н-гексан, ксилол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,18 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 156,6 мг/л.



Химические свойства. Тетраконазол очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и рН от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Тетраконазол очень устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 430, а T_{90} – 1428 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2- (2,4- дихлорфенил)- 3- (1Н- 1,2,4- триазол- 1- ил) пропанойная кислота;

- 1H- 1,2,4- триазол- 1- илацетиловая кислота;
- 2- (2,4- дихлорфенил)- 3- (1H- 1,2,4- триазол- 1-ил) пропан-1-ол.

Экотоксичность. Тетраконазол умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, птиц, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов. Препарат на основе тебуконазола для человека 3-го класса опасности.

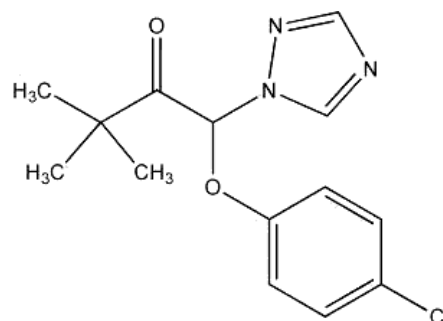
Триадимефон

Название по ИЮПАК: (RS)-1-(4-хлорфенокси)-3,3-диметил-1-(1H-1,2,4-триазол-1-ил)бутан-2- один

Химическая формула $C_{14}H_{16}ClN_3O_2$;

Молекулярная масса 293,8

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный кристаллический летучий продукт с температурой плавления 82,3°C умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, изопропанол, толуол, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет 0,02 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 70 мг/л.

Химические свойства. Триадимефон очень устойчив к водному гидро-лизу при 20°C и pH от 3 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Триадимефон не устойчив в почве.

Экотоксичность. Триадимефон умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, птиц, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов. Препарат на основе триадимефона для человека 3-го класса опасности.

Тритиконазол

Название по ИЮПАК: (RS)-(E)-5-(4-хлорбензилиден)-2,2-диметил-1-(1H-1,2,4-триазол-1-илметил)циклопентанол

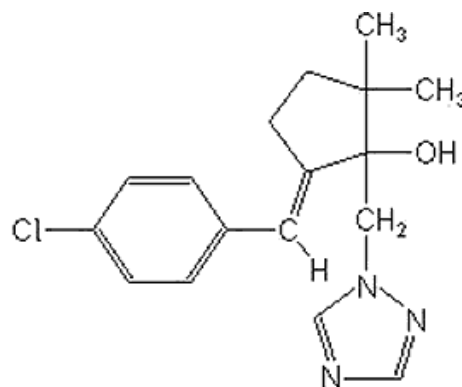
Химическая формула $C_{17}H_{20}ClN_3O$;

Молекулярная масса 317,81

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления 137°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ацетон, толуол, метанол). Давление паров при 25°C составляет $1,00 \cdot 10^{-03}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 9,3 мг/л.



Химические свойства. Тритиконазол очень устойчив к водному гидролизу.

Превращение в объектах окружающей среды. Тритиконазол устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 161, а T_{90} – 563 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- (1R,3R,E)- 3- (4-хлорбензилиден)- 5,5-диметил- 1- ((1H)- 1,2,4- триазол- 1-илметил)- цикlopентан- 1,3-диол;
- (E) -2- (4-хлорбензилиден)- 5,5- диметил- 1- ((1H)- 1,2,4- триазол- 1 -илметил) - цикlopентан- 1,3-диол.

Экотоксичность. Тритиконазол умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, птиц, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов

Ципроконазол

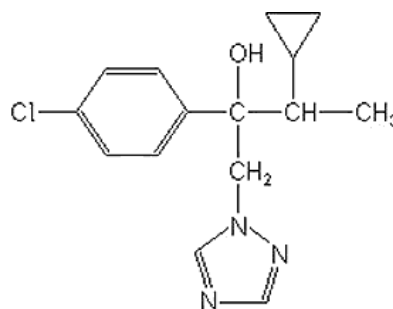
Название по ИЮПАК: (2RS,3RS;2RS,3SR)- 2- (4- хлорфенил)- 3- циклопропил- 1- (1H-1,2,4- триазол- 1-ил) бутан- 2-ол

Химическая формула $C_{15}H_{18}ClN_3O$;

Молекулярная масса 291,78

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления 106,5°C умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н- гексан, ацетон, этилацетат,



метанол). Давление паров при 25°C составляет 0,026 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 93 мг/л.

Химические свойства. Ципроконазол очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и рН от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Ципроконазол устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 129, а T_{90} – 579 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 1,2,4-триазолы;
- 1Н-1,2,4-триазол-1-илацетиловая кислота;
- 2-амино-3-[1,2,4] триазол-1-ил-пропионовая кислота;
- 1Н-1,2,4-триазол-3-ол.

Метаболитами пестицида в организме животных являются:

- 5-(4-хлорфенил)-5-гидрокси-4-метил-6-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил)-2-гексановая кислота;
- 5-(4-хлорфенил)-3,5-дигидрокси-4-метил-6-[1,2,4]триазол-1-ил-гексановая кислота;

Экотоксичность. Ципроконазол высоко токсичен для птиц, но умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов. Препараты на основе ципроконазола для человека 3-го класса опасности.

Флутриафол

Название по ИЮПАК: (RS)-2,4'-дифтор- α -(1Н-1,2,4-триазол-1-ил метил) бензидриловый спирт

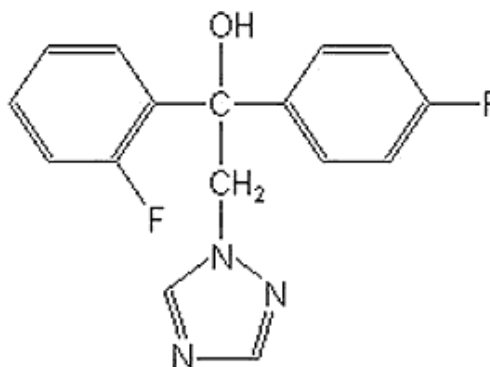
Химическая формула $C_{16}H_{13}F_2N_3O$;

Молекулярная масса 301,29

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный летучий продукт с температурой плавления 130°C умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ацетон, ксилол, метанол).

Давление паров при 25°C составляет $4,0 \cdot 10^{-04}$ МПа. Раствори-



мость в воде при 20°C составляет 95 мг/л.

Химические свойства. Флутриафол очень устойчив к водному гидролизу.

Превращение в объектах окружающей среды. Флутриафол очень устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 860, а T_{90} – 5690 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в растениях являются:

- триазол аланины
- 1H-1,2,4-триазол-1-илацетиловая кислота.

Экотоксичность. Флутриафол умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов. Препараты на основе флутриафола для человека 3-го класса опасности.

Эпоксиконазол

Название по ИЮПАК: (2*RS*,3*SR*)-1-[3-(2-хлорфенил)-2,3-эпокси-2-(4-фторфенил) пропил]-1*H*-1,2,4-триазолы

Химическая формула $C_{17}H_{13}ClFN_3O$;

Молекулярная масса 329,76

Структурная формула:

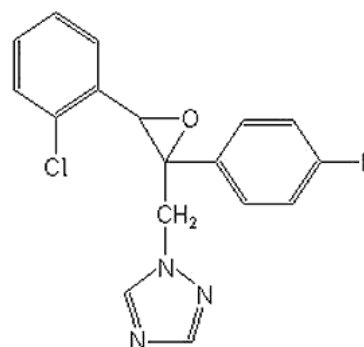
Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный летучий продукт с температурой плавления 136,7°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (этанол, ацетон, этилацетат, метанол). Давление паров при 25°C составляет $1,00 \cdot 10^{-02}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7,1 мг/л.

Химические свойства. Эпоксиконазол очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Эпоксиконазол устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 120 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 1,2,4-триазолы;



- 1-(2-хлорфенил)-2-(4-фторфенил)-1-гидрокси-3-(1Н-1,2,4-триазол-1-ил) пропан.

Метаболитами пестицида в растениях являются:

- триазолы аланина;
- триазолы ацетиловой кислоты;
- триазол гидроксил пропионовой кислоты;
- 1Н-1,2,4-триазол-1-илацетиловой кислоты.

Экотоксичность. Эпоксиконазол умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, водных ракообразных, донных микроорганизмов, но низко токсичен для млекопитающих. Препараты эпоксиконазола для человека 3- го класса опасности.

4.21. Триазолинтионы

Протиоконазол

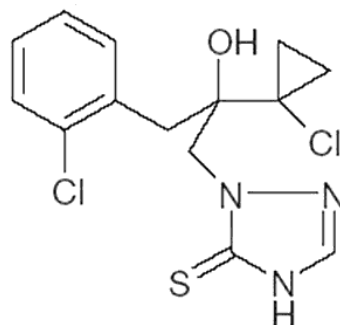
Название по ИЮПАК: (RS)- 2- [2- (1-хлорциклопропил)-3 -(2-хлорфенил)-2 - гидроксипропил]-2,4-дигидро-1,2,4-триазолы-3-тион

Химическая формула

$C_{14}H_{15}Cl_2N_3OS$;

Молекулярная масса 344,26

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида

представляет собой белый или бежевый летучий порошок с температурой плавления 141,8°C умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ксилол, этилацетат, ацетон). Давление паров при 25°C составляет 0,0004 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 300 мг/л.

Химические свойства. Протиоконазол очень устойчив к водному гидро-лизу при 25 и 50°C и рН от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Протиоконазол не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 1,7, а T_{90} – 5,8 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- альфа- (1,1-диметилэтил)- бета-(2-феноксипропил)- 1Н- 1,2,4-триазолы-1-этанол;

- альфа - (1- хлорциклопропил) - альфа- о(2- хлорфенил) метил-1Н-1,2,4-триазолы-1-этанол.

Экотоксичность. Протиоконазол умеренно токсичен для птиц, рыб, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов пчел, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих. Препарат на основе протиоконазола для человека 3-го класса опасности.

4.22. Анилинопиримидины

Ципродинил

Название по ИЮПАК: 4- циклопропил- 6-метил- N- фенилпиримидин- 2-амин

Химическая формула $C_{14}H_{15}N_3$;

Молекулярная масса 225,29

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бежевого цвета летучий порошок с температурой плавления

75,9°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (этилацетат, толуол, ацетон, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет $5,10 \cdot 10^{-01}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 13 мг/л.

Химические свойства. Ципродинил очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Ципродинил средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 45 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

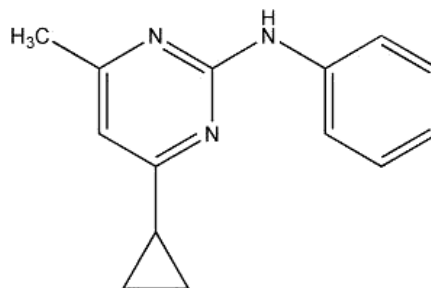
- 4-циклопропил-6-метил-пиримидин-2-иламин;
- 3-(4-циклопропил-6-метилпиримидин-2-иламино)фенол;
- 4-циклопропил-6-метил-2-фенил- амино-пиримидин-5-ол.

Метаболитами в организме растений и животных являются:

- (6-циклопропил-2-фениламино-пиримидин-4-ил)-метанол;
- (2амино-6-циклопропил-пиримидин-4-ил)-метанол.

Метаболитами в растениях, животных и почве являются:

- 4-(4-циклопропил-6-метил-пиримидин-2-ил-амино)-фенол;
- 4-циклопропил-6-метил-пиримидин-2-ол.



Экотоксичность. Ципродинил высоко токсичен для водных беспозвоночных умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, почвенных червей и низко токсичен для пчел. Препарат на основе ципродинила для человека 3-го класса опасности.

4.23. Дикарбоксимиды

Процимидон

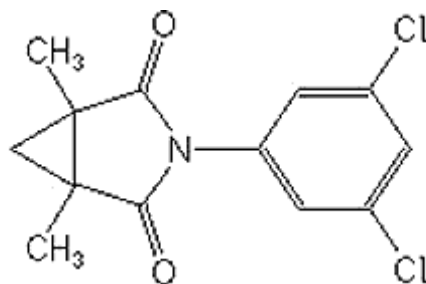
Название по ИЮПАК: *N*-(3,5 -дихлорфенил)- 1, 2-диметилциклопропан - 1, 2 - дикарбоксимид

Химическая формула

$C_{13}H_{11}Cl_2NO_2$;

Молекулярная масса 284.14;

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой белый гранулированный летучий порошок с температурой плавления 164.5°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, толуол, ацетон, циклогексанон). Давление паров при 25°C составляет 0,023 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2,46 мг/л.

Химические свойства. Процимидон не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 24,7 суток, при pH = 4 – 135, а при pH = 9 – 0,09 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Процимидон устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 208,3, а T_{90} – 349 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является 2 - (3, 5 -дихлорфенилкарбамоил) - 1, 2- диметил (циклопропан - карбоксиловая кислота).

Экотоксичность. Процимидон умеренно токсичен для рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, но низко токсичен для млекопитающих и птиц. Препарат на основе ипродиона для человека 2-го класса опасности.

4.24. Карбаматы

Пропамокарб гидрохлорид

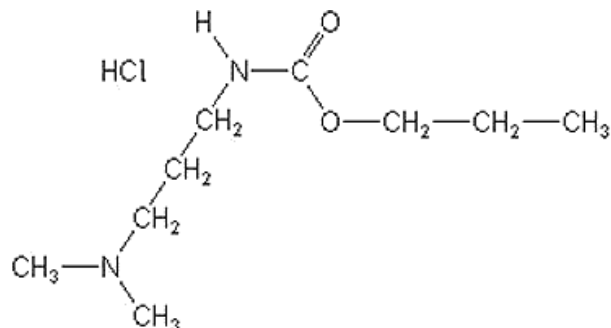
Название по ИЮПАК: пропил 3-(диметиламино)пропил карбамат гидрохлорид

Химическая формула

$C_9H_{21}ClN_2O_2$;

Молекулярная масса 224,73

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

фунгицида представляет собой

бесцветный кристаллический

летучий продукт с температурой плавления $64,2^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и органических растворителях (н-гексан, толуол, ацетон, дихлорметан). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $8,70 \cdot 10^{-01}$ МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 1005000 мг/л.

Химические свойства. Пропамокарб гидрохлорид очень устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пропамокарб гидрохлорид не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 20 суток.

Основными метаболитами пестицида в организме животных являются:

- 2-гидроксипропил 3-(диметиламино)пропилкарбамат;
- пропил [3-(метил-амино)пропил]карбамат;
- пропил-3-(диметиламино)пропилкарбаматы-N-оксид;
- 3- (3-диметиламинопропил)- 4- гидроксид- 4- метилоксазолдин-2-он.

Основными метаболитами пестицида в растениях являются:

- гидроксипропил-пропамокарб;
- пропамокарб-N-оксид.

Экотоксичность. Пропамокарб гидрохлорид умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, рыб, почвенных червей водных беспозвоночных. Препарат на основе пропамокарб гидрохлорида для человека 3-го класса опасности.

4.25. Производные оксазола

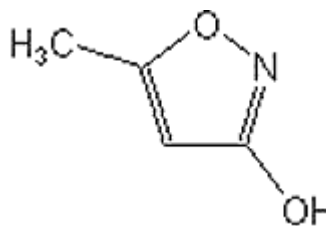
Гимексазол

Название по ИЮПАК: 5-метилизоксазол-3-ол

Химическая формула $C_4H_5NO_2$;

Молекулярная масса 99,15

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество фунгицида представляет собой светло - желтый кристаллический летучий продукт с температурой плавления $83,9^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, бензин). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 182 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 65100 мг/л.

Химические свойства. Гимексазол устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Гимексазол не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет в полевых условиях 11,1, а T_{90} – 36,8 суток.

Продуктами разложения пестицида в почве являются:

- ацетоацетимид;
- кротоновая кислота.

Продуктами разложения пестицида в растениях являются:

- гимексанил-О-глюкозид;
- гимексазол-О-диглюкозид;
- гимексазол-N-моноглюкозид.

Продуктами разложения пестицида в воде являются:

- 5-метил-2(3H)-оксазолон;
- ацетоуксусная кислота.

Экотоксичность. Гимексазол умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, почвенных червей. Препараты на основе гимексазола для человека 3-го класса опасности.

4.26. Производные имидазола

Производные имидазола по своим свойствам они очень близки производным триазола.

Фенамидон

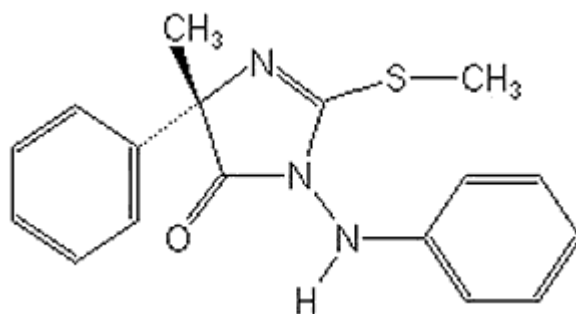
Название по ИЮПАК: (S)-1-анилино-4-метил-2-метилтио-4-фенилимида-золин-5-one

Химическая формула

$C_{17}H_{17}N_3OS$;

Молекулярная масса 311,40

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $136,8^{\circ}\text{C}$ низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, н-гексан, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0.00034 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7,8 мг/л.

Химические свойства. Фенамидон очень устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (Т50) при 20°C и $\text{pH} = 7$ составляет 411 суток, при $\text{pH} = 5$ – 221, а при $\text{pH} = 9$ – 27,6 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Фенамидон не устойчив в почве. Период распада в почве (Т50) составляет в полевых условиях 8,5, а Т90 – 28,4 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- (S)-5-метил-5-фенилимидазолидин-2,4-дион;
- (S) - 5- метил - 2-метилтио -3 - (2-нитрофениламино) - 5-фенил - 3,5 - дигидроимидазол-4-one;
- (S) - 5- метил- 2- метилтио-5- фенил- 3,5- дигидроимидазол-4-one.

Экотоксичность. Фенамидон умеренно токсичен для птиц, пчел, рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей, донных микроорганизмов и низко токсичен для млекопитающих. Препарат на основе фенамидона для человека 2-го класса опасности.

