

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

# **ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

**КУРС ЛЕКЦИЙ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства в качестве  
учебно-методического пособия для студентов учреждений,  
обеспечивающих получение углубленного высшего образования  
по специальности 7-06-0811-02 Агрономия*

Горки  
БГСХА  
2024

УДК 632(075.8)

ББК 44я73

И57

*Рекомендовано методической комиссией  
агротехнологического факультета 27.06.2023 (протокол № 10)  
и Научно-методическим советом БГСХА 28.06.2023 (протокол № 10)*

**Авторы:**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Ю. А. Миренков*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. П. Дуктов*;  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *П. А. Саскевич*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. Р. Кажарский*

**Рецензенты:**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. В. Стрелкова*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. Г. Власов*

**Интегрированные системы защиты растений. Курс лекций** : учебно-методическое пособие / Ю. А. Миренков [и др.] – И57  
Горки : БГСХА, 2024. – 197 с.  
ISBN 978-985-882-578-2.

Рассмотрены принципы составления системы интегрированной защиты растений. Приведены основные разделы, темы, термины и понятия, необходимые для усвоения материала по дисциплине «Интегрированные системы защиты растений». Сформулирован современный подход к проведению защиты растений от вредных организмов на основе интегрированного метода, являющегося системой методов управления фитосанитарной обстановкой.

Приведены инновационные технологии защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности. Дано эколого-токсикологическое обоснование применения средств защиты растений.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение углубленного высшего образования по специальности 7-06-0811-02 Агрономия.

**УДК 632(075.8)**

**ББК 44я73**

**ISBN 978-985-882-578-2**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2024

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Тенденции развития современного сельскохозяйственного производства предусматривают совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур, важным элементом которых является защита от вредителей, болезней и сорной растительности. В последние годы отмечается увеличение влияния вредных организмов на общую структуру биологических потерь урожая, что во многом обусловлено недостаточной изученностью биоэкологических особенностей патогенного комплекса той или иной культуры в конкретных агроклиматических условиях, а также несовершенством используемых против него защитных мероприятий.

В мире в настоящее время ведущее место в защите растений занимает химический метод. В результате его применения предотвращается основная часть потенциальных потерь. Этому способствуют высокая эффективность и универсальность метода, простота и практическая доступность, очевидность и быстрота производимого эффекта. Однако очень быстро начали проявляться факторы отрицательного воздействия пестицидов: их накопление в почве, водоемах, живых организмах, возникновение устойчивых популяций вредных организмов, нарушение естественных биоценозов, резкое снижение их способности к саморегуляции. Возникла потенциальная угроза здоровью человека и непредвиденных, в том числе генетических, последствий.

Уникальные разработки при создании химических средств росторегуляции, иммуномодуляции и защиты растений от вредных организмов на фоне усугубившейся из-за концентрации производства и микрореволюционных процессов фитосанитарной ситуации опровергают традиционные представления о том, что защитные мероприятия сохраняют около 30 % потенциально возможного урожая. Защита растений, являясь заключительным звеном технологии возделывания культуры, определяет также эффективность других капиталовложений. Это объясняется тем, что вредители, болезни, сорняки прямо или косвенно используют вносимые удобрения и снижают эффективность других вложений.

На основании многочисленных исследований и практического опыта в настоящее время общепринято, что наиболее эффективна и экологически безопасна интегрированная защита растений, предусматривающая не простое истребление отдельных видов вредных организмов, а долговременное содержание комплекса вредных организмов на безопасном уровне с минимальными отрицательными последствиями для окружающей среды. Интегрированная защита предусматривает использова-

ние таких средств и методов подавления вредных организмов, которые бы не просто сохраняли полезные организмы, но и активизировали их деятельность. В отличие от прежней тактики защиты, когда обработки пестицидами проводились часто без учета реальной численности вредителей, при интегрированной защите проведение истребительных мероприятий ограничивается лишь случаями, если численность вредных видов выше экономического порога вредоносности или сохраненный урожай окупит затраты на обработку.

До недавнего времени считалось, что вредный объект, который появился в посевах, должен быть уничтожен полностью с помощью химических средств защиты растений.

Однако в связи с последствиями научно-технического прогресса, которые привели к загрязнению окружающей среды поллютантами, человечество вынуждено было перейти на интегрированную защиту растений.

Помимо газообразных веществ и аэрозолей (в том числе углекислого газа, двуокиси азота), тяжелых металлов, радиоактивных элементов или радионуклидов, органических веществ загрязнителями окружающей среды являются сложные химические соединения.

По оценке экспертов, в Республике Беларусь вклад в токсичные выбросы вносят: транспорт и энергетика – 38 %, химические и нефтехимические предприятия – 15 %, заводы строительных материалов – 9 %, остальное дают предприятия металлургии, машиностроения, приборостроения, агропромышленного комплекса и др.

Удельный вес выбросов автотранспорта в общем объеме загрязнений разных городов колеблется от 50,5 % (г. Полоцк) до 85 % (г. Брест).

В нашей стране особенно остро стоит проблема защиты окружающей среды, так как загрязненными радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС оказались 20 % территории.

Результаты радиологических исследований почв показывают, что значительному загрязнению (от 1 Ки/км<sup>2</sup>) цезием-137 подверглось 20,8 % сельскохозяйственных угодий, из которых 1437,9 тыс. га используют для сельскохозяйственного производства. Около 453 тыс. га загрязнено стронцием-90 с плотностью более 0,3 Ки/км<sup>2</sup>.

Установлено, что только часть дозы ядохимиката достигает защищаемой культуры. Например, при обработке лесных угодий только 50 % дозы препарата оседает на деревьях. Остальное переносится с воздушными потоками и оседает на почве, в водоемах.

Кроме того, многие пестициды, применяемые в сельском хозяйстве, хорошо перемещаются по пищевым цепям, а также попадают в гидробионты. Наиболее ярким примером является хорошо изученный ДДТ.

Так, если в озере Мичиган концентрация данного препарата составляет 0,001 мг/л, то в жире рыб – уже 3,5 мг/кг, жире чаек – 100 мг/кг, жире человека – от 3 до 1131 мг/кг.

Данный препарат очень сильно мигрирует по земному шару в целом, даже в теле пингвинов в Антарктиде содержится ДДТ в концентрации 0,024 мг/кг, хотя там он никогда не применялся.

Ко многим пестицидам, если не соблюдать ядооборота с чередованием препаратов из различных химических групп с разным механизмом действия, у вредных объектов может вырабатываться резистентность. В настоящее время на Земле уже известно более 300 вредных объектов, которые обладают устойчивостью к тем или иным пестицидам.

Все это свидетельствует о том, что применение ядохимикатов для борьбы с вредными объектами должно быть тщательно обоснованным и всесторонне просчитанным.

Целями учебной дисциплины «Интегрированные системы защиты растений» являются:

- обучение будущих специалистов разработке интегрированных систем защиты полевых культур на основе анализа конкретной фитосанитарной обстановки и с учетом данных прогноза фенологии культуры и прогноза основных вредных объектов, экологически взвешенных и обоснованных рекомендаций по снижению динамики популяций;

- углубление и конкретизация теоретических знаний по интегрированной защите растений, по биоэкологии вредителей, возбудителей болезней и сорняков;

- обучение способам оценки влияния различных методов и факторов на развитие вредных организмов с целью применения интегрированной системы защитных мероприятий сельскохозяйственных культур;

- обучение применению теоретических знаний для решения практических задач по борьбе с вредными организмами, рассматривая посе́вы сельскохозяйственных культур в севообороте при современной технологии их возделывания как управляемые экосистемы, в которых механизмы регуляций взаимоотношений ее контингентов в значительной мере определяются хозяйственной деятельностью человека;

- обучение разработке и планированию защитных мероприятий в севообороте, имея в виду, что ведущая роль в формировании взаимоотношений в агроэкосистемах принадлежит растениям, которые должны обеспечить полную реализацию потенциальных возможностей урожаеобразующих факторов на разных фазах органогенеза.

При разработке системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков необходимо учитывать высокий адаптационный потенциал вредных организмов к неблагоприятным факторам внешней среды и факторы интенсификации сельскохозяйственного производства.

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Особенностью экологических систем, в том числе и агроэкосистем, является их способность к саморегуляции, которая основывается на непрерывном обмене энергией между организмами. Процессы саморегуляции осуществляются через взаимодействие особей внутри популяций и взаимодействие их с особями других видов в звеньях растении – фитофаг – зоофаг. Определяющими факторами, оказывающими существенное влияние на процессы саморегуляции организмов в экосистемах, являются солнечная энергия, климатические условия, количество и качество пищи.

В агроэкосистеме полевого севооборота на процессы саморегуляции организмов значительное влияние оказывают также и антропогенные факторы: уровень культуры земледелия, сортовой состав, удобрения, агротехника, засоренность посевов, специализация хозяйства и некоторые организационно-хозяйственные мероприятия, а также широкое применение пестицидов, биопрепаратов, регуляторов роста растений и других средств химизации сельского хозяйства.

Особое значение в управлении численностью и вредоносностью фитофагов имеет проведение агротехнических, химических и некоторых других мероприятий в наиболее уязвимый для фитофагов и безопасный для энтомофагов периоды. Последние в состоянии сами контролировать численность оставшейся части популяции фитофагов. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что полное уничтожение фитофагов или фитопатогенов нецелесообразно, поскольку причиняемые ими повреждения стимулируют продуктивность растений, активизируют их защитные механизмы.

Следовательно, *интегрированная система защиты растений* – это рациональная система борьбы с вредными организмами, которая в первую очередь использует природные ограничивающие факторы и эффективные методы борьбы с вредными организмами на основе прогноза и сигнализации, экономических порогов вредоносности и удовлетворяет экономическим, экологическим и социально-гигиеническим требованиям.

Целью интегрированной борьбы является поиск селективных средств воздействия на вредные организмы. Эти средства должны обеспечивать максимальное сохранение и усиление естественных механизмов регуляции численности вредных организмов. Интегрированная система защи-

ты предусматривает не простое истребление отдельных видов, а длительное сдерживание комплекса вредных организмов на безопасном уровне.

