

## PESTICIDES IN THE MODERN WORLD

N. N. MELNIKOV,  
G. M. MELNIKOVA

*This is a short review of the research in pesticides, their economic effectiveness, toxicology, the form of use and the main demands for production of modern pesticides. The problem of their safe use for man and environment is also described.*

**Дан краткий обзор направлений использования пестицидов, их экономической эффективности, токсичности, форм применения и основных требований к современным пестицидам. Описаны условия их безопасного использования для человека и окружающей среды.**

## ПЕСТИЦИДЫ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Н. Н. МЕЛЬНИКОВ, Г. М. МЕЛЬНИКОВА

Пестициды — собирательный термин, охватывающий химические соединения различных классов, применяемые для борьбы с вредными организмами в сельском хозяйстве, здравоохранении, промышленности, нефтедобыче и многих других случаях. Пестициды начали использовать еще в войсках Александра Македонского для борьбы с паразитами человека (порошок долматской ромашки). В здравоохранении пестициды применяют для борьбы с членистоногими — переносчиками таких опасных заболеваний, как малярия, чума, туляремия, энцефалит, сонная и слоновая болезнь, многие кишечные заболевания. В здравоохранении и ветеринарии, кроме того, пестициды используют в качестве дезинфицирующих средств, в промышленности — для предохранения неметаллических материалов (полимеров, древесины, текстильных изделий), борьбы с обрастанием морских судов, особенно в южных морях, для борьбы с сероводородобразующими бактериями, для предохранения труб от коррозии.

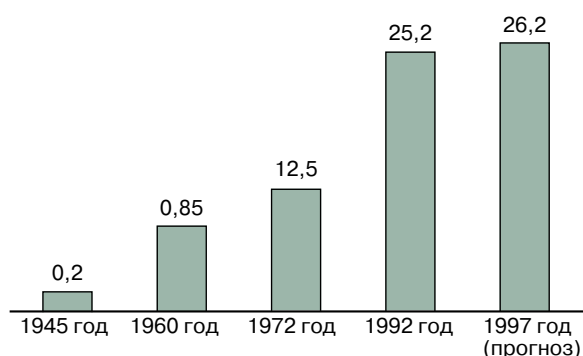
В наибольших масштабах пестициды используют в сельском хозяйстве для борьбы с членистоногими (инсектициды и акарициды), нематодами (нематоциды), грибными (фунгициды) и бактериальными (бактерициды) заболеваниями растений и животных, а также для борьбы с сорняками (гербициды). К пестицидам относят также регуляторы роста растений (ретарданты), используемые для борьбы с полеганием различных культур, для дефолиации (удаления листьев) и десикации (подсушивания растений на корню), чтобы облегчить уборку урожая, а также для предохранения от заморозков и засухи.

Бытует мнение, что применение пестицидов представляет большую опасность для человека и животных. Это связано с применявшимися ранее очень ядовитыми соединениями мышьяка. Современные пестициды за редким исключением обладают низкой токсичностью, приближающейся к токсичности поваренной соли, и во много раз менее ядовиты, чем кофеин. Отметим также, что современные пестициды в течение одного вегетационного периода полностью разрушаются в окружающей среде.

**Масштабы применения пестицидов.** О масштабах применения пестицидов можно судить по табл. 1 и рис. 1, на котором показано изменение стоимости потребления пестицидов в мире с 1945 года в ценах 1992 года и дан прогноз на 1997 год. Как видно из приведенных на рис. 1 данных, мировая стоимость потребления пестицидов с 1945 по 1992 год возросла более чем в сто раз, что объясняется усложнением молекул применяемых препаратов, увеличением стоимости их производства и масштабов применения.

**Таблица 1.** Потребление пестицидов в странах мира в 1991 году

Страна	Объем продажи, млн долл. США	% от общей мировой продажи
США	6360	25,9
Япония	3456	14,0
Франция	2735	11,1
Германия	1343	5,5
Великобритания	771	3,1
СССР	850	3,4



**Рис. 1.** Динамика применения пестицидов в мире (в млрд долл. США)

**Современные требования к пестицидам.** В связи с широким применением пестицидов возник вопрос о возможной опасности их для человека и окружающей среды. Опасность применения пестицидов может быть связана с наличием остатков в пищевых продуктах, с загрязнением водоемов, почвы и других объектов. По этому вопросу было много эмоциональных выступлений в печати, которые характеризуют не столько опасность, сколько некомпетентность их авторов. Для уменьшения возможной опасности разработаны следующие требования к современным пестицидам:

- 1) низкая острая токсичность для человека, полезных животных и других объектов окружающей среды;
- 2) отсутствие отрицательных эффектов при длительном воздействии малых доз, в том числе мутагенного, канцерогенного и тератогенного действия (тератогенный – повреждающий зародыш);
- 3) низкая персистентность (низкая устойчивость в окружающей среде со временем разложения не более одного вегетационного периода).