Прохлораз

Название по ИЮПАК: N- пропил- N- [2-(2,4,6-трихлорфенокси)этил] имидазол- 1 - карбоксаимид

Химическая формула

$C_{15}H_{16}Cl_3N_3O_2$;

Молекулярная масса 376.7

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный кристаллический летучий продукт с температурой плавления 48,3°C низко

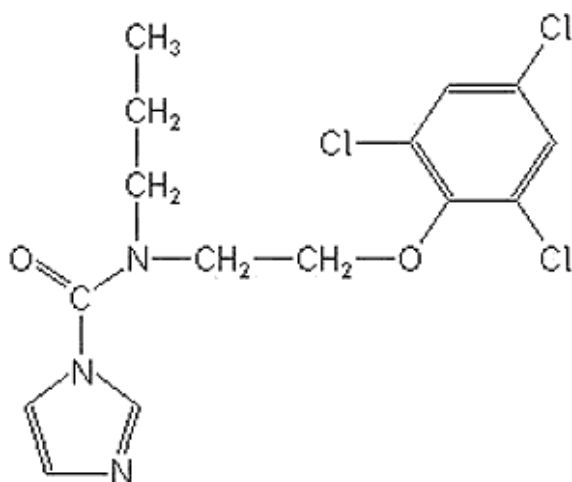
растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,15 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 34,4 мг/л.

Химические свойства. Прохлораз очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 5 до 7. Период водного гидролиза (T50) при 20°C и pH = 9 составляет 78,9 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Прохлораз очень устойчив в почве. Период распада в почве (T50) составляет 556 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является N- формил- N'- пропил- N'-2 (2,4,6 - трихлорфенокси) этил- мочевины.

Экотоксичность. Прохлораз высоко токсичен для донных микроорганизмов, умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных. Препарат на основе прохлораза для человека 2-го класса опасности.



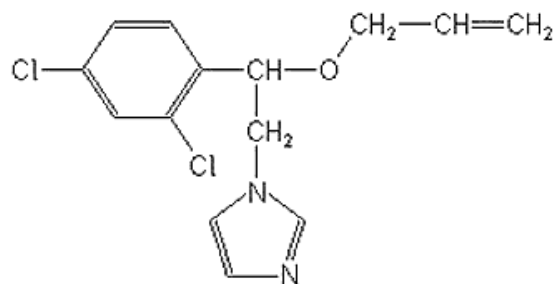
Имазалил

Название по ИЮПАК (RS)- 1- (β-аллилокси-2,4- дихлорфенил этил)имидазол

Химическая формула $C_{14}H_{14}Cl_2N_2O$;

Молекулярная масса 297,18

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой желто - коричневую маслянистую летучую жидкость умеренно растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (н - гексан, метанол, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,158 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 184 мг/л.

Химические свойства. Имазалил очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Имазалил не устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 6,4, а T90 – 61 сутки.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является 1-(2,4-дихлорфенил)-2-имидазол-1-илэтанол и метил изотиоцианат.

Основным продуктом разложения пестицида в организме животных является [3-[1-(2,4-дихлорфенил)-2-(1H-имидазол-1-ил)этоксил]-1,2-пропандиол].

Экотоксичность. Имазалил умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов. Препарат на основе имазалила для человека 2-го класса опасности.

4.27. Морфолины

Диметоморф

Название по ИЮПАК: (EZ) -4 - [3- (4- хлорфенил)-3- (3,4-диметоксифенил) акрилоил] морфолины

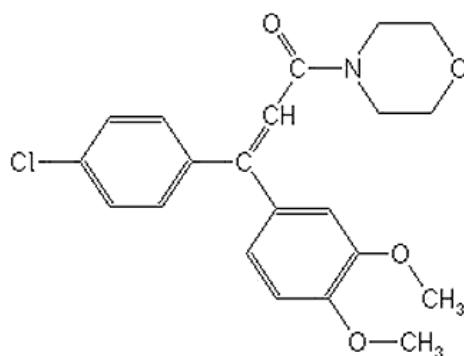
Химическая формула $C_{21}H_{22}ClNO_4$;

Молекулярная масса 387,86

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой бесцветный или серый летучий порошок с температурой плавления 137,2°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, толуол). Давление паров при 25°C составляет 9,85 10-04 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 28,95 мг/л.

Химические свойства. Диметоморф средне устойчив к вод-



ному гидролизу. Стабилен при 20°C и pH от 4 до 9. Период водного гидролиза (T50) при 20°C и pH = 7 составляет 70 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Диметоморф средне устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 44 суток.

Основными метаболитами пестицида в растениях являются:

- 4-хлор-3',4'-диметокси-бензофенон;
- 4 - [3 - (4 -хлорфенил) -3 -3, 4- диметоксифенил)- 1-оксо- 2-пропепил]- 2- оксоморфолины.

Метаболитом пестицида в организме животных является - N-[3-(4-хлорфенил)-3-3,4-диметоксифенил)-1-оксо-2-пропенил-глицин.

Метаболитами пестицида в организме растений и животных являются:

- 4 -[(E)- и (Z)- бета- (p-хлорфенил)- 3- гидроксид- 4- метоксициннамоил] морфолины;
- 4-[(E)-и(Z)-бета-(p-хлорфенил)-4-гидроксид-3- метоксициннамоил] морфолины.

Экотоксичность. Диметоморф умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных, но низко токсичен для млекопитающих.

Спироксамин

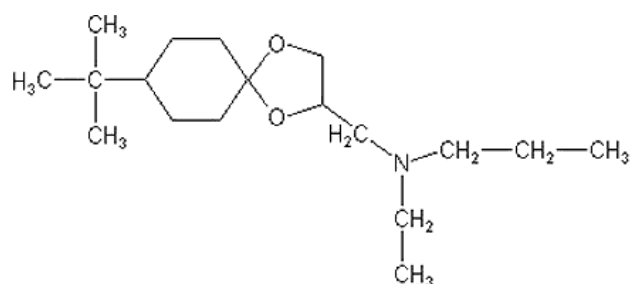
Название по ИЮПАК: 8 - трибутил- 1,4-диоксапиро [4.5] декан – 2 - илметил(этил) (пропил) асмин

Химическая формула

$C_{18}H_{35}NO_2$;

Молекулярная масса 297,5

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой

светло - желтую летучую жидкость умеренно растворимую в воде и высоко растворимую в органических растворителях (ацетон, метанол, н-гексан, толуол). Давление паров при 25°C составляет 3,5 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 405 мг/л.

Химические свойства. Спироксамин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Стабилен фунгицид при 20°C и pH от 4 до 7. Низко гидролизуется при pH = 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Спироксамин

средне устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 57,5, а T90 – 153 суток.

Основными продуктами разложения в почве организмы животных и растений являются:

- N-оксид спироксамина;
- 2-(2-{[этил(пропил)амино] метил} - 1,4- диоксаспиро [4,5] дек- 8-ил) - 2- метилпропанойная кислота;
- 2-(2-{[этил(пропил)амино] метил} -1,4 – диоксаспиро [4.5] дек-8-ил) -этил(пропил) амино] метил} -1,4- диоксаспиро [4.5] дек-8-ил) -3-гидрокси-2- метилпропанойная кислота;
- N- [(8-трибутил- 1,4-диоксаспиро [4.5] дек-2-ил)метил] этанамин; - N - [(8-трибутил- 1,4-диоксаспиро [4.5] дек-2-ил)метил] пропан-1-амин;
- t-бутилциклогексанон;
- 2-(2-{[этил(пропил)амино]нитроил] метил}- 1,4- диоксаспиро[4.5]дек-8-ил)-2-метилпропил гексапиранозид

Экотоксичность. Спироксамин умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных водных ракообразных и беспозвоночных, почвенных червей, пчел. Препараты на основе спироксамина для человека 2-го класса опасности.

4.28. Пиримидины

Фенаримол

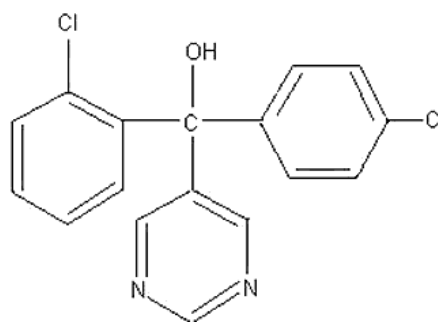
Название по ИЮПАК: (RS)- 2,4'-дихлор-α- (пиримидин-5-ил) бензидриловый спирт

Химическая формула $C_{17}H_{12}Cl_2N_2O$;

Молекулярная масса 331,20

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой почти белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 118оС низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гептан, ксилол, метанол, этилацетат). Давление паров при 25оС составляет 0,065 МПа. Растворимость в воде при 20оС составляет 13,7 мг/л.



Действующее вещество фунгицида представляет собой почти белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 118оС низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гептан, ксилол, метанол, этилацетат). Давление паров при 25оС составляет 0,065 МПа. Растворимость в воде при 20оС составляет 13,7 мг/л.

Химические свойства. Фенаримол очень устойчив к водному гидролизу при 20оС и рН = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Фенаримол

средне устойчив в почве. Период распада в почве (T50) составляет 74 суток.

Метаболитами пестицида в организме животных является фенаримол-N-оксид, а в воде - 2- хлор- 2- (5-пиримидил)- 4- хлор-бензофенон.

Экотоксичность. Фенаримол умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, почвенных червей. Препараты на основе фенаримола для человека 3-го класса опасности.

4.29. Пиперазины

Трифорин

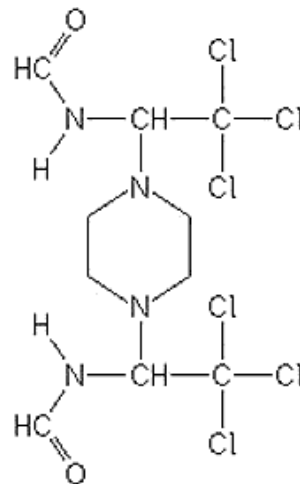
Название по ИЮПАК: N,N'- {пиперазин- 1,4- диилбис [(трихлорметил) метилен]} диформаид

Химическая формула $C_{10}H_{14}Cl_6N_4O_2$;

Молекулярная масса 434,96

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество фунгицида представляет собой белый или коричневый летучий кристаллический продукт низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет 26 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 9 мг/л.



Химические свойства. Трифорин не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T50) при 20°C и pH =7 составляет 2,2 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Трифорин не устойчив в почве. Период распада в почве (T50) в полевых условиях составляет 21 сутки.

Экотоксичность. Трифорин умеренно токсичен для пчел, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, почвенных червей, но низко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб. Препарат на основе трифориона для человека 3-го класса опасности.

Контрольные вопросы

1. Укажите конечные продукты деградации производных триазола в почве и растениях.
2. Укажите конечные продукты деградации производных бензимидазола в почве и растениях.
3. Укажите фунгициды наиболее стойкие в почве.
4. Укажите фунгициды менее стойкие в почве.
5. Укажите фунгициды наиболее опасные для энтомофагов и насекомых-опылителей
6. Укажите фунгициды малоопасные для энтомофагов и насекомых - опылителей
7. Укажите фунгициды 2-го класса опасности для теплокровных и человека.
8. Укажите фунгициды 3-го класса опасности для теплокровных и человека.

Глава 5. ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ГЕРБИЦИДОВ

В результате изучения материала главы студент должен знать: классификацию, физико-химические и токсикологические свойства основных групп гербицидов, а также условия и технологии их внесения в агроценоз.

Гербициды – химические вещества, применяемые для ограничения численности сорной травянистой растительности в посевах сельскохозяйственных культур. Гербициды классифицируют по различным принципам:

1. По классам и группам химических соединений, производными которых они являются;
2. По способности проявлять токсические свойства в отношении сорных и культурных растений;
3. По характеру распределения гербицидов на растениях и количеству видов, в отношении которых гербицид проявляет высокую биологическую эффективность;
4. В зависимости от класса растений, к которому принадлежат подавляемые виды сорняков;
5. В зависимости от вида обрабатываемого объекта в агроценозе, по механизму действия на сорные растения и некоторым другим свойствам.

Современные гербициды – это вещества органического синтеза из различных классов и групп химических соединений (табл. 8).

Таблица 8 – Действующие вещества гербицидов по группам химических соединений

Группы химических соединений	Названия действующих веществ
Ассиметричные триазины	метамитрон, метрибузин, прометрин
Арилоксифеноксипропионаты	галоксифоп-Р-метил, клодинафоп-пропаргил, пропаквизафоп, феноксапроп-П-этил, флуазифоп-П-бутил, квазилофоп-П-тефурил, хизалофоп-П-этил
Бензотиазины	бентазон
Бензофураны	этофумезат
Бискарбаматы	десмедифам, фенмедифам
Динитроанилины	пендиметалин, трифлуралин
Дифениловые эфиры	оксифлуорфен
Изоксазолы	изоксафлутол

Изоксазолидиноны	кломазон
Имидазолиноны	имазамокс, имазапир, имазетапир
Квиноны	дитианон
Манделамиды	мандипропамид
Морфолины	диметоморф
Пиримидины	фенаримол, флуроксипир
Производные:	
бензойной кислоты	дикамба
бипиридилия	дикват
гидроксibenзойной кислоты	бромоксинил
мочевины	изопротурон
пиридазина (пиридазины)	пиридабен, хлоридазон
пиридина	клопиралид, флуроксипир
пирролидона	флурахлоридон
сульфанилмочевины	йодосульфурон-метил-натрий, метсульфурон-метил, никосульфурон, просульфурон, римсульфурон, сульфаметурон-метил, тифенсульфурон-метил, триа-сульфурон, трибенурон-метил, тритосульфурон, трифлусульфурон-метил, форамсульфурон, хлор-сульфурон
урацила	ленацил
феноксипропионовой кислоты	МЦПА
фосфиновой кислоты	глюфосинат аммония
хлорфеноксипропионовой кислоты	2,4-Д
Тиокарбаматы	просульфокарб
Триалины	карфентразон-этил
Триазолпиримидины	флорасулам, флуметсулам
Трикетоны	мезотрион
Фенилпиразолины	пиноксаден
N-фенилфталимиды	флумиоксазин
фосфоглицины	глифосат
Хлорнитрилы	хлоротоланил
Хлорацетанилиды	ацетохлор, диметенамид, метазахлор, С-метолахлор, пропизохлор
Циклогександионы	клетодим, тепралоксидим, тралоксидим

В зависимости от способности проявлять токсические свойства в отношении сорных и культурных растений гербициды подразделяют на две группы:

1. *Гербициды общего (сплошного, неселективного) действия.* Они вызывают гибель всей травянистой растительности на обрабатываемой площади. Такие гербициды применяют в паровых полях, при подготовке полей под посев или посадку культуры, а также в многолетних насаждениях древесных и кустарниковых культур.

2. *Гербициды избирательного (селективного) действия*, которые вызывают гибель одних видов травянистой растительности и практически не влияют отрицательно на другие, в том числе и культурные растения на обрабатываемой площади. Избирательные гербициды применяют в посевах различных сельскохозяйственных культур.

По характеру распределения на растениях гербициды подразделяются на две группы:

1. *Контактные* гербициды оказывают токсическое действие на ткани растений непосредственно в местах контакта с ними. Поэтому при применении контактных гербицидов необходимо равномерное покрытие рабочим составом всех органов растений. Контактные гербициды практически не передвигаются в растениях.

2. *Системные* гербициды проникают в растения через надземные органы или корневую систему и поступают соответственно в сосуды флоэмы и ксилемы. По флоэме гербициды передвигаются в корневую систему, генеративные органы и накапливаются в зонах активного роста, меристематических тканях. По сосудам ксилемы с транспирационным током гербициды передвигаются в надземные органы и накапливаются в листьях. В местах концентраций гербицидов вызывает глубокие нарушения физиологических процессов и гибель растений.

В зависимости от количества видов, в отношении которых гербицид проявляет высокую биологическую эффективность, их подразделяют на две группы:

1. *Гербициды узкого спектра действия*. Они эффективны против 1-3 видов сорняков.

2. *Гербициды широкого спектра действия*. Они проявляют высокое гербицидное действие в отношении достаточно большого числа видов сорных растений.

В зависимости от класса растений, к которому принадлежат подавляемые виды сорняков, гербициды подразделяют на три группы:

1. *Противоднородные (противозлаковые, граминициды)* – гербициды высокоэффективные в отношении однолетних и/или многолетних однодольных (злаковых) видов сорняков.

2. *Противодвудольные* – гербициды, высокоэффективные в отношении ряда однолетних и/или многолетних двудольных видов сорняков.

3. *Противодно - и двудольные* – гербициды, проявляющие

высокую

эффективность в отношении ряда видов как однодольных, так и двудольных сорных растений.

В зависимости от вида обрабатываемого объекта в агроценозе гербициды подразделяют на две группы:

1. *Гербициды почвенные*. Их вносят способом опрыскивания почвы до посева, при посеве или после посева (посадки) культуры для подавления проростков сорняков. Гербицид, заделанный в достаточно увлажненный для прорастания семян сорняков слой почвы на глубину 1-5 см или проникший сюда в результате миграции его по почвенному профилю, активно поглощается проростками и вызывает их гибель.

2. *Гербициды послевсходовые*. Их вносят в агроценоз способом опрыскивания растений после появления всходов сорняков.

5.1. Производные хлорфеноксиуксусной кислоты

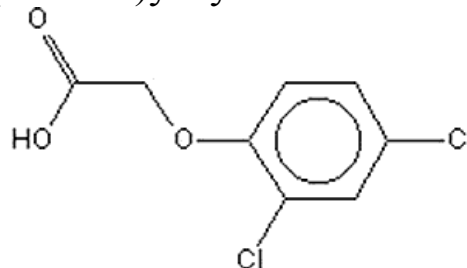
2,4-Д

Название по ИЮПАК: (2,4-дихлорфенокси)уксусная кислота

Химическая формула $C_8H_6Cl_2O_3$;

Молекулярная масса 221,04

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

гербицида представляет собой

белый летучий порошок с температурой плавления $139,3^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и органических растворителях (метанол, ацетон, толуол, дихлорметан). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,0187 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 23180 мг/л.

Химические свойства. 2,4-Д очень устойчива к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ и стабильна при pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. 2,4-Д не устойчива в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 10 суток.

Экотоксичность. 2,4 - Д умеренно токсичен для млекопитающих, донных микроорганизмов, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей. Препараты на основе 2,4-Д для человека 2-го класса опасности.

5.2. Производные арилоксиалканкарбоновых кислот

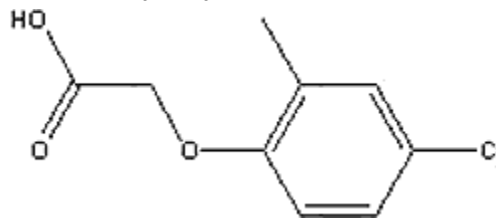
МЦПА

Название по ИЮПАК: 4-хлор-о-толилоксиуксусная кислота

Химическая формула $C_9H_9ClO_3$;

Молекулярная масса 200,62

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

гербицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления $116^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и органических растворителях (н-гексан, толуол, метанол, этилацетат). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,4 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 29390 мг/л.