Система мероприятий предусматривает проведение в определенной последовательности предупредительных (агротехнические, селекционные, карантинные) и истребительных (химические, биологические, физико-механические и др.) мер борьбы, направленных на подавление размножения всего комплекса основных вредителей, возбудителей болезней и сорной растительности. Использование химического метода возможно только в том случае, если численность вредных организмов превышает экономический порог вредоносности (ЭПВ).

Но необходимо иметь в виду такие возможности последствий применения химических средств, как загрязнение продукции и окружающей среды остатками пестицидов, нарушение равновесия в агроценозе, возрастание вредоносности второстепенных вредных организмов и др., которые с большим трудом поддаются экономической оценке.

Возникают также весьма серьезные проблемы, связанные с формированием популяций насекомых и возбудителей болезней, резистентных к ядам, в случаях, когда тактика применения химических средств (использование завышенных норм, систематическое и масштабное проведение химических обработок) направлена на получение предельно высокого биологического эффекта, т. е. на максимальное подавление численности вредных организмов. Нарушение биоценологических связей может вызвать массовое размножение ранее второстепенных видов, вследствие чего они становятся опасными.

Важнейшим условием, гарантирующим устранение потерь от вредных организмов, является жесткий контроль за применением пестицидов. Для осуществления такого контроля используют ряд показателей: ЭПВ; ЭПЦ; оптимальные нормы расхода пестицидов, соответствующие прогнозируемому уровню угрозы урожаю от вредных объектов; период ожидания срока выхода людей для работы на обработанных полях; МДУ остатков пестицидов в продуктах урожая; ДОК в почве; ПДК в воде и воздухе и др.

В профилактическом плане химический метод обеспечивает высокий защитный эффект. Этот метод следует рекомендовать как способ не подавления, а регулирования численности вредных организмов на экономически и экологически целесообразном уровне. При этом создаются реальные предпосылки для снижения уровня пестицидного пресса на окружающую среду и использования для защиты естественных регуляторов численности вредных организмов.

Стратегия и тактика интегрированной адаптивной защиты растений, прежде всего, должна быть направлена на регулирование численности вредных видов. В этом плане наиболее действенным должно быть прерывание обычных циклов развития и репродукции паразитов путем разрушения их пищевой ниши и благоприятных условий обитания за счет:

- создания фито- и энтоиммунных сортов и гибридов;
- увеличения видового разнообразия в севооборотах;
- агротехнического разнообразия в возделывании сельскохозяйственных культур;
- усиления средообразующей роли культивируемых растений, механизмов и структур саморегуляции и др.;
- управления микроэволюцией (селекцией) паразитов. Создание сортов с вертикальной устойчивостью влечет за собой больший селекционный эффект в отношении паразита, чем селекция на полевую (горизонтальную) устойчивость. Длительное использование однотипных пестицидов, генетически однородных сортов значительно усиливает и ускоряет отбор специализированных вредных видов. Поэтому необходим более широкий спектр, разнообразие возделываемых культур и сортов (гибридов).

Важную роль в определении направления и темпов отбора играют средообразующие особенности культивируемых растений (микроклимат, температура воздуха и почвы, освещенность и т. д.). В настоящее время применимо математическое моделирование – погода, условия.

Адаптивная интенсификация предполагает систему ресурсэнергосберегающего и экологически безопасного природопользования. В этой системе интегрированная система получает возможность охватывать все уровни управления агроэкосистемами, начиная с макрорайонирования культивируемых видов растений, конструирования устойчивых агробиогеоценозов и агроландшафтов и заканчивая созданием иммунных сортов с использованием оптимизационных, регуляторных и адаптивных возможностей техногенных факторов и технологий. Таким образом возводится иерархическая устойчивость.

Интегрированная система защиты растений отличается от традиционных методов прежде всего биоценотическим подходом, учетом не отдельных видов, а фаунистических комплексов взаимосвязанных органов, отношения между которыми могут существенно влиять на численность организмов.

**Модель** интегрированной защиты растений выглядит следующим образом:

- применение методов агротехнической профилактики и подавления вредных объектов;
- применение приемов, которые сохраняют энтомофагов и способствуют их развитию;
- посев сельскохозяйственных культур только устойчивыми сортами, которые являются районированными на данной территории;
- применение методов активного подавления вредоносности вредных объектов (автоцидный метод, биологические и химические средства защиты растений) с учетом прогноза развития вредных объектов и экономических порогов вредоносности вредителей, болезней и сорняков.

## **2. ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

Разработка интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков должна начинаться с освоения правильного экономически обоснованного севооборота, где выбор сельскохозяйственных культур и их чередование должны осуществляться на основании конкретных почвенно-климатических условий.

В условиях одностороннего насыщения севооборотов зерновыми или техническими культурами, т. е. однотипными культурами, в условиях применения повышенных доз азотных удобрений, почвозащитных способов обработки почвы, орошения, загущения посевов происходит подавление, а то и разрушение механизмов саморегуляции в агробиогеоценозах. Как результат, несмотря на значительный рост ассортимента и количества применяемых пестицидов, потери сельскохозяйственной продукции в результате поражения посевов болезнями, повреждения вредителями и угнетения сорняками остались в мире практически неизменными, по-прежнему ежегодно составляя 30–40 %.

При длительном применении химических средств защиты происходит жесткий отбор устойчивых видов возбудителей, насекомых, сорняков. Погибают и полезные насекомые, структура фауны сдвигается в сторону преобладания вредоносных видов. В мире темпы роста затрат на химические средства защиты в 4–5 раз опережают темпы прироста стоимости дополнительной продукции.

Односторонняя селекция и агротехника на достижение максимальной урожайности приводят к адаптации вредных организмов, росту их численности.

Основными принципами построения системы мероприятий по интегрированной защите растений являются (Н. И. Протасов, 2000) следующие.

1. Внедрение сортов и гибридов, обладающих повышенной устойчивостью против болезней и вредителей.
2. Постоянное оздоровление семенного материала.
3. Оценка естественных факторов борьбы.
4. Содержание численности вредителей на низком уровне, с целью предотвращения исчезновения энтомофагов.
5. Определение смертности энтомофагов при применении инсектицидов и других средств борьбы.
6. Система управления биотическими и абиотическими свойствами почвы, включающая:
  - введение и освоение научно обоснованного чередования сельскохозяйственных культур в севообороте;
  - внесение навоза и органоминеральных удобрений в отсутствие растения-хозяина;
  - запахивание сидеральных культур;
  - искоренение сорных растений (агротехническими и химическими приемами);
  - обработку почвы с целью улучшения строения пахотного слоя, аэрации и влажности почвы.
7. Тепловая (термическая) и химическая обработки посевного и посадочного материалов.
8. Сроки посева и посадки растений.
9. Осуществление агротехнических мероприятий, ограничивающих развитие вредных организмов в период вегетации.
10. Определение экономических порогов плотностей популяции вредных видов.
11. Организация учета и сигнализации.
12. Применение химических и биологических средств защиты против возбудителей заболеваний, которые могут находиться на вегетирующих растениях.
13. Построение системы мер по интегрированной защите растений с учетом прогноза развития вредных объектов.
14. Соблюдение карантинных мероприятий по предупреждению проникновения возбудителей заболеваний, не встречающихся в данной зоне.
15. Организация профессиональных курсов и программы обучения.

16. Организация эффективной административной системы для защиты растений.

В интегрированной системе мероприятий по защите растений должны быть отражены приемы, получившие широкое применение, а также наиболее перспективные приемы и методы работы с использованием химических и биологических препаратов и других средств.

***Для выполнения мероприятий по борьбе с вредными объектами в системе интегрированной защиты растений необходимо:***

- 1) выделить на каждой культуре наиболее опасных вредителей, болезни и сорняки;
- 2) определить вредные объекты, с которыми можно успешно вести борьбу безопасными для окружающей среды методами;
- 3) знать биоэкологию, реальный экономический уровень вредности и оценить возможные затраты на борьбу с вредными объектами;
- 4) уметь учитывать факторы, влияющие на прогноз развития болезней, вредителей и сорняков, вносить уточненные изменения в систему для применения ее в данном году;
- 5) возделывать районированные сорта и гибриды, устойчивые к болезням и вредителям;
- 6) осуществлять строгий семенной и сортовой контроль;
- 7) соблюдать чередование: культур в севообороте, систему основной, предпосевной и полупаровой обработок почвы, оптимальные сроки посева и глубину заделки семян;
- 8) рационально применять макро- и микроудобрения;
- 9) определять необходимость использования биологических и химических методов борьбы, сроки и регламенты их применения;
- 10) организовать специальные отряды, укомплектованные опытными кадрами и технически исправной сельскохозяйственной техникой для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками с использованием химических средств защиты растений;
- 11) строго соблюдать технику безопасности и требования охраны труда при работе с пестицидами.

Таким образом, в целях получения достаточно высокой урожайности сельскохозяйственных культур и качественной растениеводческой продукции при разработке системы интегрированной защиты растений необходимо соблюдать три основных принципа:

- интегрированный подход;
- хозяйственную и экономическую целесообразность;
- экологическую безопасность.

Интегрированная система защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов разрабатывается на основании знания биологии развития защищаемой культуры, вредителей, возбудителей заболеваний, сорняков, вредящей фазы вредного организма и сроков проведения защитных мероприятий с учетом экологических условий и экономических показателей, а также умения оценивать целесообразность применения тех или иных истребительных и профилактических мер.

Предложенные мероприятия должны долговременно удерживать безопасную для культуры численность вредных организмов. Обязательным условием качества разработанной системы является отсутствие отрицательного последствия на окружающую среду. Перечень мероприятий, входящих в интегрированную систему защиты культуры, должен включать:

- меры, направленные на снижение численности вредных организмов и их вредоносности до проведения истребительных мероприятий (агротехнические, селекционные, биологические);

- истребительные меры борьбы (химические, биологические, физико-механические). Рекомендуются при высокой (выше экономического порога вредоносности) численности вредных организмов;

- профилактические меры, которые необходимо предпринимать после проведения истребительных мероприятий, чтобы предупредить новое нарастание численности вредных организмов.