Кроме того, рекомендуемые препараты должны обладать следующими свойствами:

- 1) высокая эффективность в борьбе с вредными организмами;
- 2) экономическая целесообразность использования;
- 3) доступность сырья и производства.

Мониторинг, проводимый в США на содержание пестицидов в пищевых продуктах, показывает, что 80–90% их не содержит пестицидов совсем, 10% содержит допустимые нормы и только 0,7% – выше нормы. Интересно отметить, что в странах наиболее интенсивного применения пестицидов самая высокая продолжительность жизни людей, что не является признаком положительного действия применения пестицидов на продолжительность жизни, а характеризует лишь отсутствие их достаточно заметного отрицательного влияния при правильном применении. Во всем мире ведется интенсивная работа по совершенствованию ассортимента применяемых пестицидов и уменьшения их вредного воздействия на окружающую среду. В настоящее время на эти работы фирмами – производителями пестицидов, а также из федеральных бюджетов экономически развитых стран, таких, как США, Англия, Франция, Япония, Германия, Швейцария, расходуется более 2 млрд долл. в год.

**Токсичность пестицидов.** Говоря о токсичности пестицидов, надо сказать, что большинство современных препаратов заметно более безопасны, чем многие лекарственные средства. Например: ЛД<sub>50</sub> поваренной соли – 3750 мг/кг, кофеина – 200 мг/кг, аспирина – 1750 мг/кг, а современных гербицидов – производных сульфонилмочевины – 5000 мг/кг (ЛД<sub>50</sub> – доза препарата, при которой погибают 50% экспериментальных животных). По статистике отравлений в США наибольшее число смертельных случаев отмечено при отравлении алкоголем и менее 2% – от пестицидов и минеральных удобрений.

**Экономическая эффективность применения пестицидов.** Широкое применение пестицидов связано с их высокой экономической эффективностью, которая может быть охарактеризована следующим примером: прополка одним человеком 1 га сахарной свеклы требует не менее 20 рабочих дней, тогда как использование современных гербицидов позволяет решить эту проблему за 30–40 мин. Кроме того, применение некоторых гербицидов позволяет перейти к беспашотному земледелию, что резко сокращает расход горючего и труда. Эффективность комплексной химизации зерновых культур может быть показана на примере ФРГ. С 1955 по 1988 год урожай пшеницы в стране вырос с 25 до 64 ц/га, из которых 10 ц приходится на улучшение семеноводства и обработки почвы, 7 ц – на применение минеральных удобрений, 7 ц – на применение ретардантов и остальное – на инсектициды, фунгициды и гербициды.

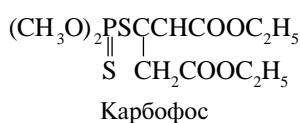
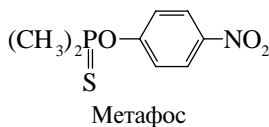
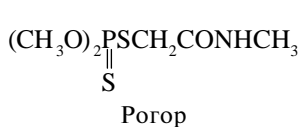
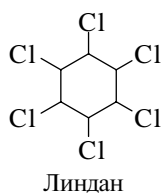
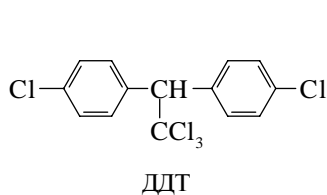
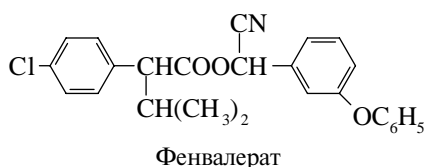
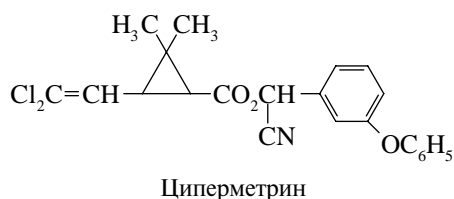
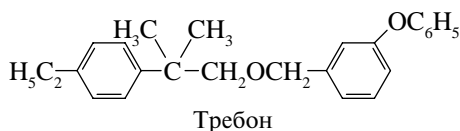
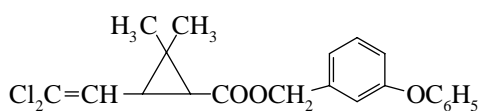
Как видно из табл. 1 и 2, наибольшая урожайность зерновых культур в странах с интенсивным применением пестицидов.