Химические свойства. МЦПА очень устойчива к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. МЦПА не устойчива в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 25 суток.

Основным продуктом разложения гербицида в почве является 2-метил-4-хлорфенол.

Экотоксичность. МЦПА умеренно токсична для млекопитающих, птиц, рыб, донных микроорганизмов, почвенных червей и низко токсична для пчел.

Препараты на основе МЦПА для человека 2-го класса опасности.

5.3. Производные бензойной кислоты

Дикамба

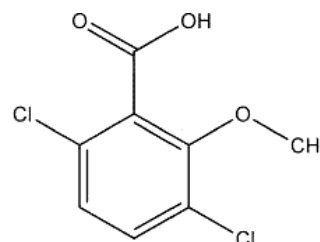
Название по ИЮПАК: 3,6-

дихлороанисовая кислота

Химическая формула $C_8H_6Cl_2O_3$;

Молекулярная масса 221,04

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления $115^{\circ}C$

высоко растворимый в воде и органических растворителях (н-гептан, ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 1,67 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 250000 мг/л.

Химические свойства. Дикамба очень устойчива к водному гидролизу при 20°C и pH от 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Дикамба не устойчива в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3,9, а T_{90} – 13,2 суток.

Основным продуктом разложения гербицида в почве является 3,6-дихлорсалициловая кислота.

Основными продуктами разложения гербицида в организме животных являются:

- 2,5-дихлорфенол;
- 2-амино-3,6-дихлорфенол.

Основным продуктом разложения гербицида в организме животных и растений является 5-гидроксидикамба.

Экотоксичность. Дикамба умеренно токсична для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей и низко токсична для водных беспозвоночных. Препараты на основе дикамбы для человека 3-го класса опасности.

5.4. Производные гидроксибензойной кислоты

Бромоксинил

Название по ИЮПАК: 3,5-дибром-4-гидроксибензонитрил

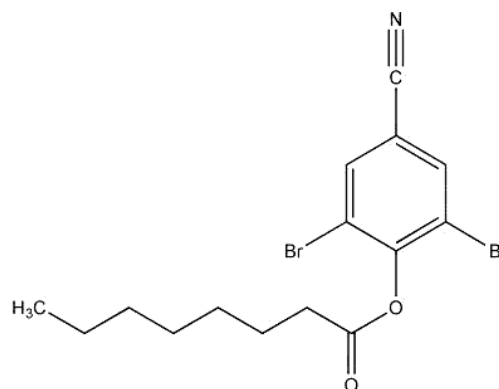
Химическая формула $C_7H_3Br_2NO$;

Молекулярная масса 276,9

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт с температурой плавления 188,7°C умеренно растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, тетрагидрофуран). Давление паров при 25°C составляет



0,17 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 90 мг/л.

Химические свойства. Бромоксинил очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Бромоксинил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 8 суток.

Экотоксичность. Бромоксинил высоко токсичен для млекопитающих; умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных.

5.5. Производные пиколиновой кислоты

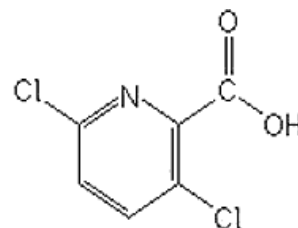
Клопиралид

Название по ИЮПАК: 3,6-дихлорпиридин-2-карбоксилловая кислота

Химическая формула $C_6H_3Cl_2NO_2$;

Молекулярная масса 192,0

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт с температурой плавления 149,6°C высоко растворимый в воде и органических растворителях (н-гексан, ацетон, ксилол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 1,36 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 143000 мг/л.

Химические свойства. Клопиралид очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Клопиралид не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 11, а T_{90} – 38 суток.

Экотоксичность. Клопиралид умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих и донных микроорганизмов. Препараты на основе клопиралида для человека 3-го класса опасности.

5.6. Пиримидины

Флуроксипир

Название по ИЮПАК: 4-амино-3,5-дихлор-6-фтор-2-пиридилоксиуксусная кислота

Химическая формула $C_7H_5Cl_2FN_2O_3$;

Молекулярная масса 255,03

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный средне летучий кристаллический продукт с

температурой плавления $232,5^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ксилол, ацетон, метанол, гексан,). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,0000038 МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 6500 мг/л.

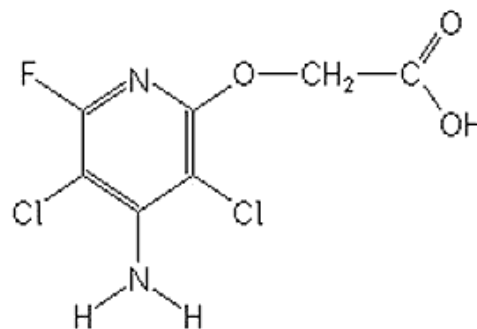
Химические свойства. Флуроксипир устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$. Гербицид стабилен при $20^{\circ}C$ и pH от 4 до 7. Период гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 9$ составляет 3,2 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Флурокси-пир средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 51 сутки.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- 4-амино-3,5-дихлор-6-фтор-2-пиридинол;
- 4-амино-3,5-дихлор-6-фтор-метоксипиримидин.

Экотоксичность. Флуроксипир умеренно токсичен для рыб, птиц, водных беспозвоночных, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе флуроксипира для человека 3-го класса опасности.



5.7. Производные сульфонилмочевины

Азимсульфурон

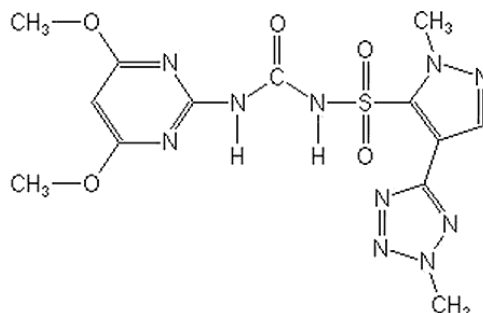
Название по ИЮПАК 1- (4,6-диметоксипиримидин- 2-ил)- 3- [1-метил- 4- (2-метил - 2Н -тетразол-5-ил) пиразол- 5-илсульфанил] мочевины

Химическая формула



Молекулярная масса 424,40

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой белый средне летучий порошок с температурой плавления 170°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, этилацетат, метанол, толуол). Давление паров при 25°C составляет $4.0 \cdot 10^{-06}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1050 мг/л.

Химические свойства. Азимсульфурон устойчив к водному гидролизу. При 20°C и pH = 7 период гидролиза (T_{50}) составляет 124 суток, при pH = 5 – 89, а pH = 9 – 132 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Азимсульфурон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3,5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 1- метил- 4- (2-метил- 2Н- тетразол- 5-ил)- 1Н- пиразол- 5-сульфон-амид;
- 1-амино-4,6-диметоксипиримидин;
- N- [[(аминоиминометил)амино]карбонил] -1-метил- 4- (2-метил-2Н-тетразол-5-ил) -1Н-пиразол- 5-сульфонамид;
- N- [[4-гидрокси- 6-метоксипиримидин- 2- ил) амино] карбонил]- 1-метил – 4 - (2- метил- 2Н- тетразол- 5- ил) -1Н -пиразол-5-сульфонамид.

Экотоксичность. Азимсульфурон умеренно токсичен для почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих птиц, рыб, водных беспозвоночных. Препарат на основе азимсульфурана для человека 3-го класса опасности.

Йдосульфурон-метил-натрий

Название по ИЮПАК: натрий({[5-йодо-2-(метоксикарбонил) фенил]сульфонил} карбомиил) (4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин-2-илу) азанид

Химическая формула $C_{14}H_{13}IN_5NaO_6S$;

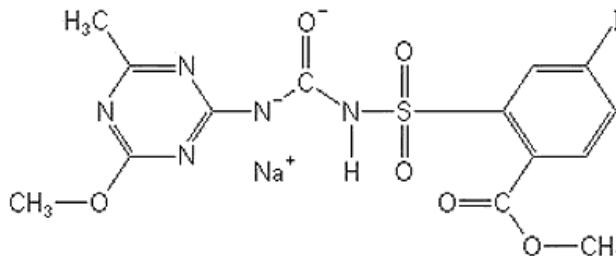
Молекулярная масса 529,24

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой средне летучий порошок с температурой

плавления $150^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и в органических растворителях (н-гептан, н-гексан, метанол, толуол). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $6.70 \cdot 10^{-06}$ МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 25000 мг/л.



Химические свойства. Йдосульфурон-метил-натрий очень устойчив к водному гидролизу. При $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ период гидролиза (T_{50}) составляет 365 суток, при $pH = 4 - 4$, а $pH = 9 - 362$ суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Йдосульфурон-метил-натрий не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 8, а $T_{90} - 28$ суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-амино-4-метокси-6-метил-1,3,5-триазины;
- метил 2- [3-(4- гидрокс- 6-метил- 1,3,5- триазин- 2-ил) уреидосульфонил] бензоат;
- метсульфурон-метил.

Экотоксичность. Йдосульфурон метилнатрий умеренно токсичен для птиц, рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих. Препарат на основе йдосульфурон-метилнатрия для человека 3- го класса опасности.

Метсульфурон-метил

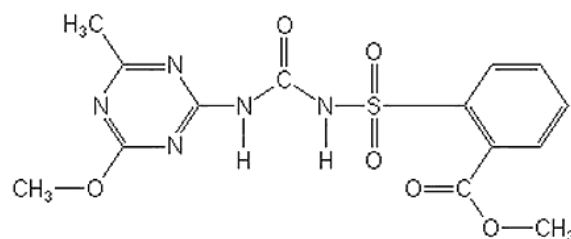
Название по ИЮПАК: метил 2 - (4- метокси - 6- метил- 1,3,5 - триазин- 2 - илкарбамоилсульфамоил) бензоат

Химическая формула

$C_{14}H_{15}N_5O_6S$;

Молекулярная масса 381,36

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой белый или светло - желтый не летучий кристаллический продукт с температурой плавления $162^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, н-гексан, метанол, толуол). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $1,10 \cdot 10^{-07}$ МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 2790 мг/л.

Химические свойства. Метсульфурон-метил очень устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и pH от 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Метсульфурон-метил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 10 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- метил 2-(аминосульфонил) бензоат;
- 2-(аминосульфонил) бензойная кислота;
- фенилмочевина;
- сахарин.

Экотоксичность. Метсульфуронметил умеренно токсичен для почвенных червей и пчел; низко токсичен для млекопитающих птиц, рыб, водных беспозвоночных. Препараты на основе метсульфуронметила для человека 3-го класса опасности.

Просульфурон

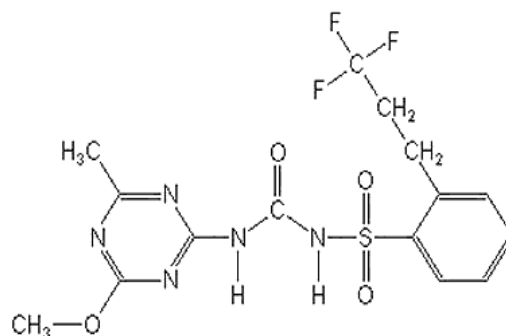
Название по ИЮПАК: 1- (4-метокси-6-метил- 1,3,5-триазин-2-ил)- 3- [2- (3,3,3 - трифторпропил) фенилсульфонил]мочевина

Химическая формула

$C_{15}H_{16}F_3N_5O_4S$;

Молекулярная масса 419,38

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, этанол, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $3,16 \cdot 10^{01}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 4000 мг/л.

Химические свойства. Просульфурон очень устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 424-451 суток, при pH = 5 – 5-12, а при pH = 9 – 682-1690 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Просульфурон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 16, а T_{90} – 81 сутки.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-(3,3,3-трифторпропил)фенил сульфонамид;
- 4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин-2-амин;
- О-десметил триасульфурон.

Экотоксичность. Просульфурон умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, почвенных червей и пчел; низко токсичен для рыб, водных беспозвоночных. Препарат на основе просульфурона для человека 3-го класса опасности.

Тифенсульфурон-метил

Название по ИЮПАК: метил 3 - (4-метокси- 6- метил - 1,3,5 - триазин-2-илкарбамоил-сульфамоил)тиофен-2-карбоксилат

Химическая формула $C_{12}H_{13}N_5O_6S_2$;

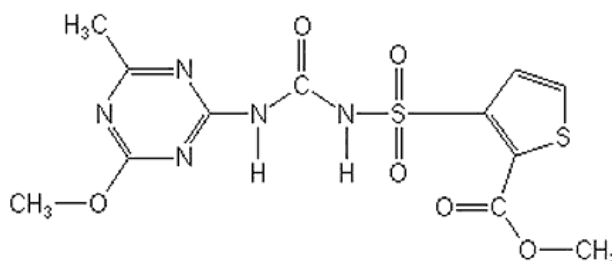
Молекулярная масса 387,39

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой желто - коричневую средне

летучую жидкость высоко растворимую в воде и в органических растворителях (ацетон, метанол, этанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $7,5 \cdot 10^{-06}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2240 мг/л.



Химические свойства. Тифенсульфурон-метил устойчив к водному гид-ролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 180 суток, при 20°C и pH = 5 – 5, а при pH = 9 – 90 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тифенсульфурон-метил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 10, а T_{90} – 38 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- тиофен сульфонамид;
- тифенсульфон;
- *O*-десметилтифенсульфурон метил;

Основным продуктом разложения пестицида в воде и почве является триазин амин, а в воде – триазин мочевины.

Экотоксичность. Тифенсульфурон-метил умеренно токсичен для пчел, рыб; низко токсичен для млекопитающих, птиц, водных беспозвоночных. Препараты на основе тифенсульфурон-метила для человека 3-го класса опасности.

Трибенурон-метил

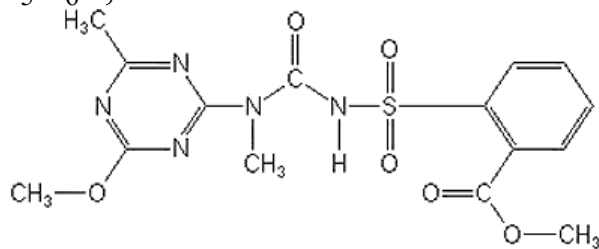
Название по ИЮПАК: метил 2- [4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин-2-ил (метил) карбамоилсульфамоил]бензоат

Химическая формула $C_{15}H_{17}N_5O_6S$;

Молекулярная масса

395,4

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой светло - коричневый средне летучий продукт с температурой плавления 142 °C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, н-гептан, дихлорметан, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $5,30 \cdot 10^{-05}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 2040 мг/л.

Химические свойства. Трибенурон-метил не устойчив к водному гидро-лизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 16, а при pH = 5 – 1 сутки; гербицид стабилен при 20°C и pH = 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Трибенурон-метил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 10 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- N-метил триазин амин;
- 2-амино- 4-метокси- 6- метил- 1,3,5-триазины ;
- сахарин.

Экотоксичность. Трибенурон-метил умеренно токсичен для пчел и почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих, птиц рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных. Препараты на основе трибенурон-метила для человека 3-го класса опасности.

Триасульфурон

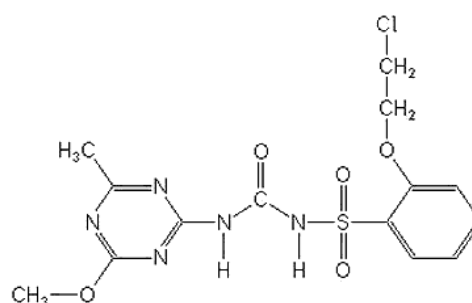
Название по ИЮПАК: 1- [2- (2-хлорэтокс) фенилсульфонил]- 3- (4-метокси- 6- метил- 1,3,5 - триазин-2-ил) мочевины

Химическая формула

$C_{14}H_{16}ClN_5O_5S$;

Молекулярная масса 401,8

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления 188,6 °С высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, н-гексан, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°С составляет 0,0021 МПа. Растворимость в воде при 20°С составляет 815 мг/л.

Химические свойства. Триасульфурон устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°С и рН = 5 составляет 23 суток. Гербицид стабилен при 20°С и рН от 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Триасульфурон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 19, а T_{90} – 70 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин-2-амин;
- O-диметил триасульфурон;

- хлорсульфонамид;
- гидрокси хлорсульфонамид. .

Экотоксичность. Триасульфурон умеренно токсичен для пчел, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных; низко токсичен для млекопитающих, птиц. Препараты на основе триасульфурона для человека 3-го класса опасности.

Трифлусульфурон-метил

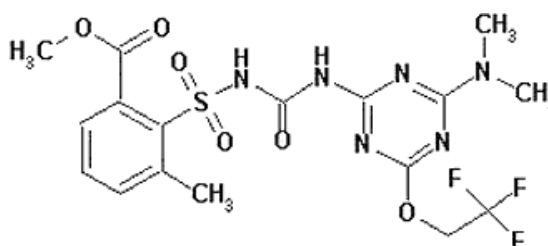
Название по ИЮПАК: метил 2- [4-диметиламино- 6- (2,2,2- трифторэтокси)- 1,3,5 - триазин-2-илкарбомаилсульфамоил]-m-толуат

Химическая формула

$C_{17}H_{19}F_3N_6O_6S$;

Молекулярная масса 492,43

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой белый летучий порошок с температурой плавления 160°C низко растворимый в гексане, умеренно растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 6,0 10-07 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 260 мг/л.

Химические свойства. Трифлусульфурон-метил средне устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 32 суток, при pH = 5 – 3,7, а при pH = 9 – 36 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Трифлусульфуронметил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- метил сахарин;
- N,N - диметил- 6- (2,2,2- трифторэтокси)- 1,3,5- триазинн-2,4-диамин;
- N-десметил триазин амины;
- N,N-бис- десметил триазин амины;
- N-метил-6-(2,2,2-трифторэтокси)-1,3,5Триазин-2,4-диамин.

Экотоксичность. Трифлусульфурон-метил умеренно токсичен для пчел и почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных. Препараты на основе трифлусульфурон-метила для человека 3-го класса опасности.

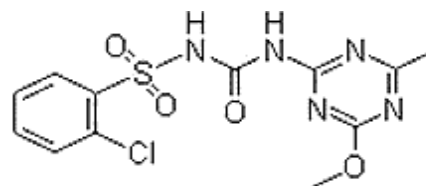
Название по ИЮПАК: 1-(2-хлорфенилсульфонил)-3-(4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин-2-ил)мочевина

Химическая формула

$C_{12}H_{12}ClN_5O_4S$;

Молекулярная масса 357,77

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой средне летучий кристаллический продукт с температурой плавления 173 °С высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, метанол, толуол, дихлорметан). Давление паров при 25°С составляет $3,07 \cdot 10^{-06}$ МПа. Растворимость в воде при 20°С составляет 12500 мг/л.