Все планируемые работы (профилактические и истребительные), в том числе и повторные обработки против вредных организмов, необходимо перечислять в календарной последовательности, т. е. в порядке очередности их проведения в течение вегетационного периода, начиная с подготовки к посеву и заканчивая осенними работами после уборки урожая. При разработке интегрированной системы защиты растений особое внимание следует уделить агротехническим мероприятиям, а также по возможности биологическому методу борьбы, что позволит сократить число химических обработок.

Химические обработки нужно рекомендовать только в том случае, если численность вредных организмов превышает экономический порог вредоносности.

Планируя обработку пестицидами, следует рекомендовать один конкретный препарат из рекомендованных, обладающий селективностью, высокой биологической, хозяйственной и экономической эффективностью, официально разрешенный для применения, доступный для хозяйства. Необходимо при этом учитывать его санитарно-гигиеническую

характеристику, т. е. пестицид должен быть самым безопасным для человека, теплокровных животных и других объектов окружающей среды. Норму расхода препарата нужно указать для конкретной культуры (для которой составляется интегрированная система защиты).

Если сроки обработок против различных вредных организмов совпадают, следует планировать проведение комплексных обработок пестицидами, обязательно учитывая их совместимость.

При планировании применения энтомофагов надо указывать норму выпуска их в расчете на 1 га.

Выбирая срок обработки, следует учитывать период вредоносности, чувствительные к пестицидам стадии развития вредного организма и устойчивые к отрицательному воздействию пестицида фазы развития защищаемой культуры.

При необходимости проведения многократных обработок их следует записывать отдельной строкой с указанием интервала между обработками.

Протравливание семян и посадочного материала является обязательным агроприемом против семенной инфекции возбудителей болезней, вредителей и болезней в период начального роста и развития растений, и отвечает основному принципу интегрированной защиты – обеспечивает максимальный эффект при минимальном отрицательном влиянии на компоненты агроценоза. Во всем мире этому профилактическому приему уделяется большое внимание, ибо он не только обеспечивает повышение урожая, но и является своеобразной страховкой от возможных неблагоприятных воздействий в период прорастания и появления всходов.

До недавнего времени борьбу с вредителями всходов проводили исключительно в период вегетации. Но с момента включения в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, препаратов для протравливания семенного материала инсектицидного действия появилась реальная возможность контролировать численность почвообитающих вредителей и вредителей всходов на экономически безопасном уровне и отпала необходимость в проведении обработок во время вегетации культуры. Здесь немаловажное значение имеет и экологический фактор. Так, при опрыскивании всходов до 50 % раствора инсектицида расходуется не по назначению: попадает на почву, в воздух, на энтомофагов, но никак не на растения. Следует также учитывать и высокую зависимость применения химических средств защиты растений от

внешних условий окружающей среды: ветер, дождь, высокая температура воздуха и т. д.

Ежегодный фитопатологический анализ партий семян сельскохозяйственных культур показывает, что в республике практически нет семян, неинфицированных каким-либо патогеном. Этому содействуют и метеорологические условия страны.

Обработка семян пестицидами является одним из наиболее целенаправленных и, следовательно, наиболее экономичных и экологичных мероприятий по защите растений всех сельскохозяйственных культур и в первую очередь семян, проростков и всходов. Протравливание семян является первым обязательным этапом в системе интегрированной защиты растений. Но проблема поиска более эффективных и экономически выгодных препаратов для протравливания по-прежнему остается актуальной.

Этот прием в защите растений многих культур особенно важен с точки зрения экологической безопасности, так как ведет к снижению загрязнения почвы, воздуха и воды пестицидами.

Токсикация растений путем предпосевной обработки семян позволяет на больших площадях посевов полностью отказаться от обработок во время вегетации. В связи с этим можно разгрузить график весенне-полевых работ, что при дефиците в сельскохозяйственных организациях техники, рабочей силы и, самое главное, времени является немаловажным фактором.

К достоинствам протравливания можно отнести:

- защиту семян и всходов от возбудителей заболеваний, инфекция которых находится на семенах и в почве;
- уменьшение повреждений всходов и корней растений почвенными вредителями при протравливании семян;
- защиту всходов и растений в начальной фазе роста от поврежденных сосущими и листогрызущими вредителями;
- активацию защитных свойств посевного материала, предотвращение развития в нем опасных микроорганизмов;
- улучшение состояния травмированных семян за счет усиления защиты;
- предпосевную обработку семян пестицидами можно проводить как за несколько дней, так и непосредственно перед посевом. Однако достаточно часто применяют и заблаговременное, за несколько месяцев до посева, протравливание кондиционных семян;

- стимулирование роста и развития растений благодаря влиянию препаратов на их физиологические процессы в семенном материале и растении;

- экономическую выгоду, поскольку такая обработка дешевле, проводится на ограниченной площади в периоды, наименее загруженные другими сельскохозяйственными работами. Стоимость протравителей значительно ниже, чем опрыскивание вегетирующих растений для борьбы с вредителями и болезнями;

- экологическую безопасность, поскольку при посеве протравленными семенами зона контакта химических веществ с полезной энтомофауной, животными и человеком наименьшая по сравнению с почвенным внесением или опрыскиванием растений;

- современные препараты проявляют длительное защитное действие в течение 25–40 сут. Выбирать средства защиты растений следует на основании результатов фитосанитарной экспертизы. Многокомпонентные средства широкого спектра действия считаются универсальными.

Протравливание семян часто является профилактическим мероприятием, однако ряд факторов, таких как минимальная или «no-till» обработка, чувствительный предшественник в севообороте, обильное количество стерни, а также теплый и влажный сезон практически гарантированно обеспечат развитие обширного спектра заболеваний. В такой ситуации обработка растений пестицидами по симптомам не приносит желаемых результатов и профилактические обработки становятся обязательными.

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства для получения стабильно высоких урожаев, максимально приближенных к потенциальным возможностям сортов, практически нельзя обойтись без применения химических средств.

Однако в связи с быстро прогрессирующим загрязнением окружающей среды при возделывании сельскохозяйственных культур возникает необходимость в использовании новых приемов и средств, применение которых должно быть не только высокоэффективным, но и в то же время экологически безопасным. В этом отношении очень возросла роль регуляторов роста растений и микроудобрений, которые способны стимулировать процессы в растениях, повышая их устойчивость к действиям вредных организмов, неблагоприятных абиотических и биотических факторов среды.

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

#### 3.1. Понятие о фитосанитарном контроле и прогнозе развития вредных организмов

В конце XIX в. рост уровня товарного производства продукции растениеводства в России при отсутствии надлежащих мер защиты стал причиной массового размножения комплекса вредных организмов. Отметив данное явление, в своих трудах ученые того времени (А. А. Ячевский, Н. В. Курдюмов) сформулировали ряд задач, определивших необходимость разработки методов учета вредных организмов, их распространения и фенологии, установления причин *эпифитотий* (от греч. *epiphytoty* – массовое, прогрессирующее во времени и пространстве инфекционное заболевание сельскохозяйственных растений и (или) резкое увеличение численности вредителей растений, сопровождающееся массовой гибелью сельскохозяйственных культур и снижением их продуктивности), изучения влияния на них различных приемов агротехники. В последующем эти задачи сформировали фундамент научного подхода в области защиты растений.

Первичной информацией для теоретически обоснованного подхода к организации защитных работ могли стать только достоверные данные о состоянии популяций вредных видов, а также биотических и абиотических факторах, оказывающих влияние на это состояние. Так сформировалось целое направление в защите растений по наблюдению за вредными объектами, сбору, обработке, анализу и обобщению обширной и разносторонней информации и разработке стратегических путей контроля вредоносности вредных видов, которое получило название *фитосанитарный контроль*. Собираемую таким образом информацию, которая характеризует распространение и интенсивность развития болезней, видовой состав и плотность заселения посевов сельскохозяйственных культур вредителями и сорняками, распространение и численность паразитов и хищников, патогенов вредителей, антагонистов и паразитов возбудителей болезней растений, фенологию развития вредных организмов и состояния посевов и насаждений, особенности погоды сезона и отдельных периодов вегетации растений по всем количественным показателям, объемы, сроки и технику ведения профилактических и защитных мероприятий, принято называть *фитосанитарной информацией*. Комплексное состояние посевов и вредных объектов в этом контексте

называют *фитосанитарной обстановкой*, а комплекс показателей фитосанитарной информации, характеризующий величину нагрузки вредных объектов на агрофитоценоз (плотность популяции вредителей, сорняков в посевах, развитие (или распространение) болезней) – *фитосанитарной нагрузкой*.

Фитосанитарный контроль на территории Беларуси был организован изначально при Всесоюзном научно-исследовательском институте защиты растений (ВИЗР), созданном в 1929 г. в СССР, в составе которого тогда насчитывалось 16 филиалов с множеством опорных пунктов. В короткие сроки были разработаны методы учетов вредных видов и потерь, вызванных ими, были развернуты исследования в области их биологии и биоэкологии. Большой вклад в разработку этих вопросов внесли В. П. Поспелов, Г. Я. Бей-Биенко, А. В. Знаменский, В. Н. Щеголев, Г. К. Пятницкий, Б. В. Добровольский, В. П. Васильев, К. И. Ларченко, Б. С. Виноградов, П. А. Свириденко, Н. П. Наумов, И. Я. Поляков, А. А. Ячевский, Н. А. Наумов, Н. А. Наумова, К. М. Степанов и др.

По мере накопления опыта в области наблюдений за вредными организмами и сравнения полученных данных с состоянием посевов и факторами окружающей среды стало известно, что эпифитотии – явление не случайное. Данный процесс подчиняется ряду объективных закономерностей, учет и анализ которых дает возможность заблаговременного предвидения фитосанитарной обстановки. Так, в первой половине XX в. в научных кругах сформировалось и утвердилось, а в последующем было доработано и развито направление *прогноза развития вредных организмов* (от греч. *prognosis* – предвидеть вперед). В результате в Министерстве сельского хозяйства СССР был издан приказ от 10 декабря 1956 г. № 474 «О Службе учета и прогнозов появления и распространения вредителей и болезней растений».