**Инсектициды.** Переходя к характеристике современных пестицидов, отметим, что в качестве инсектицидов для борьбы с членистоногими используют главным образом фосфорорганические соединения, синтетические пиретроиды и частично, в основном

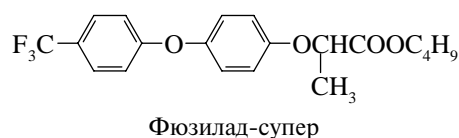
**Таблица 2.** Урожайность зерновых в 1993–1994 годах [4]

Страна	Урожайность, ц/га
Япония	54,8
США	55,7
Европейский союз	49,6
Мексика	21,0
Россия	15,9
Казахстан	10,6

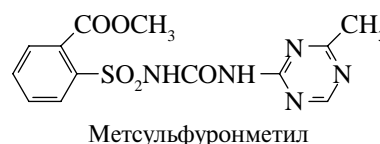
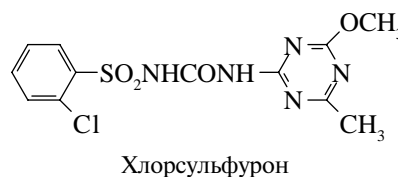
в Африке, Китае и Южной Азии, хлорорганические соединения, такие, как ДДТ и линдан (линдан – 98–100%-ный  $\gamma$ -изомер гексахлорциклогексана, гексахлоран – техническая смесь изомеров гексахлорциклогексана, содержащая 12–13%  $\gamma$ -изомера).



**Гербициды.** Ассортимент гербицидов весьма значителен и используется применительно к разным культурам. Препаратами, не потерявшими своего значения и сейчас, являются 2, 4-Д (2,4-дихлороксибензойная кислота) и ее производные, 2-метил-4-хлор-феноксиуксусная кислота и ее производные, которые пока еще в широких масштабах используют для борьбы с сорняками в посевах зерновых культур, однако для полного уничтожения сорняков требуются и другие гербициды. Из препаратов для борьбы с сорняками в посевах злаков укажем на производные арилоксифеноксипропионовой кислоты, а для борьбы с сорняками в посевах сахарной свеклы успешно применяется препарат фюзилад-супер при нормах расхода 125 г/га

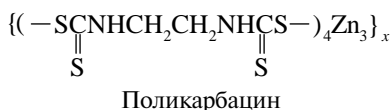
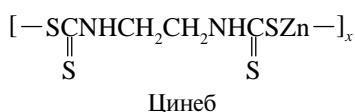
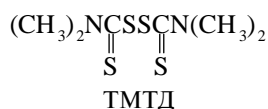


В последнее время широко применяются производные сульфонилмочевины, из которых в практических условиях используют более десяти препаратов. Эту группу соединений применяют при нормах расхода 10–50 г/га. Такие низкие нормы расхода вызывают необходимость очень осторожного их использования, так как повышение норм расхода может вызвать отрицательные последствия

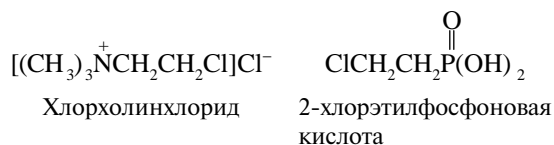


**Фунгициды.** В качестве фунгицидов и протравителей семян в значительных количествах используются дитиокарбаматы (ТМТД, манеб, цинеб, поликарбацин, манкоцеб, соединения меди и новые системные фунгициды). Большим достижением последних десятилетий является открытие системного фунгицидного действия у бенлата и производных триазола и морфолина. (Системными фунгицидами называются вещества, способные передвигаться по сосудистой системе растений.) Наиболее распространенными препаратами триазолового ряда являются байтан, байлетон и пропиконазол. Применение системных фунгицидов позволяет эффективно бороться со многими грибковыми заболеваниями растений, в том числе с такими, как фузариум, который вырабатывает ядовитые микотоксины. Их токсичность сопоставима с токсичностью стрихнина и некоторых боевых отравляющих веществ. Кроме