Химические свойства. Хлорсульфурон очень устойчив к водному гидро-лизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°С и pH = 5 составляет 2,2 суток. Гербицид стабилен при 20°С и pH от 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Хлорсульфурон средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 36,2, а T_{90} – 120,3 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-хлорбензенсульфонамид;
- 2-амино-4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин;
- N- [(N- карбамоилкарбамимидоил) карбамоил] - 2- хлорбензенсуль-фонамид;
- 4-амино-6-метил-1,3,5-триазин-2-ол;
- 2-хлорфенил производные сульфонилмочевины;
- 1-(4-метокси-6-метил-1,3,5-триазин-2-ил)мочевина.

Основными метаболитами пестицида в растениях являются:

- 2-хлор- 5-гидрокси- N- [[(4-метокси-6-метил-1,3,5-триази-

2-ил) амино] -карбонил] бензен- сульфонамид; -2-хлор- 5-(в-D-глюкопирано-силокси)-бензенсульфонамид;

- 2-хлор-5-(бэта-D-глюкопираносилокси)-N-[[[4-метокси-6-метил-1,3,5-трази-2-ил)амино] -карбонил]бензенсульфонамид.

Основным метаболитом пестицида в организме животных является 2-хлор-5-гидроксibenzenсульфонамид.

Экотоксичность. Хлорсульфурон умеренно токсичен для пчел, водных ракообразных и почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных.

Препараты на основе хлорсульфурана для человека 3-го класса опасности.

Никосульфурон

Название по ИЮПАК; 2-[(4,6-диметоксипиримидин-2-илкарбамоил) сульфоамиоил]-N,N-диметилникотинамид

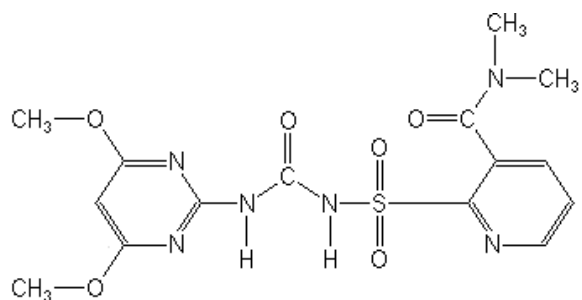
Химическая формула

$C_{15}H_{18}N_6O_6S$;

Молекулярная масса 410,41

Структурная формула:

Физические свойства.



Действующее вещество гербицида представляет собой белый или бесцветный не летучий кристаллический продукт с температурой плавления 145°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, дихлорметан, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $8,0 \cdot 10^{-07}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7500 мг/л.

Химические свойства. Никосульфурон очень устойчив к водному гид-ролизу при 20°C и pH = 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Никосульфурон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 19,3, а T_{90} – 87,1 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2 - {((4 – гидроксi – 6 – метоксипиримидин - 2- ил) карбамоил) сульфоамиоил} - N,N- диметилпиримидин- 3-карбоксамида;

- 2 - ((карбамимидоилкарбамоил) сульфоамиоил) - N,N - диметилпиримидин – 3 - карбоксамида;

- N,N-диметил-2-сульфамоил пиридин-3-карбоксаимид;
- 2- ((какрбамоилкарбамоил) сульфамоил) - N,N -диметилпиридин - 3-карбоксаимид;
- 2- аминосульфонил- N,N- диметил- 3- пиридинкарбоксаимид;
- 2-амино-4,6-диметоксипиримидин.

Экотоксичность. Никосульфурон умеренно токсичен для птиц, рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей и пчел; низко токсичен для млекопитающих.

Препарат на основе никосульфурона для человека 3-го класса опасности.

Римсульфурон

Название по ИЮПАК: 1- (4,6-диметоксипиримидин-2-yl) -3 - (3-этилсульфонил- 2- пиридилсульфонил) мочевины

Химическая формула

$C_{14}H_{17}N_5O_7S_2$;

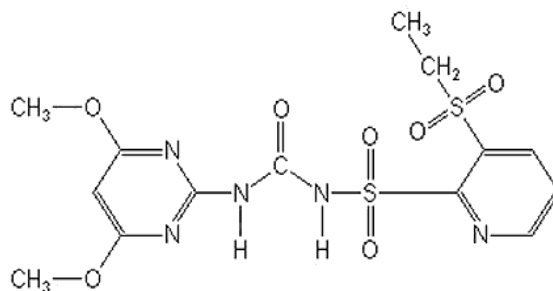
Молекулярная масса 431,44

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой

бесцветный летучий кристаллический продукт с температурой плавления 172°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, метанол, дихлорметан, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $8,90 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7300 мг/л.



Химические свойства. Римсульфурон не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 7,2 суток, при pH = 5 – 4,7 суток, а при pH = 9 – 4,2 часа.

Превращение в объектах окружающей среды. Римсульфурон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 10,8, а T_{90} – 45,8 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- N- (4,6 - диметокси- 2-пиримидинил)- N- (3- (этилсульфонил)- 2-пиридинил) мочевины;

- N- [3-(этилсульфонил) - 2-пиридирил] -4,6- диметокси -2-пиримидинамин;

- 3- (этилсульфонил) -2 -пиридинсульфонамид.

Метаболитом гербицида в растениях и воде является 4,6-диметокси-2-пиримидинамин.

Основным продуктом разложения пестицида в почве и воде является [[3-этилсульфонил) -2-пиридирил] амина] -6-метокси-4(1H)-пиримидинон.

Экотоксичность. Римсульфурон умеренно токсичен для пчел и почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, водных беспозвоночных. Препараты на основе римсульфурана для человека 3-го класса опасности.

Форамсульфурон

Название по ИЮПАК: 1-(4,6-диметоксипиримидин-2-ил) -3- [2-(диметилкарбамоил) -5- формамидофенилсульфонил] мочевины

Химическая формула

$C_{17}H_{20}N_6O_7S$;

Молекулярная масса 452,5

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество

гербицида представляет

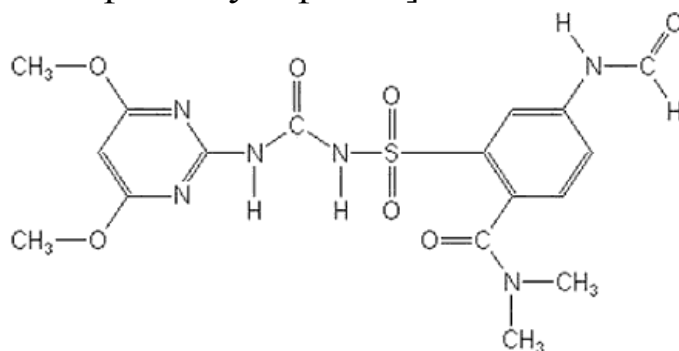
собой не летучий порошок

с температурой плавления 194,5 °С высоко растворимый в воде и в органических растворителях (ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°С составляет $4,20 \cdot 10^{-09}$ МПа. Растворимость в воде при 20°С составляет 3293 мг/л.

Химические свойства. Форамсульфурон устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°С и pH = 7 составляет 128 суток, при pH = 5 -10, а при 20°С и pH = 9-132 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Форамсульфурон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 5,5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:



- 4-амино- 2- [3- (4,6-диметоксипиримидин-2-ил) уреидо-сульфонил] -N,N -диметил производные бензоилмочевины;
- 2-амино-4,6-диметоксипиримидин.

Основными продуктами разложения пестицида в воде являются:

- 6-амино-1,2-бензисотиазол-3(2H)-one 1,1 диоксид;
- 6-формамидо-1,2-бензисотиазол-3(2H)-one 1,1 диоксид.

Основным продуктом разложения пестицида в воде, осадочной породе и растениях является:

- N-диметил-2-сульфамоил производные бензоилмочевины (бензамиды)-4-формиламино-N.

Экотоксичность. Форамсульфурон умеренно токсичен для пчел, птиц, рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных и почвенных червей; низко токсичен для млекопитающих.

Препараты на основе форамсульфурона для человека 3-го класса опасности.

5.8. Бис карбаматы

Десмедифам

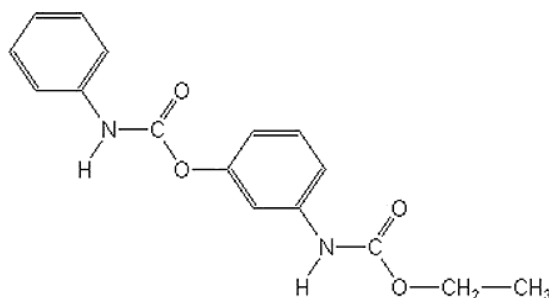
Название по ИЮПАК: этил 3-фенилкарбамоилоксиокси карбанилат

Химическая формула

$C_{16}H_{16}N_2O_4$;

Молекулярная масса 300,31

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет

собой бесцветный кристаллический летучий продукт с температурой плавления 118,5°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, метанол, толуол), но умеренно растворимый в н-гексане. Давление паров при 25°C составляет 0,000041 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7 мг/л.

Химические свойства. Десмедифам не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 1 сутки. Гербицид стабилен при pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Десмедифам

фам не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 8, а T_{90} 25,6 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является этил 3-гидрокси карбонилат.

Экотоксичность. Десмедифам умеренно токсичен для птиц, почвенных червей, пчел, рыб, и водных беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих.

Препараты на основе десмедифама для человека 3-го класса опасности.

5.9. Триазолпиримидины

Флорасулам

Название по ИЮПАК: 2',6',8-трифтор- 5- метокси [1,2,4] триазол[1,5-с] пиримидин- 2- сульфонилид

Химическая формула

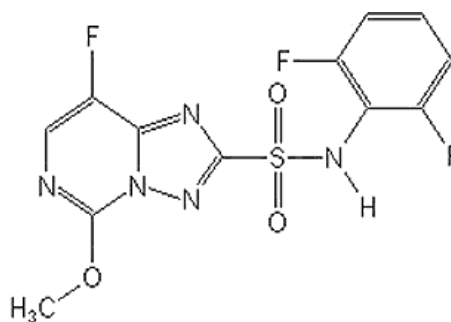
$C_{12}H_8F_3N_5O_3S$;

Молекулярная масса 359,28

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой летучий кристаллический



продукт с температурой плавления 193,5°C высоко растворимый в воде, метаноле и ацетоне; низко растворимый в н-гептане; умеренно растворимый в ксилоле. Давление паров при 25°C составляет 0,01 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 6360 мг/л.

Химические свойства. Флорасулам очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Флорасулам не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 8,5, а T_{90} – 40,5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

-N-(2,6-дифторфенил) -8- фтор-5- гидрокс [1,2,4] триазол [1,5-с] пиримидин-2-сульфонамид;

- N- (2,6-дифторфенил)- 5- аминосульфони-1Н- 1,2,4-

триазолы- 3-карбоксилловая кислота;

- 5- (аминосульфонил) -1Н- 1,2,4-триазолы-3- карбоксилловая кислота.

Экотоксичность. Флорасулам умеренно токсичен для птиц, рыб, почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих и водных беспозвоночных.

Препарат на основе флуметсулама для человека 3-го класса опасности.

Флуметсулам

Название по ИЮПАК: 2',6'-дифтор-5-метил[1,2,4]триазол[1,5-а]пиримидин-2-

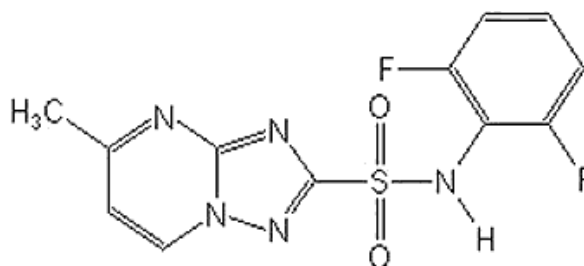
сульфонанилид

Химическая формула

$C_{12}H_9F_2N_5O_2S$;

Молекулярная масса 325,29

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой почти белый не летучий кристаллический продукт с температурой плавления 252°C высоко растворимый в воде и ацетоне. Давление паров при 25°C составляет $3,70 \cdot 10^{-07}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 5650 мг/л.

Химические свойства. Флуметсулам устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Флуметсулам средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 45 суток.

Экотоксичность. Флуметсулам умеренно токсичен для пчел и низко токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, почвенных червей, водных беспозвоночных.

Препарат на основе флуметсулама для человека 3-го класса опасности.

5.10. Триалиноны

Карфентразон-этил

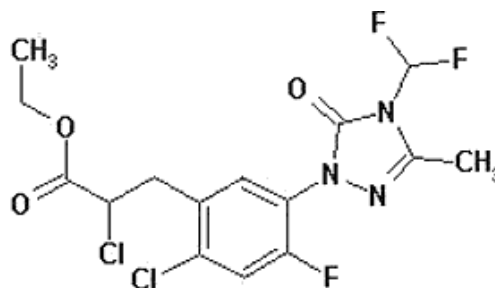
Название по ИЮПАК: этил (RS)-2 -хлор -3 -{2-хлор-5- [4-(дифторметил) - 4,5-дигидро- 3-метил- 5-оксо-1Н- 1,2,4-триазол-1-ил] -4-фторфенил} пропионат

Химическая формула

$C_{13}H_{14}Cl_2F_3N_3O_3$;

Молекулярная масса 412,19

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

гербицида представляет собой желтую вязкую летучую жидкость низко растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (н-гексан, этанол, ацетон, толуол). Давление паров при 25°C составляет $7,20 \cdot 10^{-03}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 22 мг/л.

Химические свойства. Карфентразон-этил не устойчив к водному гидро-лизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 13,7 суток, а при pH = 9 – 5,1 часа. Стабилен гербицид при pH = 5.

Превращение в объектах окружающей среды. Карфентразон-этил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) составляет 0,5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- альфа,2-дихлор-5-[4-(дифторметил)-4,5-дигидро-3-метил-5-оксо -1Н-1,2,4-триазол-1-ил]-4-фторбензенпропановая кислота;
- пропановая кислота;
- бензойная кислота.

Экотоксичность. Карфентразон-этил умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных и низко токсичен для млекопитающих, птиц, пчел. Препараты на основе карфентразон-этила для человека 3-го класса опасности.

5.11. Бензотиазиноны

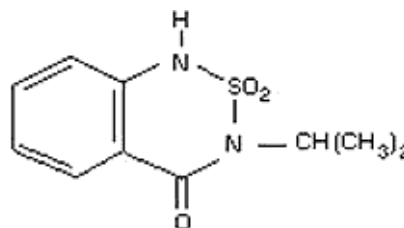
Бентазон

Название по ИЮПАК: 3-изопропил-1Н-2,1,3-бензотиадиа-зин-4(3Н)-оне 2,2-диоксид

Химическая формула $C_{10}H_{12}N_2O_3S$;

Молекулярная масса 240,3

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет

собой грязно - белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 140°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (толуол, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,17 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 570 мг/л.

Химические свойства. Бентазон очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Бентазон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 14 суток.

Основным продуктом разложения гербицида в почве является 2-амино-N-изопропил производные бензоилмочевины.

Экотоксичность. Бентазон умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, донных микроорганизмов, почвенных червей, водных беспозвоночных и низко токсичен для пчел и водных ракообразных.

Препараты на основе бентазона для человека 3-го класса опасности.

5.12. Дифениловые эфиры

Оксифлуорфен

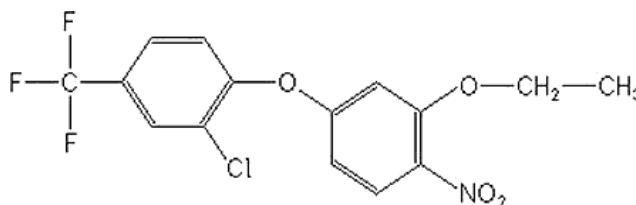
Название по ИЮПАК: 2-хлор- α,α,α -трифтор-*p*-толил 3-этоксиг-4-нитрофениловый эфир

Химическая формула

$C_{15}H_{11}ClF_3NO_4$;

Молекулярная масса 361,7

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой оранжево - коричневый летучий порошок с температурой плавления 85,3°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,026 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,116 мг/л.

Химические свойства. Оксифлуорфен очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Оксифлуорфен средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 73, а T_{90} – 417 суток.

Экотоксичность. Оксифлуорфен умеренно токсичен для птиц, пчел рыб, водных беспозвоночных, водных ракообразных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе оксифлуорфена для человека 2-го и 3-го класса опасности.

5.13. Пиридазины

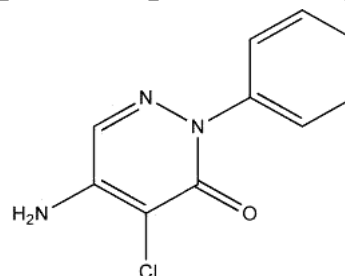
Хлоридазон

Название по ИЮПАК: 5-амино-4-хлор-2-фенилпиридазин-3(2H)-one

Химическая формула $C_{10}H_8ClN_3O$;

Молекулярная масса 221,6

Структурная формула:



Физические

свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой средне летучий бесцветный кристаллический протукт с температурой плавления $206^{\circ}C$ умеренно растворимый в воде; низко растворимый в то-луоле и дихлорметане, но высоко растворимый в этилацетате и метаноле. Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $1.0 \cdot 10^{-06}$ МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 422 мг/л.

Химические свойства. Хлоридазон очень устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$. Гербицид стабилен при всех показателях pH .

Превращение в объектах окружающей среды. Хлоридазон средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 34,7, а T_{90} – 103 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 5-амино-4-хлор-3(2H)-пиридазинон; в организме животных
- 5-амино-4-хлор-2-(4-гидроксифенил)-3(2H)-пиридазинон;
- (5-амино-4-хлор-2-(4-сульфатофенил)-3(2H)-пиридазинон;
- 5-амино-2-фенил-3(2H)-пиридазинон;
- 5-амино-2-(4-сульфатофенил)-3(2H)-пиридазинон;

Основным метаболитом пестицида в растениях является 5-амино-4-хлор-2-метил-3(2H)-пиридазинон.

Экотоксичность. Хлоридазон умеренно токсичен для рыб, почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих, птиц, водных беспозвоночных.

Препарат на основе хлоридазона для человека 3-го класса опасности.