На современном этапе, являясь неразрывными звеньями, фитосанитарный контроль и прогноз коренным образом изменили подход к защите растений. Основной их *целью является организация профилактической направленности защитных мероприятий посредством сбора, анализа фитосанитарной информации, формирования целостной научно-теоретической и информативной базы в масштабах государства*.

Достижение цели осуществляется поэтапно посредством решения следующих задач:

- изучение экологии и физиологии вредных видов как основы моделирования динамики популяций и их взаимоотношения с повреждаемыми культурами;

- разработка теории динамики популяций вредных видов и конкретного ее моделирования для различных жизненных форм;
- разработка принципов и методов прогнозов распространения, развития, экономического значения вредных видов, информативного обеспечения этой работы и путей ее автоматизации;
- разработка научных основ эффективного использования всех видов прогнозов для планирования и организации мероприятий по защите растений.

Одним из конечных результатов такой работы, имеющих непосредственное прикладное значение, является *сигнализация* – оповещение служб АПК, задействованных в практике защиты растений, о сроках проведения защитных работ против тех или иных вредных организмов с указанием региона, а при необходимости с конкретизацией массивов, посевов или насаждений, подлежащих обработке.

Следует отметить, что значимость прогнозов заключается не только в раскрытии складывающихся тенденций в развитии фитосанитарной обстановки, но и в определении путей ее оптимизации. Таким образом, прогнозы являются основой для долгосрочного планирования научных разработок в защите растений, материально-технического, организационного и кадрового обеспечения производственной деятельности. В конечном счете прогнозы являются обязательным условием правильного текущего планирования и эффективной организации интегрированной защиты растений.

### **3.2. Формы прогнозов фитосанитарной обстановки**

*Многолетние прогнозы* разрабатываются научными учреждениями на срок не менее пяти лет. Результатами многолетних прогнозов являются данные о сложившихся средних уровнях вредоносности и экономической значимости вредных видов по культурам и регионам, амплитуде и вероятной частоте отклонений от них по годам, вероятность и направленность изменений отмеченных показателей в будущем. Их назначение – разработка программ научно-исследовательской работы, планирование объемов производства средств защиты растений, совершенствование методов и средств защиты с учетом научного потенциала, планирование подготовки специалистов и совершенствование структуры службы защиты растений в стране, разработка путей управления фитосанитарной обстановкой, изменяющейся под влиянием экологических и социально-экономических деформаций. Таким образом,

многолетние прогнозы – основа для совершенствования теории и технологии защиты растений.

**Долгосрочные прогнозы** разрабатываются на предстоящий год или сезон научными учреждениями совместно с оперативной службой защиты растений. Их результатами являются применительно к отдельным регионам ожидаемое распределение вредных видов по *станциям* – заселяемым угодьям или типам посевов, сроки их заселения, вероятная степень фитосанитарной нагрузки на агроценоз, интенсивность размножения, темпы развития, распространения, выживаемость, вредность, а при необходимости – отклонение перечисленных показателей от средних многолетних и (или) данных предыдущего года (сезона). Их назначение – организация профилактических защитных мероприятий, текущего планирования объемов работ и затрат на их проведение.

**Краткосрочные прогнозы** обычно разрабатывают специалисты оперативной службы защиты растений, а в исключительных случаях – научные учреждения на срок от нескольких дней до месяца для быстро распространяющихся вредителей и болезней или при возникновении непредвиденных экологических условий (например, резкое отклонение от многолетних норм метеорологических условий). По отношению к долгосрочным прогнозам они являются *уточняющими*. Их назначение – внесение корректив в уже запланированные на основе долгосрочных прогнозов мероприятия (включение в план дополнительных или исключение из плана ненужных при сложившейся экологической обстановке защитных мер). Могут разрабатываться при возникновении непредвиденной экологической обстановки.

**Фенологические прогнозы** разрабатываются государственной службой защиты растений по методикам, подготовленным научными учреждениями. Результатом их является дата наступления фенологических явлений – этапов онтогенеза у вредных организмов и защищаемых растений и вероятный темп их смены. Их разрабатывают на период, не превышающий продолжительность одной генерации, фазы развития посева (насаждения), или календарно на срок до одного месяца. Предназначены для установления оптимальных сроков проведения защитных мер и определения потенциальной вредности отдельных видов.

**Прогноз вредности** разрабатывается государственной службой защиты растений по методикам, подготовленным научными учреждениями для каждого заселенного вредным видом посева или насаждения в период, когда по фенологическим показателям наступают сроки проведения защитных мер. Предназначен для определения вероятного

уровня потерь урожая и (или) его качества (товарности) и установления экономической целесообразности защитных мер при сложившихся агроэкологических условиях.

**Прогноз вероятной активности полезных организмов** (энтомофагов, сверхпаразитов, возбудителей болезней у вредных видов, других полезных организмов) в сдерживании и подавлении вредных видов проводят с целью определения возможности исключения предусмотренных защитных обработок посевов пестицидами. Один из наименее разработанных и применяемых на практике видов прогнозов. В перспективе его включение в программы по организации защиты посевов от определенных вредителей считается вполне вероятным. В настоящее время его по возможности разрабатывают в государственной службе защиты растений по методикам, подготовленным научными учреждениями для каждого заселенного вредным видом посева или насаждения в период, предшествующий проведению защитных обработок.

### **3.3. Теоретические основы прогнозирования в защите растений**

Теоретической основой для прогнозирования в защите растений стали принципы популяционной теории, в которой отражены закономерности динамического развития живого вида. В соответствии с этой теорией, формой существования любого вида является *популяция* (от фр. *population* – население) – пространственная группировка особей вида, занимающая часть его *ареала* (от лат. *area* – область; термин обозначает область распространения таксономической единицы, в частности, вида) или только *биотоп* (от греч. *bios* – жизнь и *topos* – место; означает однородный участок суши или водоема, заселенный живыми организмами).

Популяция каждого вида, является частью *экосистемы* (иногда понятие экосистема отождествляют с понятием «*биогеоценоз*» (от греч. *bios* – жизнь, *ge* – земля, *koinos* – общий); означает эволюционно сложившуюся, пространственно ограниченную, длительно самоподдерживающуюся, однородную систему, в которой функционально взаимосвязаны живые организмы и окружающая их абиотическая среда).

*Экологическая система* – это единый природный или природно-антропогенный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные экологические компоненты соединены между собой причинно-следственными связями, обме-

ном веществ и распределением потока энергии. Примерами биогеоценозов являются луга, леса, поля, водоемы. Особи популяции в экосистеме выполняют ряд строго определенных функций, в частности – являются звеном в природных пищевых цепях.

В соответствии с *правилом внутренней непротиворечивости* деятельность видов, входящих в *естественную экосистему* (нетронутая или малоизмененная человеком экосистема, сформировавшаяся на основе взаимозависимости и естественных причинно-следственных связей, существующих между отдельными экологическими компонентами), направлена на поддержание этих экосистем как среды собственного обитания. Иными словами, естественным, нормальным состоянием природных экосистем, нетронутых или малоизмененных человеком, является *гомеостаз* (от греч. *homois* – подобный и *stasis* – неподвижность; означает относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма). Термин «гомеостаз» применительно к природным системам, в частности биоценозам, означает сохранение постоянства видового состава и числа особей, их динамически равновесное соотношение. Данное свойство обеспечивается большим числом взаимосвязанных регуляторных механизмов. Межвидовые отношения в экосистеме способствуют отбору и закреплению оптимальной нормы реакций видов, входящих в состав *биоценоза* (взаимосвязанная совокупность живых организмов, населяющих более или менее однородный участок суши или водоема), на состояние энергетических ресурсов и изменение их доступности во времени. Так, фенология растений, создающих энергетическую базу биоценоза, опережает фенологию *фитофагов* (организмов, питающихся растениями; в данном контексте и далее по тексту подразумеваются вредители и болезни). Поэтому в норме поедание фитофагами определенной части массы растений не подрывает жизнеспособность последних, а стимулирует накопление ими ресурсов биомассы в такие сроки и в таких размерах, которые обеспечивают выполнение жизненных функций, несмотря на потери, наносимые фитофагами. Фенология хищников и паразитов, для которых энергетической базой служат фитофаги, ведет к отсечению наименее жизнеспособной части популяции фитофагов, запаздывающих или слишком рано начинающих развитие и активность, что не соответствует оптимальным нормам. В итоге в экосистеме складываются такие взаимоотношения компонентов на энергетической основе и ее балансировании, которые обеспечивают ее устойчивость в целом – гомеостаз.

В агроэкосистемах (искусственных экосистемах, основные функции которых поддерживаются агрономическими мероприятиями) под влиянием комплекса антропогенных воздействий, механизмы, обеспечивающие гомеостаз в триаде компонентов данной системы (растение – фитофаг – формы, питающиеся фитофагами), оказываются разрушенными. Важным для прогноза развития вредных организмов является тот факт, что агроэкосистема является достаточно постоянным, стабильным по годам, гарантированным источником энергии при отсутствии серьезных изменений структуры посевных площадей или т. п.

Из вышеизложенного логически вытекают следующие фундаментальные положения теории прогнозирования развития вредных организмов:

- прогноз вредных организмов опирается на знание закономерностей динамики популяций в экосистемах, в частности, в агроэкосистемах как основных источниках энергии и среды обитания фитофагов;

- между жизнедеятельностью вредного вида и окружающей средой: поражаемой им культуры, агроэкологическими факторами и другими компонентами биогеоценоза, существуют неразрывные связи;

- каждой популяции присуще определенное морфофизиологическое состояние, характеризующееся особенностями морфологии, физиологии, темпов онтогенетического развития, плодовитости, выживаемости, устойчивости к неблагоприятным факторам и др.;

- морфофизиологическое состояние непостоянно и является следствием реакции особей популяции на предшествующие агроэкологические условия (климатические, биологические, антропогенные факторы, энергетические (кормовые) ресурсы) занимаемого региона; в свою очередь реализация их осуществляется в настоящем и некоторое время будет определять ее развитие в будущем;

- темпы изменчивости свойств популяций зависят от степени лабильности реакции биологического вида на факторы среды. У видов с очень лабильной реакцией, которая присуща большинству вредных организмов, состояние популяций изменяется быстро (в течение сезона). У видов с замедленной реакцией на изменчивость факторов среды популяции характеризуются устойчивостью морфофизиологического состояния.