того, некоторые микотоксины обладают канцерогенным действием. Интересным препаратом является карбоксин, используемый в качестве протравителя семян в борьбе с пыльной головней; на пыльную головню другие препараты не действуют. Ассортимент фунгицидов весьма значителен



**Ретарданты.** Большое значение имеет борьба с полеганием особенно зерновых культур, при котором теряется до 20% урожая. Средства борьбы с полеганием — ретарданты в настоящее время также находят широкое применение в сельском хозяйстве. Наиболее широко используются хлорхлинхлорид и 2-хлорэтилфосфоновая кислота (этрел)



**Биологические средства защиты растений.** Наряду с химическими средствами защиты растений интенсивно разрабатываются биологические методы. Различие между биологическими и химическими методами состоит в том, что в качестве химических средств используются вещества, а в качестве биологических — существа, способные к размножению. Эта формулировка принята на Генеральной Ассамблее ООН в 1969 году для характеристики отличий химического и биологического оружия. Возникает вопрос: возможно ли получение хороших урожаев без применения пестицидов? Однозначно ответить на этот вопрос нельзя. Все зависит от вида вредителя и культуры, которую требуется защитить. Так, например, для борьбы с паутинным клещиком на огурцах в закрытом грунте можно успешно применять хищного клеща фитосейулюса, но в открытом грунте опыты по применению фитосейулюса менее удачны.

Биологические средства защиты растений используют в настоящее время для борьбы с вредителями растений. В качестве таких средств применяются

паразиты членистоногих и хищники. В настоящее время ведется интенсивная работа по поиску и созданию новых эффективных биологических средств и способов биологической защиты растений. Наилучшие результаты достигнуты в борьбе с членистоногими. Для защиты от болезней растений некоторое применение получили антибиотики, но в большинстве случаев они не имеют преимуществ перед химическими средствами. Для борьбы с сорными растениями эффективных средств пока не найдено, только в отдельных случаях имеются некоторые виды насекомых, избирательно уничтожающих отдельные сорняки. В большинстве случаев при отсутствии химических средств защиты растений стоимость сельскохозяйственной продукции пока возрастает в 2–3 раза, что связано с рядом трудностей, так как биологические объекты являются менее стандартизованными, чем химические. Такой известный препарат, как дендробациллин, содержащий споры *Bacillus thuringiensis* и обладающий широким спектром действия на членистоногих, является скорее химическим препаратом, поскольку действует в виде токсина — вещества.

К настоящему времени в США созданы сорта хлопчатника с геном, ответственным за образование токсина *Bacillus thuringiensis*, что можно отнести к чисто биологическому методу. Однако применение таких сортов хлопчатника из-за боязни отрицательных последствий для природы и человека пока не разрешено.

Перспективным методом защиты растений от членистоногих является использование половых феромонов для привлечения особей другого пола и уничтожения их на приманочных участках. Кроме того, феромоны можно использовать для дезориентации особей другого пола. Возможно также использование лучевой стерилизации самцов для уменьшения популяции вредителей. Однако феромоны являются химическими веществами, и их можно в равной степени отнести как к биологическому, так и к химическому методу борьбы. Положительными их свойствами являются отсутствие отрицательного действия на полезных насекомых, человека и животных, отсутствие загрязнения окружающей среды (феромоны применяются в основном в ловушках, которые убирают после применения). Кроме того, большинство феромонов практически нетоксичны для человека и животных. Недостатком феромонов является их узкая специфичность действия. Для некоторых видов насекомых применение феромонов дает наилучший эффект. Предполагают, что биологические средства борьбы с вредителями составят около 6% от всех применяемых пестицидов.

Наиболее перспективной является интегрированная защита растений с использованием всех возможных средств защиты растений, с учетом биологических особенностей вредителя и его врагов. Это позволяет в некоторых случаях удешевить защиту



растений, однако в современном виде борьба с массовыми вредителями — саранчой, луговым мотыльком — может успешно осуществляться химическими средствами.

**Формы применения.** Пестициды, подобно лекарственным средствам, применяют в виде различных форм, важнейшими из которых являются следующие.