5.14. Арилоксифеноксипропионаты

Галоксифоп-Р-метил

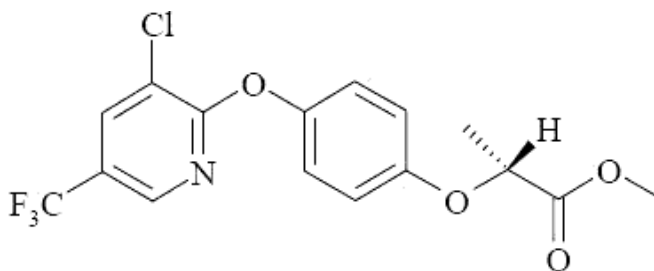
Название по ИЮПАК: метил(R)-2-{4-[3-хлор-5-(трифторметил)-2-пиридилокси]фенокси}пропионат

Химическая формула

$C_{16}H_{13}ClF_3NO_4$;

Молекулярная масса 375,7

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет

собой янтарного цвета летучую жидкость низко растворимую в воде, но и растворимую в органических растворителях (н-гексан, ацетон, толуол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,055 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 7,9 мг/л.

Химические свойства. Галоксифоп-Р-метил средне устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 43, а при pH = 9 – 0,63 суток. Гербицид стабилен при pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Галоксифоп-Р-метил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 0,5 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 4-(3-хлор-5-трифторметил-2-пиридилоксифенол);
- 3-хлор-5-трифторметил-пиридин-2-ол;
- 3-хлор-1-метил-5-(трифторметил)-2(1H)-пиридинон;
- галаксифоп.

Экотоксичность. Галоксифоп-Р-метил высоко токсичен для рыб; умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей, водных беспозвоночных. Препараты на основе галоксифоп-Р-метила для человека 3-го класса опасности.

Клодинафоп-пропаргил

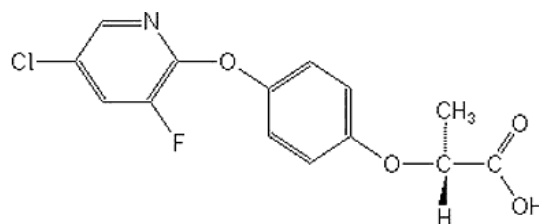
Название по ИЮПАК: проп-2-инил (R)-2-[4-(5-хлор-3-фтор-2-пири-дилокси) фенокси]пропионат

Химическая формула

$C_{14}H_{11}ClFNO_4$;

Молекулярная масса 349,8

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой летучий кристаллический продукт с температурой плавления 59,5°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ацетон, октанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $3,19 \cdot 10^{-3}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 4 мг/л.

Химические свойства. Клодинафоп-пропаргил не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 4,8 суток, при pH = 4 – 17,9, а при pH = 9 – 0,07 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Клодинафоп-пропаргил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 0,8 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-гидрокси-3-фтор-5-хлорпиридин;
- 4-(5-хлор-3-фтор-2-пиридилокси) фенол;
- клодинафоп.

Метаболитами в растениях являются:

- 2- [4 -(6-хлор-3-фтор-5-гидрокси-2-пиридилокси) фенок-си]-пропионовая кислота;
- (R)- 2- (4-гидроксифенокси) пропионат, а в организме животных

- 2- [4- (5-хлор- 3-гидрок-сипиридин-2-илокси) -фенокси] пропионовая кислота;

- 2 - (2- [4-(5-хлор- 3-фторпиридин -2-илокси)- фенокси] пропиониламино) - этансуль-фоновая кислота.

Экотоксичность. Клодинафоп-пропаргил умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей, водных беспозвоночных.

Препараты на основе клодинафоп-пропаргила для человека 3-го класса опасности.

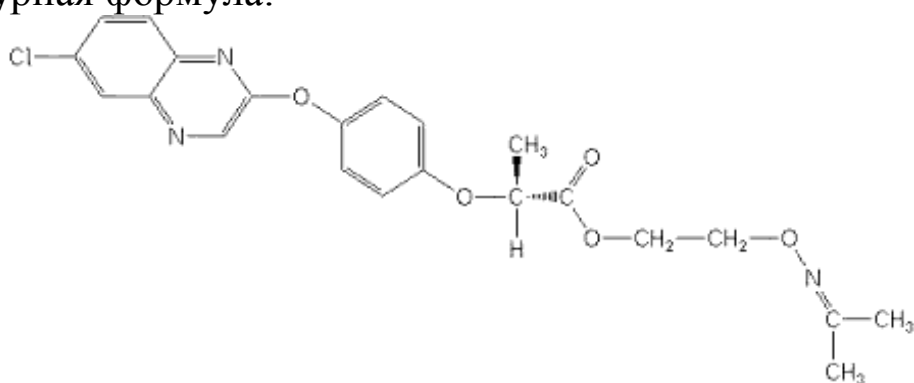
Пропаквизафоп

Название по ИЮПАК: 2-изопропилиденаминооксиэтил (*R*)-2-[4-(6-хлорквиноксалин-2-илокси)фенокси]пропионат

Химическая формула $C_{22}H_{22}ClN_3O_5$;

Молекулярная масса 443,88

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой почти белого цвета не летучий порошок с температурой плавления 66,3°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (ацетон, хлороформ, толуол, метанол). Давление паров при 25°C составляет $4,39 \cdot 10^{-07}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,63 мг/л.

Химические свойства. Пропаквизафоп средне устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 32 суток, при pH = 5 – 10,5 суток, а при pH = 9 – 12,9 часов.

Превращение в объектах окружающей среды. Пропаквизафоп средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 85 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве яв-

ляются:

- квизалофоп;
- гидрокси квизалофоп;
- дигидрокси квиноксалин.

Основными метаболитами в растениях являются:

- 2-[4-(6-хлорквиноксалин -2-илокси)фенол];
- (R)-2-[4-(6-хлор-3-гидрокси-квиноксалин - 2- илок-си)фенокси] пропионовая кислота;

Основным продуктом разложения пестицида в растениях и почве является 6- хлорквиноксалин-2-ол.

Экотоксичность. Пропаквизафоп умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, почвенных червей, водных беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих.

Препараты на основе пропаквизафоп для человека 3-го класса опасности.

Феноксапроп-П-этил

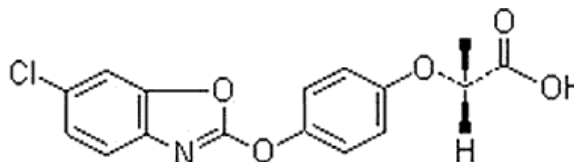
Название по ИЮПАК: (R)- 2[4- [(6-хлор-2-бензоксазолил) окси] - фенокси] -пропионовая кислота

Химическая формула

$C_{18}H_{16}ClNO_5$;

Молекулярная масса 361,78

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой почти белого цвета летучий кристаллический продукт с температура-турой плавления 86,5°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ацетон, этилацетат, метанол). Давление паров при 25°C составляет $5,30 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,7 мг/л.

Химические свойства. Феноксапроп-П-этил не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 23,2 суток, при pH = 4 – 2,8, а при pH = 9 – 0,7 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Феноксапроп-П-этил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 0,31 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве яв-

ляются:

- феноксапроп-П;
- хлорбензоксазолон;
- гидрокси фенокси пропионовая кислота.

Метаболитами пестицида в растениях являются:

- 6-хлор-2,3-дигидробензоксазол-2-он;
- 3-ацетил-6-хлор-2,3-дигидробензоксазол-2-он;

Метаболитом пестицида в организме животных является меркатановая кислота.

Экотоксичность. Феноксапроп-П-этил умеренно токсичен для птиц, рыб, почвенных червей, водных беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих и пчел.

Препараты на основе феноксапроп-П-этила для человека 3-го класса опасности.

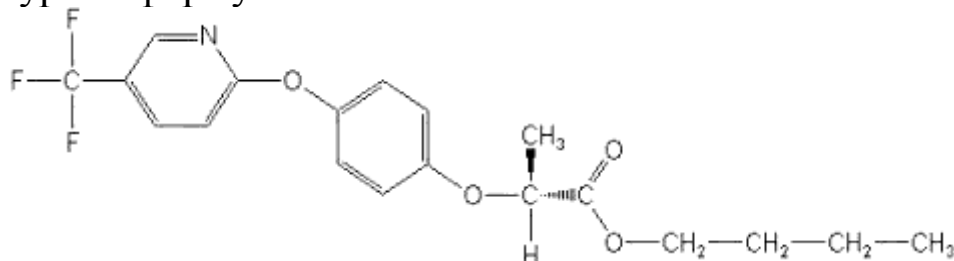
Флуазифоп-П-бутил

Название по ИЮПАК: бутил (R)-2-{4-[5-(трифторметил)-2-пиридил-окси] фенокси}пропионат

Химическая формула $C_{19}H_{20}F_3NO_4$;

Молекулярная масса 383,36

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой соломенного цвета летучую жидкость низко растворимую в воде и высоко растворимую в органических растворителях (толуол, ацетон, кси-лол, метанол). Давление паров при 25°C составляет 0,12 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,93 мг/л.

Химические свойства. Флуазифоп-П-бутил средне устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 78 суток. Стабилен гербицид при pH = 5. T_{50} при 20°C и pH = 9 – 29 часов.

Превращение в объектах окружающей среды. Флуазифоп-

П-бутил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 8,2, а T_{90} – 42 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве, воде и осадочной породе являются:

- 5-трифторметил-пирид-2-оне;
- 2-(4-гидроксифено-кси)-5-трифторметил пиридин;
- 5-трифторметил-2-(1H) пиридон.

Экотоксичность. Флуазифоп-П-бутил умеренно токсичен для рыб, почвенных червей, водных ракообразных и беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих, птиц и пчел.

Препараты на основе флуазифоп-П-бутила для человека 2-го класса опасности.

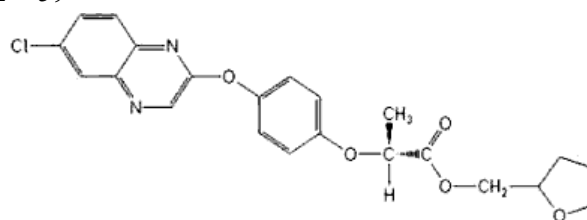
Квазилофоп-П-тефурил

Название по ИЮПАК: (RS)-тетрагидрофурурил (R)- 2- [4- (6-хлорквиноксалин-2-илокси)фенокси] пропионат

Химическая формула $C_{22}H_{21}ClN_2O_5$;

Молекулярная масса 428,89

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой

белого цвета летучий кристаллический продукт с температурой плавления $58,3^{\circ}\text{C}$ низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ацетон, толуол, метанол). Давление паров при 25°C составляет $7,90 \cdot 10^{-03}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 3,13 мг/л.

Химические свойства. Квазилофоп-П-тефурил не устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при 20°C и $\text{pH} = 7$ составляет 18,2 суток, при $\text{pH} = 5$ – 8,2 суток, а при $\text{pH} = 9$ – 7,2 часа.

Превращение в объектах окружающей среды. Квазилофоп-П-тефурил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 0,66 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- квазилофоп;
- гидрокси квазилофоп;

- дигидроксиквиноксалин;
- тетрагидрофурфуриловый спирт;
- тетрагидрофуриловая кислота.

Экотоксичность. Квазилофоп-П-тефурил умеренно токсичен для млекопитающих, пчел, рыб, почвенных червей, водных беспозвоночных и низко токсичен для птиц.

Препараты на основе квазилофоп-П-тефурила для человека 3-го класса опасности.

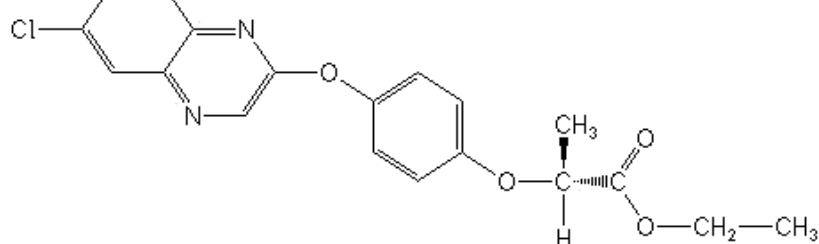
Хизалофоп-П-этил

Название по ИЮПАК: этил (R)- 2- [4- (6-хлорквиноксалин-2-илокси) фенокси] пропионат

Химическая формула $C_{19}H_{17}ClN_2O_4$;

Молекулярная масса 372,81

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой белого цвета летучий кристаллический продукт с температурой плавления $75^{\circ}C$ низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, ацетон, ксилол, этилацетат). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $4,07 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 0,61 мг/л.

Химические свойства. Хизалофоп-П-этил устойчив к водному гидролизу. Период водного гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 112 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Хизалофоп-П-этил не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 1,8 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- квазилофоп;

- гидрокси квазилофоп;
- дигидрокси квиноксалин.

Экотоксичность. Хизалофоп-П-этил умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, рыб, почвенных червей, водных беспозвоночных. Препараты на основе хизалофоп-П-этила для человека 3-го класса опасности.

5.15. Циклогександион оксимы

Клетодим

Название по ИЮПАК: (5*RS*)-2- {(*E*)- 1- [(2*E*)- 3-хлораллилоксиимино] пропил} -5 - [(2*RS*)-2-(этилтио)пропил] - 3- гидроксикиклогекс-2-ен-1-one

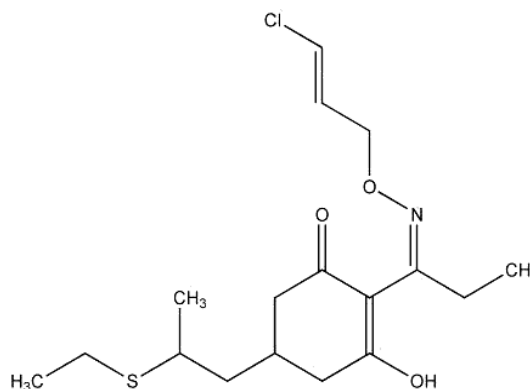
Химическая формула $C_{17}H_{26}ClNO_3S$;

Молекулярная масса 359,92

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой летучую янтарно - зеленую жидкость высоко растворимую в воде и органических растворителях (ксилол, ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $2,08 \cdot 10^{-03}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 5450 мг/л.



Химические свойства. Клетодим очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH= 7. Гербицид стабилен при 20°C и pH от 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Клетодим не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3,0 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- клетодим сульфоксид;
- клетодим сульфон;
- клетодим оксазол сульфон;
- клетодим изоксазол;
- клетодим оксазол;

- клетодим имин сульфоксид.

Основными продуктами разложения гербицида в воде являются:

- 3-хлоропропенал;
- клетодим оксазол сульфид;
- клетодим трион сульфоксид;
- клетодим хлороаллиловый спирт;
- клетодим имин кетон.

Экотоксичность. Клетодим умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей. Препараты на основе клетодима для человека 3-го класса опасности.

Тепралоксидим

Название по ИЮПАК: (5*RS*)-2-{(E*Z*)-1-[(2*E*)-3-хлораллилоксиимино] пропил}-3-гидрокси-5-пергидропиран-4-илциклогекс-2-ен-1-он

Химическая формула $C_{17}H_{24}ClNO_4$;

Молекулярная масса 341,8

Структурная формула:

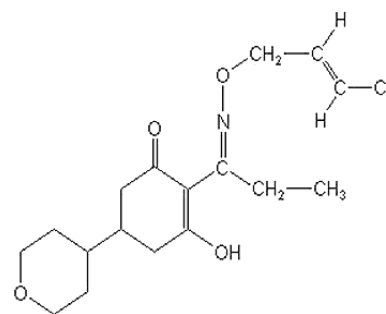
Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой летучий белый порошок с температурой плавления 74°C

умеренно растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гептан, ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $1,1 \cdot 10^{-02}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 430 мг/л.

Химические свойства. Тепралоксидим очень устойчив к водному гидро-лизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 436 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тепралоксидим средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 63,0 суток.

Экотоксичность. Тепралоксидим умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей. Препарат на основе тепралоксидима для человека 2-го класса опасности.



Тралкоксидим

Название по ИЮПАК: (RS)- 2- [(EZ)- 1- (этоксиимино) пропил] - 3- гидроксид- 5-метизилциклогекс-2-ен-1-он

Химическая формула

$C_{20}H_{27}NO_3$;

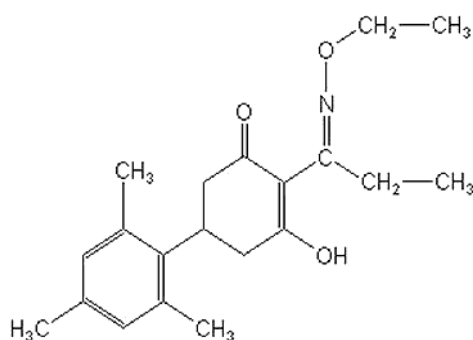
Молекулярная масса 329,43

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество

гербицида представляет



собой летучий белый кристаллический продукт с температурой плавления 110°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (толуол, ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $3,7 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 6,1 мг/л.

Химические свойства. Тралкоксидим устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и $\text{pH} = 7$ составляет 140 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Тралкоксидим не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 1,9 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- 3-(2,4,6-триметилфенил)пентанедиоловая кислота;
- 4-(2-(1-этоксиимино) пропил)-3-гидроксид-2-циклогексен-1-он-5-ил)-3-5-диметил бензойная кислота.

Основными продуктами разложения гербицида в воде являются:

- 3- гидроксид- 2- (1-иминопропил)- 5- (2,4,6- триметилфенил) циклогекс-2-енон;
- 3- гидроксид- 2- пропенил- 5- (2,4,6- триметилфенил) циклогекс- 2-енон;
- 2-этил - 4,5,6,7- тетрагидро- 4- оксо-6- (2,4,6 - триметилфенил) бензоксазол.

Метаболитами гербицида в растениях являются:

- 3,5- диметил -4 - (2- [1- (этоксиимино) пропил] - 3- гидроксидциклогекс-2-енон-S-ил) бензиловый спирт;
- 2,6- диметил- 4- (2-этил-4,5,6,7- тетрагидробензоксазол- 4-

one) бензиловый спирт;

- 3-гидрокси-2- (имино- 1-пропил)- 5- диметилгидроксиметилфенил) циклогекс-2-енон.

Экотоксичность. Тралкоксидим умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, пчел, почвенных червей и низко токсичен для птиц и водных беспозвоночных.

Препарат на основе тралкоксидима для человека 2-го класса опасности.