Таким образом, основными критериями для прогнозирования в защите растений являются состояние экологических факторов, степень лабильности вредного вида, морфофизиологическое состояние его популяции.

### 3.4. Виды и принципы сбора информации, используемой в защите растений для оценки фитосанитарного состояния и прогноза

В процессе изучения и анализа групп факторов, определяющих динамику популяции, установилось представление об их иерархии. Основываясь на том, что сельскохозяйственные растения и большинство вредных организмов являются *пойкилотермными* организмами, активность которых определяется температурой окружающей среды и зависит от влажности, ведущая роль принадлежит климатическим факторам. Ими определяются состояние кормовой базы (энергетические ресурсы) вида, морфофизиологические свойства популяций, межвидовые и внутривидовые отношения. Второе место по значимости занимают энергетические ресурсы и степень их оптимальности для питания популяции вредных видов. Они также определяют морфофизиологические свойства популяций, внутривидовые и межвидовые отношения. Межвидовые отношения в этой иерархии занимают третье положение, а внутривидовые – четвертое. По мере расширения и интенсификации сельскохозяйственного производства все большее влияние на формирование вредной фауны и флоры, а также динамику популяций вредных видов оказывают технология и система земледелия в целом, агротехнические и защитные мероприятия в частности.

Основываясь на вышеизложенном, в интегрированной защите растений предусмотрен сбор и анализ следующих видов информации: *гидрометеорологическая, агротехническая и информация, характеризующая состояние популяции вредителя и видов, препятствующих развитию вредных организмов.*

*Гидрометеорологическая информация* предназначена для оценки степени оптимальности погодных условий для развития культурных растений и вредных видов. Ее сбор производят преимущественно региональные гидрометеорологические станции. В фитосанитарном контроле используют следующие формы гидрометеорологической информации:

- общие климатические условия региона;
- особенности погоды прошедшего года или сезона;
- метеоусловия конкретных периодов;
- прогноз погоды.

Показателями, используемыми для прогноза развития вредных организмов являются следующие: среднегодовая и сезонная температуры и суммы осадков; максимальные и минимальные температуры года и

период, когда они отмечаются; время наступления и продолжительность зимнего, теплого и вегетационного периодов; распределение осадков в течение года, периоды засух и максимального выпадения осадков; дата установления, схода снежного покрова, его глубина и продолжительность непрерывного сохранения на почве; наличие оттепелей в зимний период и ледяной корки, их продолжительность; глубина промерзания почвы и ее температура на уровне узла кушения озимых; температура и влажность почвы в теплый период года; диапазон изменчивости всех основных климатических данных по годам и частота повторяемости наибольших отклонений в сторону минимальных и максимальных величин; суммы эффективных температур и гидротермический коэффициент (ГТК) за интересующие периоды.

Суммы эффективных температур при средней температуре периода ниже оптимальной для вида рассчитывают по формуле

$$T_{\text{эфф}} = (T_{\text{ср}} - T_{\text{н. пор}})H,$$

где  $T_{\text{эфф}}$  – сумма эффективных температур;

$T_{\text{ср}}$  – среднесуточная температура;

$T_{\text{н. пор}}$  – нижний температурный порог развития (пороговая температура); температура ниже оптимальной, при которой приостанавливается развитие у данного вида (специфична для каждого вида; обычно лежит в пределах 5–10 °С);

$H$  – период, в течение которого проходит анализируемый или учитываемый процесс, дн.

Суммы эффективных температур при температурах, превышающих оптимальную для вида, рассчитывают по формуле

$$T_{\text{эфф}} = (T_{\text{в. пор}} - T_{\text{ср}})H,$$

где  $T_{\text{в. пор}}$  – верхний температурный порог развития; температура выше оптимальной, при которой приостанавливается развитие у данного вида (специфична для каждого вида; обычно лежит в пределах 30–40 °С).

ГТК подсчитывают только за теплый период по формуле

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma O \cdot 10}{\Sigma T},$$

где  $\Sigma O$  – сумма осадков за учитываемый период;

$\Sigma T$  – сумма суточных температур за период.

Огромное значение для прогноза развития вредных видов имеет точный прогноз погоды с большой заблаговременностью. В определен-

ной мере разрабатываемые метеостанциями прогнозы на месяц и на неделю используют для ориентации относительно степени благоприятности складывающейся экологической обстановки для посевов и развития вредных видов. Однако точность прогноза погоды пока низкая, и попытки использовать даже краткосрочные прогнозы погоды для прогноза вредных организмов обычно давали ошибочные результаты.

*Агротехническая информация* характеризует условия и процесс формирования агроценозов и урожая каждой сельскохозяйственной культуры. Принято выделять следующие виды агротехнической информации:

- технологическая информация: сроки проведения всех видов обработки почвы, сроки и нормы внесения удобрений по видам, сроки сева, сорт, норма высева семян, состояние семенного материала (класс семян, всхожесть, наличие примесей, зараженность патогенами или вредителями), качество предпосевной обработки семенного материала (калибровка семян, протравливание, фумигация и т. д.), особенности ухода за посевами, сроки и приемы проведения защитных работ и уборки урожая;

- фенологическая информация о посевах: сроки наступления фенологических фаз и продолжительность межфазных периодов, равномерности их прохождения растениями в пределах каждого угодья, фаза развития озимых перед уходом в зимовку;

- хозяйственно-биологическая информация о состоянии посевов в период вегетации: состояние озимых посевов перед зимовкой и их перезимовка; накопление биомассы в период прохождения каждой фенофазы, густота стеблестоя, накопление элементов конечной продуктивности (озерненность колосьев, рост корнеплодов, клубней и т. д.), урожайность хозяйственная и биологическая, качество собираемой продукции.

Сбор информации осуществляют специалисты службы прогнозов при содействии агрономической службы хозяйств на территориях базовых хозяйств, на метеостанциях, в семенных инспекциях и заготовительных предприятиях.

*Информация, характеризующая состояние популяции вредителя и видов, препятствующих развитию вредных организмов* имеет исключительное значение для оценки фитосанитарной обстановки в регионе.

Данный вид информации представлен тремя разновидностями:

- *пространственная структура популяции* (заселенные биотопы; посеvy, заселенные вредными видами – *станции*; полнота и плотность

их заселения вредителями, распространенность и интенсивность развития для болезней; плотность сорного фитоценоза и т. п.);

- *морфофизиологическое состояние особей популяции* (жизнеспособность, оцениваемая массой и накоплением жирового тела у насекомых, их потенциальная плодовитость, характеризующаяся развитостью репродуктивных органов самок, размерами спор и темпами роста мицелия у грибов, размерами клеток и темпами размножения у бактерий, семенная продуктивность и вегетативная масса сорняков и т. п.);

- *возрастная структура популяции* (долевое участие (соотношение) в популяции особей разных возрастных групп).

Наиболее важной разновидностью информации, для сбора которой разработаны вполне доступные методики, является информация о пространственной структуре популяции. Ее собирают в определенные периоды жизненного цикла каждого вредного вида. С этой целью проводят соответствующие фитосанитарные учеты и наблюдения, на основании которых осуществляют оценку и расчет целого ряда показателей, наиболее типичными из которых являются представленные ниже.

В первую очередь состояние любого вида характеризуется широтой ареала и его структурой. Для большинства видов ареал является *географически сплошным*, но у многих он разорван (часто из-за глобальных процессов, коренным образом поменявших экологию в отдельных местах; например, ледниковый период и ксеротермические межледниковые периоды в Евразии явились причиной занесения ряда северных форм далеко на юг, а некоторых южных форм – на север). В этих оторванных от сплошного ареала частях такие виды являются *реликтами*. Поэтому с ними связывают особые типы *разорванных ареалов*: *рассеченный ареал* (не образующий единой целостности) и *реликтовый ареал* (имеющий тенденцию к сокращению; признаком реликтовости является неспособность к возобновлению на территории, ранее занимаемой таксоном (в частности, видом), после катастрофического исчезновения, например, вследствие пожаров и т. д.).

*Встречаемость* вредного вида любой категории (вредитель, сорное растение, патоген и т. п.) рассматривают в более широком понимании – в масштабах всего ареала, или более узком – в рамках отдельного биотопа или агроценоза, как частоту обнаружения объекта при учетах в пробах. Расчет данного показателя производят по формуле

$$B = \frac{N_B}{N_n} 100,$$

где B – встречаемость, %;

$N_b$  – количество проб, в которых выявлен вредный объект, шт.;

$N_n$  – общее количество проанализированных проб, шт.

Для оценки фитосанитарного состояния посевов по вредителям и их пространственной структуре популяции определяют следующие показатели:

- *плотность популяции (заселенность растений):*

$$\Pi = \frac{\Sigma n}{\Sigma S_n},$$

где  $\Pi$  – плотность, шт/м<sup>2</sup> (или шт/растение);

$\Sigma n$  – общее количество вредителей, выявленных при проведении учета, шт.;

$\Sigma S_n$  – суммарная площадь проанализированных пробных площадок, м<sup>2</sup> (или общее количество обследованных растений в пробах, шт.).

Косвенными показателями пространственной структуры популяции вредителей, но не менее важными критериями оценки фитосанитарной обстановки являются:

- *процент поврежденных растений:*

$$\Pi_{пр} = \frac{N_{пр} \cdot 100}{N_p},$$

где  $\Pi_{пр}$  – процент поврежденных растений;

$N_{пр}$  – число поврежденных растений в пробе, шт.;

$N_p$  – общее количество растений в пробе, шт.;

- *степень повреждения посевов (индекс повреждения):*

$$\Pi_n = \frac{\Sigma (ab)}{N},$$

где  $\Pi_n$  – индекс повреждения;

$\Sigma (ab)$  – сумма произведений числа поврежденных растений ( $a$ ) на соответствующий им процент или балл повреждения ( $b$ );

$N$  – общее количество растений в пробе, шт.