1. Смачивающиеся порошки, которые при разведении водой дают устойчивую суспензию. Они содержат действующее вещество, наполнитель, детергент и иногда некоторые вспомогательные вещества в зависимости от активности препарата. Содержание действующего вещества может колебаться от 1 до 90%.

2. Концентраты эмульсий, которые с водой образуют устойчивую эмульсию. Концентрат эмульсии содержит действующее вещество, растворитель, детергент и вспомогательное вещество. Содержание действующего вещества в зависимости от активности соединений может колебаться от 1 до 90%.

3. Дусты для опыливания. Они содержат наполнитель, действующее вещество и вспомогательные вещества, содержание действующего вещества в дустах может колебаться от 1 до 20%.

4. Гранулы с различной величиной частиц, содержащие действующее вещество, наполнитель, вспомогательные вещества. Величина гранул может колебаться в широких пределах в зависимости от назначения, содержание действующего вещества — от 1 до 10%.

Растворимые в воде препараты выпускаются как в твердом виде (порошок, таблетки), так и в виде водных растворов. В некоторых случаях такие препараты содержат растворимый в воде наполнитель, а также некоторые неорганические добавки типа силикагеля, легко суспендирующиеся в воде. Таблетки или гранулы содержат действующее вещество и нерастворимый в воде, но легко суспендирующийся в воде наполнитель.

5. Растворы в органических растворителях.

6. Для борьбы с грызунами используют в качестве наполнителей пищевые продукты.

Существуют и другие формы применения: аэрозоли, суспендирующиеся в воде грануляты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время пестициды являются основными средствами защиты растений, животных и различных материалов от повреждений разнообразными организмами. Например, в России в 1992 году пришлось вести борьбу с саранчой на площади около 2 млн га, что потребовало закупки большого количества дециса за валюту, а также использования военных самолетов, так как саранча за один день способна уничтожить растительность на огромных площадях. В 1972 году в СССР на 2 млн га вся растительность была уничтожена луговым мотыльком.

В 1995 году в Красноярском крае сибирским шелкопрядом было повреждено 600 тыс. га леса. Борьба с шелкопрядом велась с привлечением сил МЧС. В 1996 году в России из-за недостаточной борьбы с клопом-черепашкой 5 млн т пшеницы потеряло хлебопекарные качества, и ее можно было использовать только на корм скоту, что нанесло убыток в два триллиона рублей. Зерно, зараженное фузариозом, из-за накопления ядовитых микотоксинов не может быть использовано даже на корм скоту. Можно вспомнить голод в Ирландии в 1848 году из-за неурожая картофеля, который погиб в результате размножения гриба фитофторы. В настоящее время, используя контактные и системные фунгициды, удается избежать массовых эпифитотий.

Учитывая большую работу, проводимую в области создания новых пестицидов и подбора ассортимента, можно надеяться, что будет уменьшаться вредное воздействие и увеличиваться избирательность действия пестицидов на различные живые организмы. Одним из серьезных недостатков современных препаратов, особенно инсектицидов, является приобретение нежелательными организмами резистентности (устойчивости) к применяемым препаратам, которая в настоящее время преодолевается использованием смесей пестицидов с различным механизмом действия. Например, использование смесей фунгицидов контактного и системного действия, инсектицидов — пиретроидов с фосфорорганическими инсектицидами. Приобретение резистентности вызывает необходимость систематического пополнения ассортимента препаратами с различным механизмом действия, что требует больших затрат средств и времени.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н.Н. Пестициды: Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987. 712 с.
2. Мельников Н.Н., Волков А.И., Короткова О.А. Пестициды и окружающая среда. М.: Химия, 1977. 223 с.
3. Пестициды в экосистемах: Проблемы и перспективы: Аналитический обзор. Новосибирск: СО РАН, ГПНТБ, 1994. 142 с.
4. Мельников Н.Н. Современная ситуация с применением пестицидов // Хим. пром-сть. 1994. № 2. С. 14–18.

\* \* \*

Николай Николаевич Мельников, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института химических средств защиты растений, член-корреспондент РАН. Область научных интересов: химия пестицидов и химия элементоорганических соединений. Автор более 20 книг и брошюр, в том числе шести монографий, более 1000 статей.

Галина Михайловна Мельникова, научный сотрудник того же института (НИИХСЗР).