5.16. Фенилпиразолины

Пиноксаден

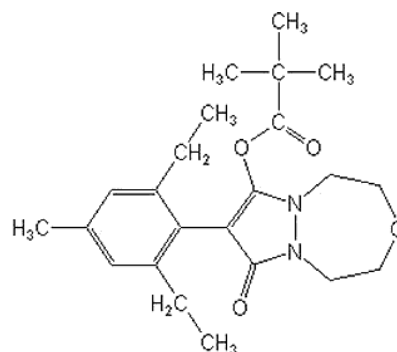
Название по ИЮПАК: 8 -(2,6-диэтил-р-толил)- 1,2,4,5- тетрагидро-7-оксо-7*H*-пиразоло [1,2-*d*][1,4,5] оксадиазепин-9-ил 2,2-диметилпропионат

Химическая формула

$C_{23}H_{32}N_2O_4$;

Молекулярная масса 400,51

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество

гербицида представляет

собой светло - бежевый

летучий порошок с температурой плавления 121,1°C умеренно растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гептан, ацетон, толуол, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет $4.60 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 200 мг/л.

Химические свойства. Пиноксаден не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и pH = 7 составляет 14,9 суток, при pH = 4 – 24, а при pH = 9 – 0,3 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Пиноксаден не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 0,6 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

-8- (2,6-диэтил- 4-метилфенил) - тетрагидропиразоло- 1,2-*d*;

- 8- (2, 6 - диэтил- 4- метилфенил)- 8- гидрокситетрагидропиразоло [1,2-*d*] [1,4,5] оксади-азепин - 7,9-дион.

Метаболитом в почве и организме животных является 2,2-диметил проприоновая кислота.

Экотоксичность. Пиноксаден умеренно токсичен для рыб, пчел, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млеко-питающих и птиц.

Препараты на основе пиноксадена для человека 3-го класса опасности.

5.17. Производные пирролидона

Флурахлоридон

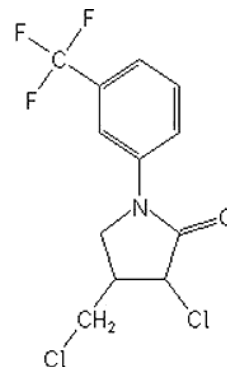
Название по ИЮПАК: (3*RS*,4*RS*;3*RS*,4*SR*) -3-хлор- 4- хлорметил-1-(α,α,α -трифтор-*m*-толил)-2-пирролидон

Химическая формула $C_{12}H_{10}Cl_2F_3NO$;

Молекулярная масса 312,12

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой бежевого цвета летучее воскоподобное вещество с температурой плавления 40,9°C низко растворимое в воде и высоко растворимое в органических растворителях (толуол, ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,27 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 21,9 мг/л.



Химические свойства. Флурахлоридон очень устойчива к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при 20°C и pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Флурахлоридон средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 40,6, а T_{90} – 240 суток.

Основным продуктом разложения гербицида в почве и грунтовой воде является (4*RS*)- 4-(хлорметил)- 1- [3-(трифторметил)фенил]пирролидин-2-one.

Метаболитами гербицида в организме растений являются:

- (3*RS*,4*RS*;3*RS*,4*SR*) -3- хлор- 4-(гидроксиметил)- 1- [3-(трифторметил) фенил] пирролидин- 2-one;

- (3*RS*,4*RS*,5*RS*;3*RS*,4*SR*, 5*RS*;3*RS*, 4*RS*,5*SR*; - 3*RS*,4*SR*,5*SR*) -3-хлор-4-(хлорметил)-5-гидрокси-1-[3-(трифторметил)фенил]

пирролидин-2-one.

Экотоксичность. Флуорохлоридон умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих, птиц.

Препараты на основе флуорохлоридона для человека 2-го класса опасности.

5.18. Изоксазолы

Изоксафлютол

Название по ИЮПАК: (5-циклопропил-1,2-оксазол-4-ил) (α,α,α -три-фтор-2-метил-*p*-толил)метанон

Химическая формула $C_{15}H_{12}F_3NO_4S$;

Молекулярная масса 359,32

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой почти белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления $140^{\circ}C$

низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (этилацетат, ацетон, метанол, толуол). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет $1.00 \cdot 10^{-03}$. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 6,2 мг/л.

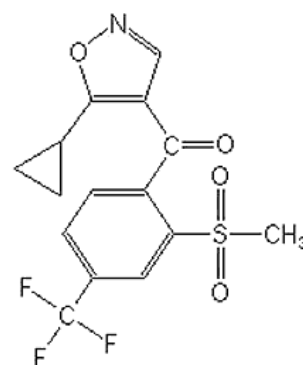
Химические свойства. Изоксафлютол не устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при $20^{\circ}C$ и $pH = 7$ составляет 0,8 суток, при $20^{\circ}C$ и $pH = 4 - 11$, а , при $20^{\circ}C$ и $pH = 9 - 3,2$ часа.

Превращение в объектах окружающей среды. Изоксафлютол не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 1,3 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- циклопропилпропан-1,3-дион;
- трифторметил бензойная кислота.

Экотоксичность. Изоксафлютол высоко токсичен для водных ракообразных, умеренно токсичен для рыб, водных беспозвоночных, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей и низко токсичен для птиц и млекопитающих.



Препараты на основе изоксафлютола для человека 2-го класса опасности.

5.19. Ассиметричные триазины

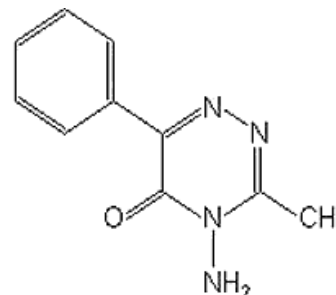
Метамитрон

Название по ИЮПАК: 4-амино-4,5-дигидро-3-метил-6-фенил-1,2,4-триазин-5-оне

Химическая формула $C_{10}H_{10}N_4O$;

Молекулярная масса 202,21

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой желтый летучий кристаллический продукт с температурой плавления $166,6^{\circ}\text{C}$ высоко растворимый в воде и в органических растворителях (дихлорметан, ксилол, ацетон, этилацетат. Давление паров при 25°C составляет $7.44 \cdot 10^{-04}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1770 мг/л.

Химические свойства. Метамитрон очень устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и $\text{pH} = 7$ составляет 480 суток, при $\text{pH} = 5 - 353,2$, а при $\text{pH} = 9 - 8,5$ суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Метамитрон не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 11,1, $T_{90} - 36,8$ суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является дезамино-метамитрон; в воде – 3-метил-6-фенил-1,2,4,5-тетразин; 2-метил-5-фенил-1,3,4-оксадиазол.

Метаболитами гербицида в организме животных являются:

- 4-амино-6-(4-гидроксифенил)-3-метил-1,2,4-триазин-5(4Н)-оне;
- 6-(4-гидроксифенил)-3-метил-1,2,4-триазин-5(4Н)-оне;
- 3-метил-4-амино-6-фенил-1,2,4-триазин-5-оне-оксид;
- 5-(карбоксиметил)-2-метилпиридо [2,1ф] [1,2,4] триазин-9-иум-4-олат;
- 6-(3-гидроксифенил)-3-метил-1,2,4-триазин-5(4Н)-оне.

Метаболитом гербицида в растениях являются:

- N- бета- D-глюкозил- 4-амино - 3- метил- 6- фенил- 1,2,4 - триазин- 5(4Н)-оне;

- (2Z)-(гидроксиамино)(фенил) уксусная кислота.

Экотоксичность. Метамитрон умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для рыб.

Препараты на основе метамитрона для человека 2-го и 3-го классов опасности.

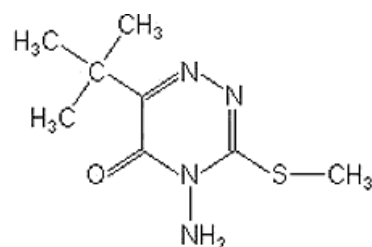
Метрибузин

Название по ИЮПАК: 4-амино-6-трибутил-4,5-дигидро-3-иетилтио-1,2,4-триазин-5-one

Химическая формула $C_8H_{14}N_4OS$;

Молекулярная масса 214,29

Структурная формула



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 125°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (н-гептан, ксилол, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет 0,121 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1165 мг/л.

Химические свойства. Метрибузин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Метрибузин не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 19 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- дикето-метрибузин;
- десаминадикетометрибузин;

в грунтовой воде:

- 4-амино-6-(1,1-диметилэтил)-1,2,4-триазины-5(4H)-one;
- 6- трибутил- 4,5- дигидро- 1,2,4- триазин- 5-one- 3- меркаптуровая кислота;
- 4- метил- 6- (1,1-диме-тилэтил)- 1,2,4-триазины-3,5 (2H,4H)-дион.

Метаболитом гербицида в организме животных является:

- 6-(1-гидрокси-1-метил-этил)-3-метилсульфанил-4H-[1,2,4]-триа-зин-5-one.

Экотоксичность. Метрибузин высоко токсичен для млекопитающих, но умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей.

Препараты на основе метрибузина для человека 3-го класса опасности.

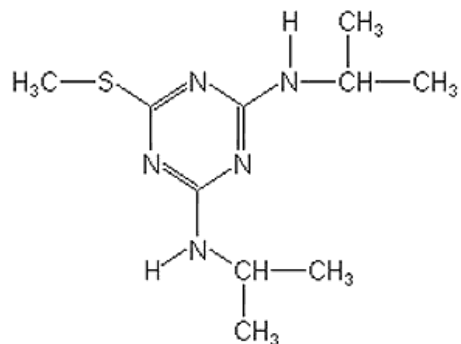
Прометрин

Название по ИЮПАК: N_2 , N_4 -диизопропил-6-метилтио-1,3,5-триазин-2,4-диамин

Химическая формула $C_{10}H_{19}N_5S$;

Молекулярная масса 241,36

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой белый летучий кристаллический продукт с

температурой плавления 119°C низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (н-гексан, метанол, ацетон, толуол). Давление паров при 25°C составляет 0,13 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 33 мг/л.

Химические свойства. Прометрин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и $\text{pH} = 7$.

Превращение в объектах окружающей среды. Прометрин средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 41 сутки.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 2-гидроксипропазин;
- 2,4-бис(изопропиламино)-6-гидрокси-S-триазин;
- 2-метилтио-4-амино-6-изопропиламино-S-триазин;
- гидроксипропазин.

Экотоксичность. Прометрин умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей, но низко токсичен для птиц.

Препараты на основе прометирина для человека 2-го и 3-го классов опасности.

5.20. Хлорацетанилиды

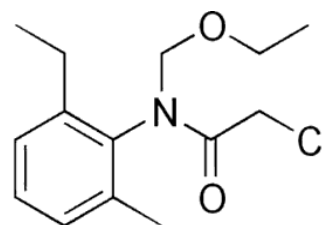
Ацетохлор

Название по ИЮПАК: 2-хлор-N-этоксиметил-6'-этилацет-о-толуидид

Химическая формула $C_{14}H_{20}ClNO_2$;

Молекулярная масса 269,77

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой светло - желтую летучую жидкость умеренно растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (этанол, ацетон, толу-ол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $2,2 \cdot 10^{-02}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 282 мг/л.

Химические свойства. Ацетохлор очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Ацетохлор не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 12,1, а T_{90} – 40,2 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- t-сульфоная кислота;
- t-оксаниловая кислота;
- t-сульфанилуксусная кислота;
- уксусная кислота.

Основными продуктами разложения гербицида в почве, воде и грунтовой воде являются:

- 2- [(2- этил- 6- метилфенил) амино] – 2 - оксоэтансульфониловая кислота;

- N-(этоксиметил)-N-(2-этил-6-метилфенил)ацетамид.

Метаболитом гербицида в растениях обнаружена [(6-этил-3-гидрокси-2-метилфенил)амино](оксо)уксусная кислота.

Экотоксичность. Ацетохлор умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных, водных ракообразных, почвенных червей.

Препараты на основе ацетохлора для человека 2-го класса опасности.

Диметенамид-Р

Название по ИЮПАК: (S)-2-хлор-N-(2,4-диметил-3-тиенил)-N-(2-мет-окси – 1 - метилэтил)ацетамид

Химическая формула $C_{12}H_{18}ClNO_2S$;

Молекулярная масса 275,8

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой желто-коричневую вязкую

летучую жидкость высоко растворимую в воде и в органических растворителях. Давление паров при 25°C составляет 2,5 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1450 мг/л.

Химические свойства. Диметенамид-Р очень устойчив к водному гидро-лизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH от 5 до 9 и 25 °C свыше 30 суток.

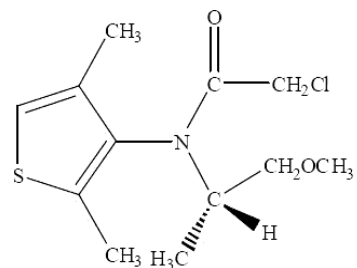
Превращение в объектах окружающей среды. Диметенамид-Р не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 7, а T_{90} – 42,2 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- оксаламид; -диметенамид сульфонат.

Экотоксичность. Диметенамид-Р умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных, водных ракообразных, почвенных червей, но низко токсичен для пчел.

Препарат на основе диметенамида-Р для человека 3-го класса опасности.



Метазахлор

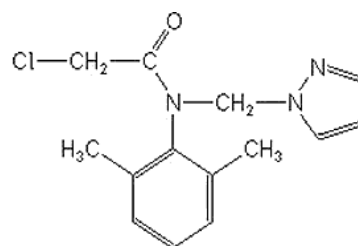
Название по ИЮПАК: 2-хлор-N-(пиразол-1-илметил)ацет-2',6'-ксилидид

Химическая формула $C_{14}H_{16}ClN_3O$;

Молекулярная масса 277,75

Структурная формула:

Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (гексан, ацетон, толуол, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет 0,093 МПа.



Растворимость в воде при 20°C составляет 450 мг/л.

Химические свойства. Метазахлор очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH в пределах от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Метазахлор не устойчив в почве. Период распада в почве (T₅₀) в полевых условиях составляет 6,8 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- метазахлор щавелевая кислота;
- метазахлор сульфониловая кислота.

Экотоксичность. Метазахлор умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, пчел, рыб, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных, водных ракообразных, почвенных червей. Препараты на основе метазахлора для человека 3-го класса опасности.

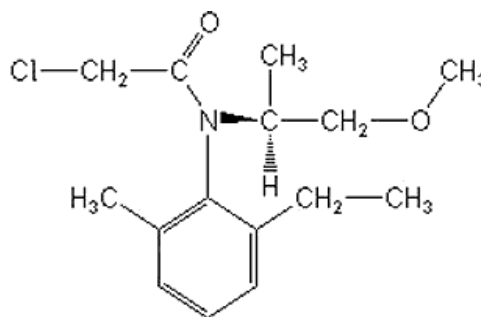
C-метолахлор

Название по ИЮПАК: смесь из: (RS,1S)-2-хлор-6'-этил-N-(2-метокси-1-метилэтил)ацет-о-толуидид и 20,0 - 0 % (RS,1R)-2-хлор-6'-этил-N-(2-метокси-1-метилэтил)ацет-о-толуидид

Химическая формула C₁₅H₂₂ClNO₂;

Молекулярная масса 283,79

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой летучую бледно-желтую жидкость умеренно растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (гексан, ацетон, толу-ол, метанол). Давление паров при 25°C составляет 3,7 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 480 мг/л.

Химические свойства. C-метолахлор очень устойчив к водному гидро-лизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH от 5 до 9 и температуре 25 °C.

Превращение в объектах окружающей среды. C-метолахлор не устойчив в почве. Период распада в почве (T₅₀) в полевых условиях составляет 21, а T₉₀ 92 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- металахлор этилсульфониловой кислоты;
- металахлор оксаниловой кислоты;
- этан сульфониловая кислота.

Экотоксичность. С-метолахлор умеренно токсичен для пчел, рыб, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих и птиц.

Препарат а основе С-метолахлора для человека 3-го класса опасности.

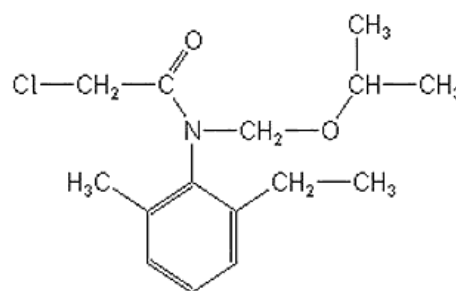
Пропизохлор

Название по ИЮПАК: 2-хлор-6'-этил-N-изопропоксиме-тилацет-ортотолуидид

Химическая формула $C_{15}H_{22}ClNO_2$;

Молекулярная масса 283,80

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветную летучую жидкость умеренно растворимую в воде и высоко растворимую в органических растворителях (н-гептан, ацетон, метанол, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет 3,1 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 90,8 мг/л.

Химические свойства. Пропизохлор очень устойчив к водному гидролизу. при 20°C и рН = 7. Гербицид стабилен при рН от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пропизохлор не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 13 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в почве являются:

- 2-((2-этил-6-метилфенил) (изопропоксиметил)амино)-2-оксоэ-тан сульфоновая кислота;
- ((2-этил-6-метилфенил)(сопропоксиметил)амино)(оксо) ацетиловая кислота;
- 2-[(2- этил-6-метилфенил)амино]-2-оксоэтан сульфоновая кислота;
- N-(2-этил-6-метилфенил) -2-гидрокси-N- (изопропокси-метил) ацетамид;
- ({2 -[(2- этил-6-метилфенил)(изопропоксиметил)амино] – 2 - оксо-этил}сульфинил) ацетиловая кислота;

- {(димерная форма из N-(2-этил-6-метилфенил)-N-(изопропо-ксиметил)-2-(меркапто)ацетамид).

Метаболитами гербицида в растениях являются:

- 3-({2- [(2-этил-6- метилфенил) амино]- 2- оксоэтил} сульфинил) -2-гидрокси пропановая кислота;

- N- (2- этил-6-метилфенил) -2- (гексопираносилокси) - N-[(пропан-2илокси)метил] ацетамид.

Экотоксичность. Пропизохлор умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, донных микроорганизмов, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе пропизохлора для человека 3-го класса опасности.

5.21. Динитроанилины

Пендиметалин

Название по ИЮПАК: N- (1-этилпропил)- 2,6-динитро- 3,4- ксилдин

Химическая формула $C_{13}H_{19}N_3O_4$;

Молекулярная масса 281,31

Структурная формула:

Физические свойства.

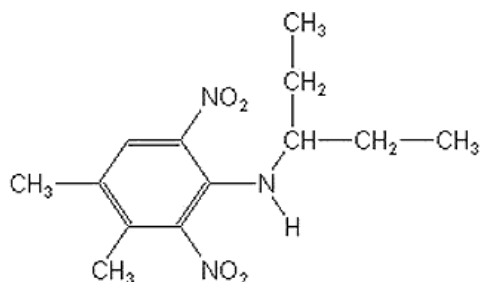
Действующее вещество гербицида представляет собой

оранжевый или желто-апельсиновый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 58°C низко растворимый в воде и высоко растворимый в органических растворителях (н-гептан, ацетон, н-октанол, ксилол). Давление паров при 25°C составляет 1,94 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 0,33 мг/л.