Для оценки фитосанитарного состояния посевов по болезням рассчитывают следующие показатели:

- *распространенность болезни:*

$$P = \frac{100n}{N},$$

где  $P$  – распространенность болезни, %;

$n$  – количество больных растений в пробе, шт.;

$N$  – общее количество растений в пробе, шт.;

- развитие болезни:

$$R = \frac{\sum(ab)}{N},$$

где  $R$  – развитие болезни, % или балл;

$\sum(ab)$  – сумма произведений числа больных растений ( $a$ ) на соответствующий им процент или балл поражения ( $b$ );

$N$  – общее количество растений в пробе, шт.

По сорным растениям и засорителям в разрезе ботанических классов, биологических групп или даже видов оценку фитосанитарного состояния посева осуществляют по их численности (шт/м<sup>2</sup>), сырой и (или) сухой массе (г/м<sup>2</sup>), фазам их развития и ярусности.

В отношении любого из количественных показателей при сведении данных по регионам (хозяйства, районы, области и т. д.) производят подсчет средневзвешенных величин по следующей формуле:

$$X_{св} = \frac{\sum(SX)}{\sum S},$$

где  $X_{св}$  – средневзвешенный показатель фитосанитарного состояния, (абстрактный; подразумевается, что в формулу можно подставить любой количественный показатель фитосанитарной обстановки, например, распространение болезни; единицы измерения таких показателей соответствуют единицам измерения исходных показателей, в нашем примере – процент распространенности болезни);

$\sum(SX)$  – сумма произведений площади (га) на соответствующую ей величину показателя фитосанитарного состояния (в нашем примере – распространения болезни);

$\sum S$  – сумма площадей, на которой произведены учеты, га.

Параллельно со сбором информации о вредных организмах осуществляют сбор данных и о видах, препятствующих росту их популяции. К таковым относят хищников и паразитов вредителей, паразитов и антагонистов патогенов, вредителей и возбудителей болезней сорняков. Практическую значимость представляют данные о встречаемости полезных видов, плотности их популяции и соотношении ее с плотностью популяции вредного вида, пораженности вредителей и сорняков патогенами, заселенности вредителей паразитами.

Сбор всей информации о состоянии популяции полезных и вредных видов осуществляют специалисты службы прогнозов при содействии агрономической службы хозяйств.

При этом следует иметь в виду, что в жизни вредных организмов имеются этапы, когда они и популяция в целом наиболее чувствительны к неблагоприятному сочетанию факторов внешней среды (периоды размножения, линьки у вредителей, спорообразования и их лета у грибов и т. п.). Они получили название *критических периодов*. В это время контроль состояния окружающей среды и реакции на него вредных видов имеет особое значение.

В силу исключительно огромного разнообразия видов показателей фитосанитарного контроля, видового разнообразия вредных объектов, культур и агроклиматических условий в стране при сборе фитосанитарной информации необходимо пользоваться следующими принципами:

- должен осуществляться сбор и анализ только тех показателей, которые имеют непосредственное значение для фитоконтроля и прогноза; в свою очередь, с другой стороны, разрабатываемые методики прогнозирования должны позволять использование минимальной по объему информации, требующей наименьших затрат средств и сил на ее получение и обобщение;

- все показатели по всем видам информации должны быть достоверными и сопоставимыми; для этого сбор всех показателей должен проводиться в соответствии с требованиями современной статистики (в определенной для каждого показателя повторности) и в соответствии с единой методикой (схема обследования посевов, отбора и анализа образцов и т. п.);

- для сокращения объема работ сбор фитосанитарной информации, как правило, проводят не по всем полям всех сельскохозяйственных предприятий, а в условиях *базовых хозяйств*, специально выделенных в отношении различных групп вредных видов на основании критерия типичности для региона по следующим показателям: комплекс вредных видов и протекания фитосанитарной обстановки; набор ведущих культур и специализация сельскохозяйственного производства; почвенно-климатические условия; уровень агротехники и особенностей технологии выращивания растений. Выделение пространств с однотипным протеканием процессов фитосанитарной обстановки в защите растений называют *районированием территории*. Выделение базовых хо-

зайств внутри таких районов, в пределах которых фитосанитарные процессы протекают сравнительно однотипно, и позволяет, проводя соответствующие выборочные учеты элементов фитосанитарной диагностики, затем *экстраполировать данные*, т. е. допустить, что они аналогично протекают на всей (считающейся однородной) территории выделенного района. Обычно обследуют 10 % площадей и угодий и путем экстраполяции получают картину заражения или заселения всей изучаемой территории. Провести районирование территории можно только после обработки собранной за многолетний период информации.

### **3.5. Организация выявления и методы учета вредителей, болезней и сорняков**

Для сбора фитосанитарной информации, характеризующей состояние популяции вредных видов, в практике фитосанитарного контроля приняты два основных способа обследований: *маршрутные обследования* и *детальные учеты*.

Под *маршрутным обследованием* понимают обследование посевов в определенном регионе различного масштаба (район, область, республика и т. д.) по заранее установленному маршруту с целью сбора информации о пространственной структуре популяции: определение заселенных и незаселенных вредными видами биотопов (станций) и их размеров.

Маршрут выбирают на основании плана землепользования и распределения культур с учетом предшественников, характера рельефа, типа почвы и т. д. В качестве отдельных станций могут быть выделены посевы одной культуры; посевы одной культуры, размещенные по одинаковым предшественникам; посевы одной культуры и одного срока сева и т. д. Такой подход позволяет выбрать оптимальный маршрут и получить информацию, наиболее полно характеризующую стациональное распределение данного вида. Важно охватить все типы станций, которые может заселить данный объект. Заселенность биотопа выявляют одновременно с оценкой численности.

При маршрутных обследованиях и учетах численности на каждом поле осматривают краевую, промежуточную и центральную части; если вид не выявлен, станция считается незаселенной. Для форм, ведущих скрытый образ жизни, заселенность станции (биотопа) определяют по степени поврежденности растений или по другим следам жизнедеятельности вредных организмов.

Маршрутные обследования должны охватывать не менее 10–15 % каждого типа станций, только в этом случае полученные данные можно экстраполировать на всю площадь, занятую типом станций в обслуживаемой зоне.

Метод и сроки обследований выбирают в зависимости от биологических особенностей вредного объекта и характера заселения им биотопов.

Различают сезонные и периодические учеты. Сезонные, как правило, проводят в осенние и весенние периоды для оценки состояния популяции перед уходом на зимовку и после нее. Периодические маршрутные обследования проводят в определенные фазы развития вредных видов и в периоды их максимальной численности. Для видов, имеющих в течение сезона несколько поколений, маршрутные обследования рекомендуют проводить по каждому поколению.

На маршрутах, которые совершают по заранее намеченному плану, делают краткое описание обследованных участков (рельеф, тип почвы, культура и фаза ее развития). Для наблюдений и учетов используют наиболее производительные методы (визуальные осмотры площадок и растений, кошение сачком). Для вредителей, ведущих скрытый образ жизни, при обследовании отбирают образцы растений (органов), а их анализ проводят в лабораторных условиях. Маршрутные обследования проводят, как правило, специалисты службы защиты растений, но можно использовать и данные, полученные специалистами по защите растений первичного звена АПК.

В результате маршрутных обследований устанавливают общую заселенную вредным объектом площадь, а также заселенные площади по типам угодий и по степени заселения. На основании этих данных определяют размеры площадей, подлежащих обработке. Многолетние данные позволяют выделить регионы, учет состояния популяций в которых дает достаточно объективную информацию для всего региона, и создают информационную базу для районирования территории. По результатам маршрутных обследований составляют картосхемы распространения вредителей и болезней, на которых указывают и интенсивность размножения. Данные таких учетов позволяют выявлять тенденции в развитии и распространении вредных видов, что особенно важно для разработки прогнозов.

Под *детальными учетами* понимают методы выявления и определения численности вредных организмов на конкретных участках в ста-

ционарных полевых условиях. Методы детальных учетов разнообразны. Выбор метода зависит от местообитания, поведенческих особенностей, стадии развития вредного объекта, вида и фазы развития обследуемой культуры. Для проведения учетов необходимо хорошо знать особенности развития вредителей, характер наносимых повреждений. Чтобы данные, полученные в различных регионах и в разные годы, были сопоставимы, рекомендуют использовать единые методы учета для отдельных видов.

*Визуальный метод учета* – один из самых старых и распространенных до настоящего времени. Он не требует специального оборудования и не зависит от источника энергии.

Вредителей, обитающих в почве, учитывают методом *почвенных раскопок*. Для учета вредителей, передвигающихся по поверхности почвы, обычно используют *почвенные ловушки* и метод *ловчих канавок*. Для этих же (наземных, ползающих) видов и видов, обитающих на растениях, можно использовать метод *пробных площадок* рамкой 0,25 или 1 м<sup>2</sup>. Для учета активно передвигающихся и прыгающих насекомых используют разновидность метода пробных площадок с применением приспособлений специфической конструкции, одной из которых является *ящик Петлюка*. Для учета мелких форм или яйцекладок, встречающихся на растениях, используют визуальный метод осмотра растений *на погонном метре* рядка посева или осмотр *пробных растений*. Для некоторых видов применяют *метод стряхивания* вредителей с растений. Учет численности насекомых с преимущественно колониальным типом заселения посева (тли, клещи) возможен *методом пробных листьев*. Для учета вредителей, живущих внутри растений, используют *метод вскрытия*.

Для выявления некоторых насекомых используют *автоматизированные методы учета*, основанные на выявлении объекта с помощью автоматически действующих улавливающих устройств (*пищевых, световых, цветковых и феромонных ловушек*). Широко распространен *учет вредителей с помощью сачка*.

Для учета болезней используют методы *пробных площадок* и метод *пробного снопа*, определяя распространенность и развитие болезни. Для древесно-кустарниковых растений и иногда для пропашных культур используют метод *пробных растений*. Для выявления лета спор грибов и установления сроков инфицирования растений используют приборы – *спороловушки*.

При учете степени повреждения растений вредителями или болезнями применяют специальные шкалы. В настоящее время разработаны следующие основные типы шкал: иллюстрационные, словесные, балльные, процентные и комбинированные. Оценочные шкалы строят в зависимости от культуры, признаков проявления заболевания и назначения учета. Методы учета постоянно совершенствуются и нередко встречаются разные шкалы по учету одного вредного объекта, что затрудняет сопоставимость данных.

Учет засоренности посевов проводят *визуальным* методом, основанным на определении степени покрытия поверхности почвы сорной растительностью, и *количественным, весовым и количественно-весовым* методами, в основе которых лежит метод пробных площадок.

Определенный интерес представляет *дистанционный метод оценки фитосанитарного состояния посевов*, основанный на получении данных на расстоянии. Реальная возможность для этого метода возникла в связи с достижениями в аэрофотосъемке, многоканальном сканировании, тепловой, микроволновой и радиолокационной съемках, а также космонавтике и развитием сети полигонов и наземных станций для приема и обработки информации с искусственных спутников. Дистанционные методы оценки фитосанитарного состояния посевов основываются на оценке следов жизнедеятельности вредных организмов. Накоплен некоторый опыт использования дистанционных методов диагностики в передовых странах мира. В США аэрофотосъемку применяли для выявления участков хлопчатника, зараженного нематодой, в Великобритании – для обнаружения заболеваний сахарной свеклы, вызываемых нематодами; в Канаде – для установления очагов поражения табака ростковой нематодой. Разработаны методы выявления пиявицы на посевах зерновых, мышевидных грызунов на многолетних травах, озимых культурах и других стадиях с помощью самолетов или легких вертолетов.

### **3.6. Фазы динамики популяции и классификация типов динамики популяции вредных видов**

Фиксированные показатели в определенные календарные или фенологические даты характеризуют статическое фитосанитарное состояние, но не отражают картину развития вредного вида во времени. При этом для построения объективно обоснованных прогнозов и организации

профилактической направленности в защите растений необходимо иметь четкое представление о закономерностях динамического развития популяции вредного вида на фоне конкретного биоценоза. Иными словами, необходима логическая модель динамического развития популяции.

Построение таких моделей и предвидение фитосанитарной обстановки с той или иной степенью достоверности стало возможным на период от нескольких дней (реализуется в краткосрочных прогнозах) до года (долгосрочный прогноз) и нескольких лет (многолетний прогноз) благодаря многолетним наблюдениям за изменением пространственной, морфофизиологической и возрастной структур популяции. В основе построения моделей лежат два положения:

- состояние популяции вредного вида динамично и проходит в своем развитии ряд определенных этапов, *фаз динамики популяции*, характеризующихся ее конкретным пространственным, морфофизиологическим и возрастным состояниями с тенденциями дальнейшего развития во времени;

- различные виды вредных организмов существенно отличаются по темпам развития и по степени реакции на изменение окружающей обстановки, вследствие чего они отличаются по типам динамики популяций, а в конечном счете – и типами логических моделей прогноза.

У вредителей выделяют пять основных фаз динамики популяций.

*Фаза депрессии* наступает вследствие продолжительного экстремального состояния внешних факторов. Характеризуется низкой численностью популяции, которая сохраняется только в местах резервации – биотопах с относительно благоприятными в это время условиями для вредных видов.

*Фаза расселения (подъема численности)* наступает в результате улучшения или оптимизации факторов окружающей среды в местах резервации и за их пределами у популяций, находящихся в фазе депрессии. Для популяции характерно начало интенсивного размножения, расселения за пределы резерваций, увеличение численности, повышение устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов.

*Фаза массового размножения* сменяет предыдущую фазу при дальнейшем сохранении благоприятного сочетания внешних факторов за пределами мест резервации. Популяция характеризуется высокой плотностью, интенсивностью размножения, ростом численности и наибольшим запасом выносливости к временным воздействиям неблагоприятных факторов, устойчивостью к неблагоприятным факторам.

*Фаза пика численности* наступает при ухудшении состояния внешних факторов среды обитания. Популяции характерна остановка распространения, прироста численности. У вредителей наблюдается рост смертности, постепенно понижается устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов.

*Фаза спада численности* наступает в процессе продолжающегося неблагоприятного состояния обстановки. Отмечается исчезновение вида за пределами мест резервации (во временных поселениях). Выносливость популяции к неблагоприятным факторам постепенно снижается до минимума. В итоге популяция переходит в фазу депрессии.

В развитии болезней растений, вызывающих эпифитотии, обычно выделяют три основные фазы: депрессию, умеренное развитие (соответствует фазе расселения вредителей) и эпифитотию (соответствует массовому размножению). Для хронических, медленно изменяющихся в своем распространении заболеваний, а также сорняков можно выделить те же пять основных фаз.

Таким образом, теоретически возможно динамическое развитие популяции по циклическому типу. В реальности полная смена фаз динамики популяций наблюдается только при возникновении массового размножения (эпифитотии). Чаще (по естественным, природным, причинам или из-за антропогенного вмешательства) начало нарастания численности обрывается на фазе расселения вредителя (для болезней это соответствует фазе умеренного развития), и снова наступает депрессия.

Темпы перехода популяции из одной фазы в другую зависят от биологических особенностей вида и состояния климатических и энергетических факторов. У большинства вредителей и сорняков переход от одной фазы к следующей часто занимает 1–2 года и более. Большой динамичностью характеризуются *поливольтинные* формы вредителей с несколькими циклами развития за один год (тли, клещи) и динамичные болезни, способные вызывать эпифитотии, у которых в течение одного сезона может отмечаться один или даже два полных цикла динамики популяций. Большой динамичностью фаз характеризуются также патогены, способные вызвать эпифитотии.

Наличие видовых особенностей в этом отношении обусловило необходимость классификации вредителей видов по типу динамики популяций. Среди вредителей выделяют пять групп (табл. 1).

Болезни по характеру динамики распространения и развития разделяют на *эпифитотические* и *энфитотические*. Для первых характерно

быстрое изменение распространения и интенсивности развития в процессе вегетационного сезона (ржавчина и мучнистая роса зерновых культур, фитофтороз картофеля, парша яблони и груши, др.), а для вторых – слабое и медленное изменение в ходе вегетационного сезона этих показателей (корневые гнили, снежная плесень озимых зерновых, рак картофеля, кила капусты, усыхание плодовых культур и др.). Для первой группы разрабатывают многолетний, долгосрочный и краткосрочный прогнозы; для второй группы основное значение имеют многолетний и долгосрочный прогнозы.

Таблица 1. Характер динамики популяции и принципы составления прогноза численности главнейших вредителей (по Полякову, 1985)

Характер динамики популяции	Виды, группы вредителей
Виды с многолетним циклом развития и слабой изменчивостью численности	Хрущи, проволочники, хлебные жуки и др.
Виды с одной генерацией, зимующие в фазе имаго, личиночной или яйца	Обыкновенный свекловичный долгоносик, вредная черепашка, саранчовые, хлебная жужелица, свекловичные блохи, льняные блохи, клубеньковые долгоносики, озимая совка и яблонная плодоярка в зонах с одним поколением, серая зерновая совка и др.
Виды очень динамичные с большим числом генераций, но со стабилизировавшимся сезонным ритмом динамики численности в связи со стабильно повторяющимся состоянием условий существования, определяемым сельскохозяйственным производством	Тетраниховые клещи, щитовки, тли, яблонная плодоярка в зоне с двумя и тремя поколениями, злаковые мухи и др.
Виды с несколькими генерациями и большой динамичностью численности, связанной с изменением условий их существования по годам	Озимая совка в зоне с двумя и более поколениями, капустная совка, мышевидные грызуны и др.
Виды динамичные, численность которых лимитируется состоянием среды в очень ограниченные периоды онтогенеза, что затрудняет прогноз	Кукурузный мотылек, луговой мотылек, совка-гамма и др.

С учетом вышеизложенного разработан следующий вариант распределения наиболее распространенных болезней по типам прогнозов (табл. 2).

Таблица 2. Распределение некоторых болезней растений по типам прогнозов  
(К. М. Степанов, А. Е. Чумаков, 1972)

Название заболевания	Возбудитель заболевания
<b>Многолетний прогноз</b>	
Американская мучнистая роса крыжовника	<i>Sphaerotheca mors-uvae</i>
Аскохитоз гороха	<i>Ascochyta pisi</i> Lib., <i>A. pinodes</i> Jones
Гельминтоспориоз зерна пшеницы	<i>Helminthosporium sativum</i> P. K. et B.
Кила капусты	<i>Plasmiodiophora brassicae</i> Wor.
Ложная мучнистая роса капусты	<i>Peronospora brassicae</i> Gaum.
Мучнистая роса пшеницы	<i>Erysiphe graminis</i> D. C. f. <i>tritici</i> Marchal
Монилиозы плодовых культур	Виды рода <i>Monilinia</i>
Овсяная нематода	<i>Heterodera avenae</i> Woll.
Полосатая мозаика пшеницы	<i>Wheat streak mosaic virus</i>
Рак картофеля	<i>Synchytrium endobioticum</i> Perc.
Ржавчина льна-долгунца	<i>Melampsora lini</i> Desm.
Северная галловая нематода	<i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood
Спорынья	<i>Claviceps purpurea</i> Tul.
Фузариоз зерна пшеницы	Виды рода <i>Fusarium</i>
Фузариоз льна	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. <i>lini</i> Boil.
Фузариозное увядание капусты	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. <i>conglutinans</i> Bilal
Фузариоз зернобобовых культур	Виды рода <i>Fusarium</i>
Черная ножка картофеля	<i>Pectobacterium phytophthorum</i> (Appel) Waldee
Черная бактериальная пятнистость томатов	<i>Xanthomonas versicatoria</i> (Doidge) Dowson
<b>Многолетний и долгосрочный прогнозы</b>	
Корневые гнили пшеницы	<i>Helminthosporium sativum</i> P. K. et B. <i>Ophiobolus graminis</i> Sacc.
Корнед всходов свеклы	<i>Phoma betae</i> Frank <i>Pythium de Baryanum</i> Hesse <i>Aphanomyces cochlioides</i> Drech. <i>Rhizoctonia aderholdii</i> Kolosch. Виды рода <i>Fusarium</i>
Пыльная головня пшеницы	<i>Ustilago tritici</i> Jens.
Снежная плесень озимых хлебов	<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.
Твердая головня пшеницы	<i>Ustilago nuda</i> (Jems.) Kell. et Sw.
Усыхание плодовых культур	<i>Cytospora schulzeri</i> Sacc. et Syd.
<b>Многолетний и краткосрочный прогнозы</b>	
Карликовая ржавчина ячменя	<i>Puccinia anomala</i> Rostr.
Коккомикоз вишни	<i>Coccomyces hiemalis</i> Higg.
Линейная ржавчина ржи	<i>Puccinia graminis</i> Pers. f. <i>secalis</i> Erikss. et Henn.
Мучнистая роса яблони	<i>Podosphaera leucotricha</i> Salm.
<b>Долгосрочный и краткосрочный прогнозы</b>	
Ложная мучнистая роса свеклы	<i>Peronospora schachtii</i> Fuck.
Церкоспороз свеклы	<i>Cercospora beticola</i> Sacc.
<b>Все формы прогноза</b>	
Буряя ржавчина пшеницы	<i>Puccinia triticina</i> Erikss.
Желтая ржавчина пшеницы	<i>P. striiformis</i> West.
Корончатая ржавчина овса	<i>P. coronifera</i> Kleb.
Линейная ржавчина пшеницы	<i>P. graminis</i> Pers. f. <i>tritici</i> Erikss. et Henn.
Мильдю виноградной лозы	<i>Plasmopara viticola</i> Berl. et de Toni
Парша яблони	<i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) Wint.
Фитофтороз картофеля	<i>Phytophthora infestans</i> DB.