Химические свойства. Пендиметалин очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Пендиметалин средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 90, а T_{90} – 365 суток.

Экотоксичность. Пендиметалин умеренно токсичен для птиц, рыб, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей, водных беспозвоночных и низко токсичен для млекопитающих. Препараты на основе пендиметалина для человека 3-го класса опасности.



Трифлуралин

Название по ИЮПАК: α,α,α -трифтор-2,6-динитро-*N,N*-дипропил-*p*-толуидин

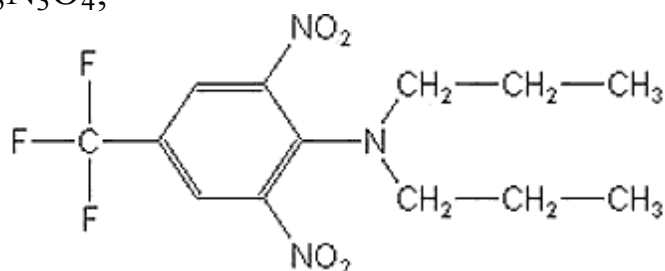
Химическая формула $C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$;

Молекулярная масса 335,28;

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой оранжево-желтый



продукт с температурой плавления 47,2 °С низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (метанол, н-гексан, ацетон, толуол). Давление паров при 25°С составляет 9,5 МПа. Растворимость в воде при 20°С составляет 0,221 мг/л.

Химические свойства. Трифлуралин очень устойчив к водному гидролизу при 20°С и рН = 7. Гербицид стабилен при рН от 7 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Трифлуралин устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 170, а T_{90} – 565 суток.

Основными продуктами разложения пестицида в почве являются:

- 3-нитро- N_2,N_2 - дипропил- 5- (трифторметил) бензен- 1,2-диамин;
- 2-этил-7-нитро-5-(трифторметил)-1Н-производные бензимидазола;
- 3-нитро-5-(трифтор-метил)бензен-1,2-диамин.

Метаболитами гербицида в организме животных являются:

- 3,5-динитро-4-(пропиламино)-бензойная кислота;
- (2,2'-диазин- 1,2-диилбис [6-нитро- *N*-пропил- 4- (трифторметил) анилин].

Экотоксичность. Трифлуралин высоко токсичен для рыб, водных ракообразных; умеренно токсичен для водных беспозвоночных почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих, птиц, донных микроорганизмов. Препараты на основе трифлуралина для человека 2-го класса опасности.

5.22. Тиокарбаматы

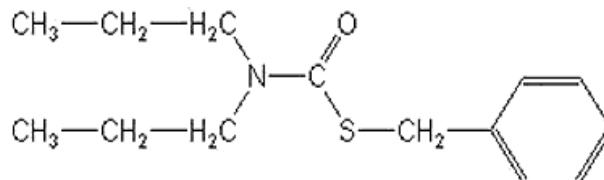
Просульфокарб

Название по ИЮПАК: *S*-бензил дипропил(тиокарбаматы)

Химическая формула $C_{14}H_{21}NOS$;

Молекулярная масса 251,39

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет

собой бледно-соломенного цвета летучую жидкость низко растворимую в воде, но высоко растворимую в органических растворителях (этилацетат, н-гептан, ацетон, ксилол). Давление паров при 25°C составляет 0,79 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 13,2 мг/л.

Химические свойства. Просульфокарб очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH от 5 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Просульфокарб не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 9,8, а T_{90} – 33 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является просульфокарб сульфоксид.

Метаболитами гербицида в организме животных являются гиппуровая кислота и бензилсульфониловая кислота.

Экотоксичность. Просульфокарб умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных почвенных червей, пчел и низко токсичен для птиц. Препарат на основе просульфокарба для человека 2-го класса опасности.

5.23. Производные фурана

Этофумезат

Название по ИЮПАК: (RS)-2-этокси-2,3-дигидро-3,3-диметил бензофуранилалкансульфонаты-5-ил метансульфонат

Химическая формула $C_{13}H_{18}O_5S$;

Молекулярная масса 286,34

Структурная формула:

Физические свойства.

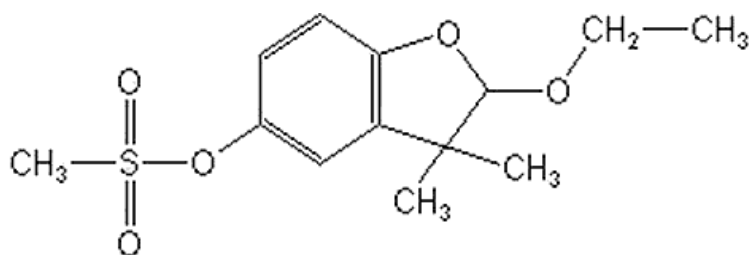
Действующее вещество гербицида представляет собой белый летучий продукт с температурой

плавления 70,1°C умеренно растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (этилацетат, метанол, ацетон, дихлорметан). Давление паров при 25°C составляет 0,65 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 50 мг/л.

Химические свойства. Этофумезат очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH от 5 до 9,2.

Превращение в объектах окружающей среды. Этофумезат средне устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 56, а T_{90} – 350 суток.

Экотоксичность. Этофумезат умеренно токсичен для птиц, рыб, почвенных червей, пчел, водных беспозвоночных, водных ракообразных и низко токсичен для млекопитающих. Препараты, в которых этофумезат используется как компонент для человека 3-го класса опасности.



5.24. N-фенилфталимиды

Флумиоксазин

Название по ИЮПАК: N-(7-фтор-3,4-дигидро-3-оксо-4-проп-2-инил-2H-1,4-бензоксазин-6-ил)циклогекс-1-ен-1,2-дикарбоксимиды

Химическая формула $C_{19}H_{15}FN_2O_4$;

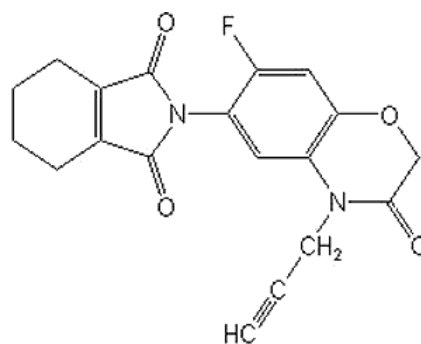
Молекулярная масса 354,33

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой летучий порошок с температурой плавления 202,8°C

низко растворимый в воде, но высоко растворимый в органических растворителях (этилацетат, метанол, ацетон). Давление паров при 25°C составляет 2,2 МПа. Растворимость в воде



при 20°C составляет 1,79 мг/л.

Химические свойства. Флумиоксазин не устойчив к водному гидролизу. При 20°C и pH = 7 период гидролиза (T₅₀) составляет 1 сутки, при pH = 5 – 4 суток, а pH = 9 – 19 минут.

Превращение в объектах окружающей среды. Флумиоксазин не устойчив в почве. Период распада в почве (T₅₀) в типичных условиях составляет 20 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве и воде является 3,4,5,6 тетрагидрофталевая кислота, а в воде:

- 6-амино- -фтор- -(2-пропи-нил)-1,4-бензоксазин-3(2H)-one;
- 7- фтор- 5 (2- арбоксициклогексеноил) амиино] 4- 2- пропилил) -1,4-бензоксазин-2(2H)-one;
- 3,4,5,6-тетрагидро-фталевой кислоты ангидрид.

Экотоксичность. Флумиоксазин умеренно токсичен для птиц, рыб, почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих и водных беспозвоночных.

Препарат на основе флумиоксазина для человека 2-го класса опасности.

5.25. Имидазолиноны

Имазамокс

Название по ИЮПАК: 2-[(RS)-4-изопропил-4-метил-5-оксо-2-ими-дазолин-2-ил]-5-метоксиметил никотиновая кислота

Химическая формула

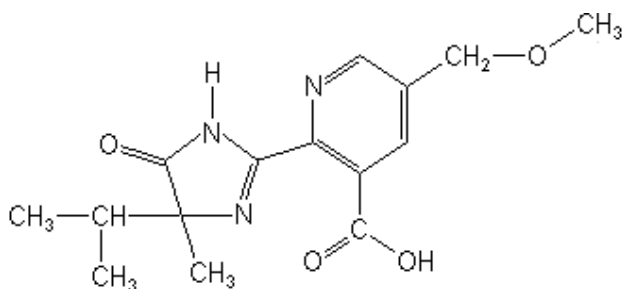
C₁₅H₁₉N₃O₄;

Молекулярная масса
305,33

Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество



гербицида представляет собой почти белый летучий продукт с температурой плавления 166,3°C вы-соко растворимый в воде и в органических растворителях (этилацетат, метанол, толуол), но низко растворимый в н-гексане. Давление паров при 25°C составляет 0,0133 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 626000 мг/л.

Химические свойства. Имазамокс очень устойчив к

водному гидролизу при 20°C и pH = 7. Гербицид стабилен при pH от 4 до 9.

Превращение в объектах окружающей среды. Имазамокс не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 17, а T_{90} 47,6 суток.

Основным продуктом разложения пестицида в почве является 2-(4,5-дигидро-4-метил-4-(-метилэтил)-5-оксо-1H-имидазол-2-ил)-3,5-пиридин карбоновая кислота;

в воде:

- 5- метоксиметил- 2- 3-пиридин карбоновая кислота;
- 2- [(1- карбамоил- 1,2- диметилпропил) карбамоил] - 5- (метоксиметил) никотиновая кислота;
- 2,3,5- пиридин карбоновая кислота.

Экотоксичность. Имазамокс умеренно токсичен для птиц, почвенных червей, пчел и низко токсичен для млекопитающих, рыб, и водных беспозвоночных.

Препарат на основе имазамокса для человека 3-го класса опасности.

Имазетапир

Название по ИЮПАК: 5-этил- 2- [(RS)- 4-изопропил- 4-метил- 5-оксо-2-ими-дазолин-2-ил] никотиновая кислота

Химическая формула $C_{15}H_{19}N_3O_3$;

Молекулярная масса 289,33

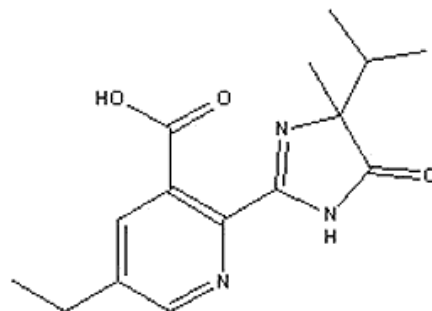
Структурная формула:

Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт с температурой плавления 171°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (гептан, метанол, толуол, ацетон). Давление паров при 25°C составляет 0,0133 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1400 мг/л.

Химические свойства. Имазетапир очень устойчив к водному гидролизу при 20°C и pH = 7.

Превращение в объектах окружающей среды. Имазетапир средне устойчив в почве. Период распада в почве



(T_{50}) в полевых условиях составляет 51 сутки.

Экотоксичность. Имазетапир высоко токсичен для пчел; низко токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных, птиц, почвенных червей.

Препарат на основе имазетапира для человека 3-го класса опасности.

5.26. Имидазолиноны

Имазапир

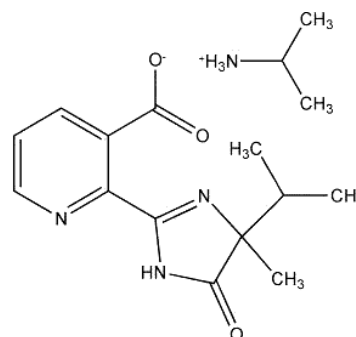
Название по ИЮПАК: 2-[(*RS*)-4-изопропил-4-метил-5-оксо-2-имидазолин-2-ил] никотиновая кислота

Химическая формула

$C_{13}H_{15}N_3O_3$;

Молекулярная масса 261,28

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой почти белый летучий кристаллический продукт с температурой плавления 171°C высоко растворимый в воде и в органических растворителях (метанол, толуол, ацетон), но низко растворимый в н-гексане. Давление паров при 25°C составляет 0,013 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 9740 мг/л.

Химические свойства. Имазапир средне устойчив к водному гидролизу. Период гидролиза (T_{50}) при 20°C и $\text{pH} = 7$ составляет 30 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Имазапир не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в типичных условиях составляет 11 суток.

Экотоксичность. Имазапир умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, пчел, водных беспозвоночных, почвенных червей и низко токсичен для птиц.

Препараты на основе имазапира для человека 2-го и 3-го классов опасности.

5.27. Фосфоноглицины

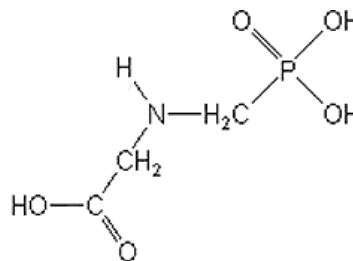
Глифосат

Название по ИЮПАК: *N*-(фосфометил)глицин

Химическая формула $C_3H_7NO_5P$;

Молекулярная масса 168,07

Структурная формула:



Физические

свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический продукт с температурой плавления $189,5^{\circ}C$ высоко растворимый в воде и умеренно растворимый в органических растворителях (н-гептан, ацетон, метанол, этилацетат). Давление паров при $25^{\circ}C$ составляет 0,0131МПа. Растворимость в воде при $20^{\circ}C$ составляет 10500 мг/л.

Химические свойства. Глифосат очень устойчив к водному гидролизу при $20^{\circ}C$ и pH от 5 до 8.

Превращение в объектах окружающей среды. Глифосат не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 12 суток.

Основным продуктом разложения гербицида в почве является аминометилфосоновая кислота.

Экотоксичность. Глифосат умеренно токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, пчел, донных микроорганизмов, почвенных червей, водных беспозвоночных и водных ракообразных.

Препараты на основе глифосата для человека 3-го класса опасности.

5.28. Производные фосфиновой кислоты

Глюфосинат аммония

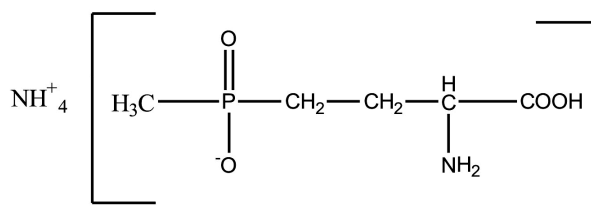
Название по ИЮПАК: аммоний DL-гомоаланин-4-ил-(метил)-фосфинат

Химическая формула

$C_5H_{15}N_2O_4P$;

Молекулярная масса 198,2.

Структурная формула:



Физические свойства. Действующее вещество гербицида представляет собой бесцветный летучий кристаллический порошок с температурой плавления 215°C высоко растворимый в воде и низко растворимый в органических растворителях (гексан, ацетон, этанол, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет менее 0,1 МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 1370 мг/л.

Химические свойства. Глюфосинат аммония не гидролизуется в умеренно кислых и щелочных средах. Достаточно быстро разрушается в воде. T_{50} в воде составляет 2-30 суток.

Превращение в объектах окружающей среды. Глюфосинат аммония не устойчив в почве. Период распада в почве (T_{50}) в полевых условиях составляет 3-20 суток.

Основными продуктами разложения гербицида в воде и почве являются:

- 3-метилфосфино-пропионовая кислота;
- глюфосинат свободная кислота.

Препараты на основе глифосата для человека 3-го класса опасности.

5.30. Производные бипиридила

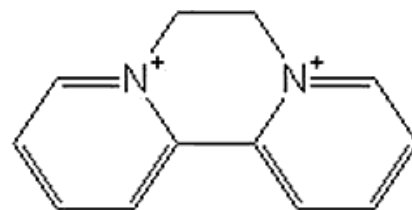
Дикват

Название по ИЮПАК: 9,10-дигидро-8а,10а-дiazониафенантрен

Химическая формула $C_{12}H_{12}N_2$;

Молекулярная масса 184,24

Структурная формула:



Физические свойства.

Действующее вещество гербицида представляет собой желтого цвета летучий продукт высоко растворимый в воде и метаноле, умеренно растворимый в органических растворителях (гексан, ацетон, этилацетат). Давление паров при 25°C составляет $1.00 \cdot 10^{-03}$ МПа. Растворимость в воде при 20°C составляет 718000 мг/л.

Экотоксичность. Дикват высоко токсичен для птиц, умеренно токсичен для млекопитающих, рыб, водных беспозвоночных, пчел и почвенных червей. Препараты на основе диквата для человека 2-го класса опасности.

Контрольные вопросы

1. Укажите конечные продукты деградации производных хлорфеноксиксусной кислоты в почве и растениях.
2. Укажите конечные продукты деградации производных орилоксифеноксипропионовой кислоты в почве и растениях.
3. Укажите конечные продукты деградации производных сульфанилмочевины в почве и растениях.
4. Укажите гербициды наиболее стойкие в почве.
4. Укажите гербициды менее стойкие в почве.
5. Укажите гербициды наиболее опасные для энтомофагов и насекомых-опылителей.
6. Укажите гербициды малоопасные для энтомофагов и насекомых-опылителей.
7. Укажите гербициды 2-го класса опасности для теплокровных и человека.
8. Укажите гербициды 3-го класса опасности для теплокровных и человека.

Краткий словарь терминов и их определений

Абиотические факторы	- элементы физической среды (солнечный свет, влага, температура и другие), воздействующие на живые организмы.
Агробιοценоз	- биоценоз, сложившийся на сельскохозяйственных угодьях.
Биоценоз	- исторически сложившееся сообщество растительных, животных организмов и микробиоты, обеспечивающее круговорот веществ и способное к саморегуляции.
Вещество действующее пестицида	- химическое вещество, входящее в состав пестицида и оказывающее на вредный организм токсическое действие.
Вредный организм	- растение любого вида, сорта или биологического типа, животное или болезнетворный организм любого вида, расы, биологического типа, способные нанести вред растениям или продукции растительного происхождения.

Гербицид	- химическое средство для ограничения численности сорных растений.
Детоксикация пестицида	- превращение пестицида в другие химические соединения, нетоксичные для вредного организма или теплокровного животного.
Инсектицид	- химическое средство для ограничения численности насекомых.
Инсектоакарицид	- химическое средство для ограничения численности одновременно насекомых и растительноядных клещей.
Метаболизм пестицида	- превращение пестицида внутри живого организма.
Остаток действующего вещества пестицида допустимый	- максимально допустимое органами здравоохранения количество действующего вещества пестицида и его биологически активных метаболитов в продукте для длительного употребления или дальнейшей переработки.
Пестицид	- химическое вещество, используемое для ограничения численности организмов, повреждающих растения, вызывающих порчу сельскохозяйственной продукции, материалов, изделий, а также являющихся паразитами или переносчиками возбудителей заболеваний человека и животных.
Персистентность	- стойкость вещества в объектах окружающей среды.
Плотность популяции организма	- количество особей организма на единицу площади.
Последствие пестицида	- угнетение или активизация жизнедеятельности ряда поколений вредного организма под влиянием сублетального отравления пестицидом.
Популяция	- пространственная группировка особей определенного вида организмов, занимающая часть его ареала и характеризующаяся гено- и фенотипической специфичностью.

Применение гербицида допосевное	- применение гербицида перед посевом или посадкой сельскохозяйственной культуры.
Применение гербицида направленное	- внесение гербицида в агроценоз в период вегетации культуры, которое исключает попадание рабочего раствора на культурные растения.
Применение гербицида после всходов	- применение гербицида после появления всходов сельскохозяйственной культуры.
Синергизм пестицидов	- усиление суммарного токсического действия нескольких пестицидов при совместном применении.
Токсикант	- ядовитое для организма вещество.
Фунгицид	- химическое средство для защиты растений от возбудителей болезней.

Список литературы

1. Алгинин В.И. За цивилизованный рынок пестицидов/ В.И. Алгинин// Защита и карантин растений.- 2014.- № 5.- С. 9-10.
2. Гар К.А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов. М.: Сельхозиздат, 1963. 280 с.
3. Говоров Д.Н. Применение пестицидов. Год 2011-й / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, С.Н. Четвертин // Защита и карантин растений.- 2012. –№ 4 – С. 12-13.
4. Говоров Д.Н. Применение пестицидов. Год 2012-й / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, Е.В. Бородина // Защита и карантин растений.- 2013. –№ 4. – С. 6-7.
5. Говоров Д.Н. Применение пестицидов. Год 2014-й / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, А.А. Шабельникова // Защита и карантин растений. – 2015. – № 4. – С. 12-13.
6. Горбатов В.С. Экологическая оценка пестицидов: источники информации / В.С. Горбатов, Ю.М. Матвеев, Т.В. Кононова. – Нива Татарстана, 2008, с. 30-32.
7. Долженко В.И. Влияние инсектицидов на полезную энтомофауну/ В.И. Долженко, Т.В. Долженко // Тезисы докладов XII съезда Русского энтомологического общества. – Санкт-Петербург, РАН, РЭО, ЗИН, 2002. – С. 103 – 104.
8. Долженко В.И. Оценка действия инсектицидов на основных паразитов капустной моли *Plutella maculipennis* Curt. и капустной белянки *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera) // В.И. Долженко, Н.Г. Бабушкина //Тезисы докладов XII съезда Русского энтомологического общества. – Санкт-Петербург, РАН, РЭО, ЗИН, 2002. – С. 102-103.
9. Долженко Т.В. Действие инсектицидов на *Diadegma fenestralis* Holm. в полевых условиях//Фитосанитарное оздоровление экосистем (Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений. – Т. 2. – Санкт-Петербург, РАСХН, ВИЗР, 2005. – С. 329-330.
10. Долженко Т.В. Действие инсектицидов на полезных членистоногих в саду// Фитосанитарное оздоровление экосистем (Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений. – Т. 2.- Санкт-Петербург, РАСХН, ВИЗР, 2005. – С. 330-331.
11. Захаренко В.А. Экотоксикология в фитосанитарном управлении агроэкосистемами / В.А. Захаренко // Вестник защи-

ты растений. – 2009. – № 4. – С. 9-21.

12. Илларионов А.И. Фосфорорганические инсектициды в продуктах пчеловодства/ А.И. Илларионов// Пчеловодство. – 1977. – № 11. – С. 31.

13. Илларионов А.И. Токсичность и степень опасности фосфорорганических инсектицидов – фозалона, гардоны и базудина для насекомых опылителей: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11/. А.И. Илларионов – Ленинград, 1981. – 17 с.

14. Илларионов А.И. Токсическое действие новых фосфорорганических инсектицидов на насекомых опылителей / А.И. Илларионов //Актуальные вопросы теории и практики защиты растений от вредителей и болезней. – Москва, ВАСХНИЛ. – 1982. – С. 178-179.

15. Илларионов А.И. Чувствительность опылителей (*Apis mellifera* L., и *Bombus terrestris* L.) к некоторым инсектицидам / А.И Илларионов // IX съезд Всесоюзного энтомологического общества: Тезисы докладов. – Киев. – 1984. – С. 198-199.

16. Илларионов А.И. Токсикологическое обоснование защиты насекомых-опылителей *Apis mellifera* L. и *Bombus terrestris* L. при применении некоторых фосфорорганических инсектицидов/ А.И. Илларионов // Приемы регуляции численности вредных организмов на посевах и посадках сельскохозяйственных культур в ЦЧЗ. Воронеж: ВСХИ, 1986. – С. 88-98.

17. Илларионов А.И. Степень опасности синтетических пиретроидов для насекомых - опылителей/ А.И Илларионов, С.С. Назаров, Н.В. Белущенко// Достижение сельскохозяйственной науки – производству: Сборник докладов научной конференции/ Плодоовощной институт им. И.В. Мичурина, Мичуринск. – 1990. – С. 275-276.

18. Илларионов А.И. Токсическое действие некоторых инсектицидов на медоносную пчелу/ А.И. Илларионов// Агрохимия. – 1991. – №8. – С. 121-125.

19. Илларионов А.И. Пиретроидные инсектициды: токсичность для пчел / А.И Илларионов, С.С. Назаров// Пчеловодство. – 1991. – № 7. – С. 24-25.

20. Илларионов А.И. Токсическая активность фосфорорганических инсектицидов для медоносной пчелы в зависимости от строения соединений/ А.И. Илларионов// Агрохимия. – 1992. – №

7. – С. 133-137.

21. Илларионов А.И. Экологические связи насекомых-опылителей с пестицидами/ А.И. Илларионов// Применение средств химизации и экологические проблемы в земледелии ЦЧЗ: Сборник научных трудов / Воронеж. – 1992. – С. 146-153.

22. Илларионов А. И. Токсикокинетика инсектицидов у медоносной пчелы/ А.И. Илларионов// Агрохимия. – 1993.– № 5.– С.90-95.

23. Илларионов А.И. Насекомые-опылители и пестициды / А.И. Илларионов// Пчеловодство. – 1993. – № 5-6. – С. 18-20.

24. Илларионов А.И. Токсикодинамика при контактном действии инсектицидов на медоносную пчелу/ А.И. Илларионов// Агрохимия. – 1994. – №5. – С. 99-107.

25. Илларионов А.И. Экологические механизмы связи медоносной пчелы с обработанными инсектицидами растениями / А.И. Илларионов // Агрохимия. – 1995. – № 6. – С. 89-96.

26. Илларионов А.И. Биолого-токсикологические факторы заноса инсектицидов в гнездо медоносной пчелы / А.И. Илларионов // Сборник научных трудов «Агроэкологические проблемы применения средств химизации в земледелии ЦЧЗ». – Воронеж, 1995. – С. 124-130.

27. Илларионов А.И. Действие инсектицидов на люцерновую пчелу листореза/ А.И. Илларионов, Н.Д. Добрынин// Сборник научных трудов. «Агроэкологические проблемы применения средств химизации в земледелии ЦЧЗ». – Воронеж: ВГАУ, 1995. С. 134-136.

28. Илларионов А.И. Токсическое действие пестицидов на медоносную пчелу и факторы его определяющие/ А.И. Илларионов // Агрохимия. – 1996. – № 7. – С. 94-118.

29. Илларионов А.И. Сроки ожидания для медоносной пчелы и люцерновой пчелы-листореза при использовании инсектицидов в защите растений / А.И. Илларионов// Агрохимия. – 1997. – № 9. – С. 63-72.

30. Илларионов А.И. Биохимические механизмы детоксикации инсектицидов в организме медоносной пчелы/ А.И. Илларионов// Сборник научных трудов «Научные основы и пути рационального использования химических средств в современном земледелии». – Воронеж, 1998. – С. 77-81.

31. Илларионов А.И. Эколого-токсикологические основы охраны основных видов насекомых-опылителей от интоксикации инсектицидами: диссертация ... доктора биол. наук: 06.01.11/ А.И. Илларионов. – Воронеж, 1999. – 359 с

32. Илларионов А.И. Чувствительность разных видов насекомых-опылителей к инсектицидам/ А.И. Илларионов// Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж. – 1999. – № 2. – С. 208-216.

33. Илларионов А.И. Токсическая активность инсектицидов для медоносной пчелы в зависимости от путей проникновения их в организм / А.И. Илларионов // Сборник научных трудов «Химизация и экология в земледелии ЦЧЗ». – Воронеж, ВГАУ. – 1999. – С. 256-265.

34. Илларионов А.И. Чувствительность разных видов пчелиных к инсектицидам / А.И. Илларионов // Сборник материалов конференции «Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века». – 2000. – Санкт-Петербург, РАСХН, ВИЗР. – С.77-78.

35. Илларионов А.И. Возможность загрязнения пчелиного гнезда инсектицидами / А.И. Илларионов // Материалы международной научной конференции. – «Пчеловодство – XXI век». – Москва. –2000. – С.181-183.

36. Илларионов А.И. Отложение и стабильность инсектицидов в кормовых продуктах медоносной пчелы / А.И. Илларионов // Агрохимия. – 2001. – № 7. – С. 50-56.

37. Илларионов А.И. Контакты насекомых-опылителей с инсектицидами на растениях / А.И. Илларионов // XII съезд Русского энтомологического общества. Санкт-Петербург – Санкт-Петербург, РАН. – 2002. – С. 137-138.

38. Илларионов А.И. Сравнительная токсичность инсектицидов для основных видов насекомых-опылителей / А.И. Илларионов // Агрохимия – 2004.– № 6. – С.56-61.

39. Илларионов А.И. Токсичность и степень опасности неоникотиноидов для медоносной пчелы / А.И.Илларионов, А.А Деркач // Агрохимия. –2008.– № 10. – С. 74-81.

40. Илларионов А.И. Перенос медоносной пчелой неоникотиноидных и фенилпиразоловых инсектицидов с кормом в гнездо

/ А.И. Илларионов, А.А. Деркач// Мировой опыт и перспективы развития сельского хозяйства: Материалы Международной конференции, посвященной 95-летию Воронежского государственного аграрного университета. – Ч. 1. – Воронеж, ВГАУ. – 2008. – С. 37-39.

41. Илларионов А.И. Трансферация инсектицидов медоносной пчелой с кормом в гнездо/ А.И. Илларионов, А.А. Деркач // Сборник научных трудов «Агробиологические основы повышения урожайности и качества продукции полевых культур в ЦЧП». – Воронеж, ВГАУ. – 2009. – С. 39-43.

42. Илларионов А.И. Токсикодинамика медоносной пчелы при различных путях поступления неоникотиноидных инсектицидов в организм насекомых / А.И. Илларионов, А.А. Деркач // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – В. 1 (20). – 2009. – С. 23-29.

43. Илларионов А.И. Токсическое действие нитро- и цианзамещенных неоникотиноидных инсектицидов на медоносную пчелу/ А.И. Илларионов, А.А. Деркач// Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – В. 2 (21). – 2009. – С. 16-24.

44. Илларионов А.И. Степень опасности неоникотиноидов для медоносной пчелы/ А.И. Илларионов //Агрохимия. – № 3.- 2012.- С. 85-94.

45. Илларионов А.И. Биотоксикологическое и экономическое обоснование тактики приемов изоляции медоносной пчелы от инсектицидов в агроценозах/ А.И. Илларионов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – В. 4 (35). – 2012. – С. 74-80.

46. Илларионов А.И. Химический метод защиты растений: Учебное пособие/ А.И. Илларионов. – Воронеж: ВГАУ, 2014.- 259 с.

47. Илларионов А.И. Тактика приемов разобобщения насекомых-опылителей с инсектицидами в агроэкосистемах/ А.И.Илларионов// Агротехнологии XXI века: концепции устойчивого развития / Материалы международной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники, защиты растений, биохимии и микробиологии. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2014.- С.270-275.

48. Илларионов А.И. Токсическое действие инсектицидов на насекомых-опылителей и принципы защиты их от интоксикации / А.И. Илларионов. – Воронеж: ВГАУ, 2015. – 274 с.
49. Мельников Н.Н. Пестициды и окружающая среда/ Н.Н. Мельников, А.И. Волков, О.А. Короткова. – Москва : «Химия», 1977. – 240 с.
50. Методические рекомендации по селективности действия современных инсекто-акарицидов на членистоногих/ Г.И. Сухорученко, Ю.С. Толстова – Ленинград, ВАСХНИЛ, ВИЗР, 1990. – 24 с.
51. Назаров С.С. Токсичность фосфорорганических инсектицидов для медоносных пчел/ С.С. Назаров, А.И. Илларионов //Агрохимический вестник. 1978. № 7. С. 61-63.
52. Назаров С.С. Новые фосфорорганические инсектициды и пчелы/ С.С. Назаров, А.И. Илларионов // Пчеловодство. 1978. № 9. С. 19-20.
53. Назаров С.С. Токсичность фозалона для медоносных пчел / С.С. Назаров, А.И. Илларионов// В сборнике статей: Особенности экологии и фенологии вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и борьба с ними. Воронеж, 1978. Т. 94. С. 64-67.
54. Новожилов К.В. Теоретические и прикладные аспекты избирательности действия инсектицидов / К.В. Новожилов // Сб. науч. тр. 1986. С.5-22.
55. Семенова Н.Н. Теоретические аспекты имитационного моделирования поведения пестицидов в агроценозе для оптимизации экотоксикологических параметров в защите растений: автореф. дис.... доктора биол. наук: 06.01.11/ Н.Н. Семенова. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2007. – 41 с.
56. Химическая защита растений и охрана здоровья людей// Защита растений. – 1971. – № 11. – С. 2-4.
57. Экологическая доктрина РФ. М., 2003., 32 с.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ПЕСТИЦИДОВ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ	6
1.1. Краткая история становления и развития экотоксикологии пестицидов	6
1.2. Современные проблемы экотоксикологии пестицидов	12
1.3. Перспективы развития экотоксикологического направления в защите растений	13
1.4 Основные направления исследований экотоксикологии пестицидов	20
Глава 2. ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ДЕЙСТВИЕ НА НЕЦЕЛЕВЫЕ ОРГАНИЗМЫ	22
2.1. Пути поступления и деградации пестицидов в воздушной среде	23
2.2. Пути поступления, деградации и действие пестицидов на организмы в водной среде	24
2.3. Пути поступления, деградации и действие пестицидов на организмы в почве	26
2.3.1. Степень загрязнения почв Российской Федерации	32
2.4. Действие пестицидов на биоценозы	34
2.4.1. Действие пестицидов на популяции энтомофагов и акарифагов	34
2.4.2. Действие пестицидов на насекомых-опылителей	35
2.4.3. Действие пестицидов на защищаемые растения	38
2.5. Действие пестицидов на теплокровных животных и человека	40
2.5.1. Регламенты применения пестицидов	44
2.6. Воздействие пестицидов на отдельные организмы, популяции и экосистемы	45
2.6.1. Методы расчета среднесмертельной дозы токсикантов	48
2.6.2. Особенности влияния токсикантов на популяции биологических объектов	54
Глава 3 ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ИНСЕКТИЦИДОВ	59
3.1. Фосфорорганические соединения	60
3.2. Пиретроиды	90
3.3. Неоникотиноиды	108
3.4. Производные нереистоксина	117
3.5. Фенилпиразолы	118
3.6. Авермектины	120
3.7. Производные бензоилмочевины и карбаминовой кислоты	125
3.8. Тиadiaзины	129

3.9. Карбаматы	130
3.10. Окадазины	131
3.11. Пиридазины (производные пиридазина)	132
3.12. Антраниловые диамины	133
3.13. Пиразолы	134
3.14. Тетразины	135
3.15 Производные сульфокислот	136
3.16. Хинозолины	137
3.17. Родентициды	138
Глава 4. ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ФУНГИЦИДОВ	143
4.1. Классификация фунгицидов	143
4.2. Неорганические соединения меди	146
4.3. Производные дитиокарбаминовой кислоты	148
4.4. Этиленбисдитиокарбаматы	149
4.5. Фенилтирролы	151
4.6. Производные бензоилмочевины (бензамиды)	152
4.7. Хлорнитрилы	153
4.8. Манделамины	154
4.9. Фенилтиримидины	155
4.10. Аналоги стробилюринов	156
4.11. Оксазолы	164
4.12. Дикарбоксимиды	165
4.13. Карбоксамины	166
4.14. Квиноны	166
4.15. Цианоацетамид оксимы	167
4.16 Фталимины	168
4.17. Фениламины	169
4.18. Бензимидазолы	170
4.19. Оксатины	174
4.20. Триазолы	175
4.21. Триазолинтионы	185
4.22. Анилонопиримидины	186
4.23. Дикарбоксимиды	187
4.24. Карбаматы	188
4.25. Производные оксазола	189
4.26. Производные имидазола	190
4.27. Морфолины	192
4.28. Пиримидины	194
4.29. Пиперазины	195
Глава 5. ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ ГЕРБИЦИДОВ	197
5.1. Производные хлорфеноксиуксусной кислоты	200
5.2. Производные арилоксиалканкарбоновых кислот	201
5.3. Производные бензойной кислоты	201

5.4. Производные гидроксibenзойной кислоты	202
5.5. Производные никотиновой кислоты	203
5.6. Пиримидины	204
5.7. Производные сульфонилмочевины	205
5.8. Бис карбаматы	216
5.9. Триазолпиримидины	217
5.10. Триалиноны	218
5.11. Бензотиазины	219
5.12. Дифениловые эфиры	220
5.13. Пиридазины	221
5.14. Арилоксифеноксипропионаты	222
5.15. Циклогександион оксимы	229
5.16. Фенилпиразолины	232
5.17. Производные пирролидона	233
5.18. Изоксазолы	234
5.19. Ассиметричные триазины	235
5.20. Хлорацетанилиды	238
5.21. Динитроанилины	242
5.22. Тиокарбаматы	244
5.23. Производные фурана	244
5.24. N-фенилфталимиды	245
5.25. Имидазолины	246
5.26. Имидазолины	248
5.27. Фосфоноглицины	249
5.28. Производные фосфиновой кислоты	249
5.30. Производные бипиридила	250
Краткий словарь терминов и их определений	251
Список цитируемой литературы	254



Издается в авторской редакции.

Подписано в печать 29.07.2016 г. Формат 60x84¹/₁₆

Бумага кн.-журн. П.л. 16,3. Гарнитура Таймс.

Тираж 30 экз. Заказ №14456

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1