### **3.7. Основы разработки многолетнего, долгосрочного и краткосрочного прогнозов распространения и развития вредителей и болезней в защите растений**

*Многолетние прогнозы.* Первым этапом многолетнего прогноза является районирование территории страны в зависимости от распространения и экономической вредоносности болезней, сорняков и вредителей. Оно позволяет установить относительно однородные в эколого-экономическом отношении территории, в пределах которых оценивают сложившийся уровень распространения и вредоносности доминирующих видов вредных организмов.

Основной задачей при разработке многолетнего прогноза является в рамках каждого района и в целом по территории страны вскрыть причины, направление и степень изменения уровня вредоносности отдельных видов, а используя полученную информацию – разработать и обосновать общую стратегию оптимизации фитосанитарной обстановки для получения планируемых урожаев, а также пути предотвращения нежелательной обстановки в сфере экологии. Конечная прикладная цель данной работы сводится к определению оптимальных объемов защитных обработок против вредных видов.

К факторам, наиболее существенно воздействующим на изменение фитосанитарной обстановки в регионе в разрезе отдаленной перспективы, следует отнести:

- изменение соотношения площадей и жизненной емкости мест, пригодных для резервации популяций и расселения; они могут происходить под воздействием регулирования водного баланса почвы (осушение или орошение), изменения структуры посевных площадей, введения лесополос, изменения системы обработки почвы и применения удобрений, сортосмены, изменения сроков и технологии посева, ухода за посевами и уборки, хранения и переработки урожая и других подобных причин;

- изменение состояния кормовой базы вредных видов (степени их оптимальности и доступности), что может быть обусловлено усилением или ослаблением специализации хозяйств на выращивании определенных культур;

- изменение соотношения фенологии вредных видов и повреждаемых растений из-за сдвигов развития растений в сторону ускорения или замедления развития по причине погодных факторов, сортовых свойств, сроков посева или агрофона могут либо лишить вредные виды

возможности завершения развития и подготовки их к перезимовке, либо способствуют хорошей подготовке вредных видов к перезимовке, накоплению патогенов растений, семян сорняков;

- изменение вредоносности видов, возникновение и распространение агрессивных и вредоносных рас под воздействием микроэволюционных процессов;

- для некоторых видов прослеживается связь между показателями фитосанитарной обстановки и циклическим изменением активности солнечной радиации (7–11-, 50-, 100-летний циклы), которая существенно влияет на состояние климатических факторов.

В ходе разработки прогноза устанавливают, в какой степени и в каком направлении отразится изменение каждого из вышеперечисленных элементов на показателях фитоконтроля. Как правило, для этого проводят экспертные оценки или специальные полевые опыты, которые в итоге позволяют определить, насколько изменится вредоносность отдельных видов, потребность и объемы борьбы с ними в среднем в благоприятные и неблагоприятные для вредного объекта годы, как часто возможно повторение благоприятных и неблагоприятных ситуаций. Например, осушение земель создает более благоприятный микроклимат для мух и в то же время неблагоприятные условия для их естественных врагов – лягушек. Увеличение насыщенности севооборотов профилирующей культурой в условиях концентрации производства приводит к увеличению интенсивности развития ряда заболеваний и вынуждает повышать объемы защитных обработок. Так, увеличение зерновых в структуре посевных площадей свыше 50 % приводит к резкому усилению развития корневых гнилей и других специфичных болезней. Напротив, внедрение в производство устойчивых сортов уменьшает остроту проблемы защиты.

Таким образом, фактически по каждому показателю, способному повлиять на изменение фитосанитарных условий в регионе или стране, дают количественную оценку влияния на современную и прогнозируемую экологические ситуации по пятибалльной шкале:

+2 балла – показатель создает очень благоприятную ситуацию для вредного объекта;

+1 балл – показатель создает благоприятную ситуацию для вредного объекта;

0 баллов – показатель не оказывает влияния;

-1 балл – показатель не создает благоприятную ситуацию для вредного объекта;

–2 балла – показатель создает очень неблагоприятную ситуацию для вредного объекта.

Сумма баллов, подведенная по каждому элементу проанализированных показателей, характеризует ожидаемое изменение, выраженное в условных показателях (баллах).

Приведем пример оценки ожидаемого изменения вредоносности шведской мухи в связи с осушительной мелиорацией, запланированной в больших масштабах, и изменением технологии выращивания зерновых культур в Прибалтике. На основании агрономических представлений и знания экологии вредителя следовало предположить, что мелиорация создаст более благоприятный климат для вредителя, но при этом позволит сеять яровые зерновые в значительно более ранние сроки, а озимые – позже, с большей густотой на фоне более высоких доз удобрений, повысить плодородие почвы. Другие факторы, влияющие на уровень численности и вредоносности шведской мухи, не подверглись существенным изменениям под влиянием мелиорации земель (резервация за пределами пахотных земель, численность энтомофагов и др.), поэтому они не сопоставляются.

Описанная ситуация может быть расценена в баллах следующим образом:

а) до мелиорации: поздние сроки сева яровых зерновых – +2 балла; ранние сроки сева озимых зерновых – +2 балла; изреженные посевы – +2 балла; неблагоприятный микроклимат посевов весной и осенью – –2 балла. Отняв от шести два отрицательных балла получаем, что обстановка оценивается в 4 положительных балла;

б) после мелиорации: благоприятный микроклимат – +2 балла; ранние сроки сева яровых – –1 балл; поздние сроки сева озимых – –2 балла; повышенная густота посевов – –1 балл. Сумма четырех отрицательных и двух положительных баллов показывает итог – –2 балла;

в) подводя итог, сопоставляют оценки до мелиорации (+4 балла) и после нее (–2 балла), получаем, что обстановка для вредителя вследствие мелиорации ухудшилась на 6 баллов (–2 – –4 = –6).

После этого применительно к данному вредному виду и зоне, для которой составляется прогноз, устанавливают цену балла. Ее устанавливают в отношении одного или нескольких показателей: заселяемая территория; вредоносность; площади, подлежащие обработке с учетом критериев целесообразности защитных работ; объемы обработки предпосевного материала инсектофунгицидами или др. Для этого соответствующие суммарные показатели фитосанитарной обстановки

(распространение, вредоносность, объем защитных мероприятий и т. п.), имеющиеся на исходный период, делят на сумму подсчитанных баллов для этого же периода. Получаемая величина и будет показателем цены одного балла. Если в итоге получается отрицательное число баллов (условия для вредного объекта ухудшаются), то получаемую исходную цену балла делят на число суммарных отрицательных баллов. Это и будет показателем снижения вредоносности объекта.

В примере со шведскими мухами расчет цены балла удобно проводить по проценту пораженных личинками растений. Так, приняв за факт, что до мелиорации земель пораженность посевов составляла 20–70 %, цена балла составляет 5–17 % ( $20 \% : 4 \text{ балла} = 5$ , а  $70 \% : 4 \text{ балла} = 17$ ). После мелиорации земель пораженность растений составит около 1–3 % ( $5 : 6 \approx 1$ ;  $17 : 6 \approx 3$  %).

Для характеристики прогнозируемого показателя в случае положительного итога баллов (при улучшении условий для вредного объекта) следует умножить цену балла на количество ожидающихся в итоге положительных баллов. Например, если исходное количество рассчитанных баллов равно +4, а рассчитанное на перспективу по прогнозу составило +8, то следовало бы ожидать удвоения ( $8 : 4 = 2$ ) пораженности растений. То есть, пораженность могла бы составлять от 40 % ( $5 \% \cdot 8$ ) до полного поражения посева ( $17 \% \cdot 8$ ).

Далее определяют диапазон отклонений показателей фитосанитарной ситуации. Например, если при ожидании удвоения вредоносности вида предположить, что в исходном фитосанитарном положении за последние 10–15 лет подлежало обработке ( $300 \pm 150$ ) тыс. га ( $(100 \pm 50) \%$ ), то на перспективу, может потребоваться обрабатывать ( $600 \pm 300$ ) тыс. га в год. Этот расчет верен при условии отсутствия факторов, воздействующих на диапазон отклонения показателей фитосанитарной обстановки.

В многолетнем прогнозировании немаловажным показателем является вероятная частота спадов и подъемов уровня распространения вредного вида. Обычно спад или нарастание численности популяции прямо или опосредованно связаны с изменением определенных климатических факторов и их отклонениями от многолетней нормы. Для многих видов, по многолетним агроклиматическим данным, можно определить, как часто возможен рост или спад распространения вредного вида по сравнению со средним уровнем. Для определения частоты повторяемости ситуаций, при которых возможен особенно высокий уровень распространения объекта, используют анализ повторяемости бла-

гоприятных и экстремальных условий погоды в критические периоды жизненного цикла вида за многолетний период, как наиболее ответственных за эту динамику. Как правило, частота подъемов и спадов численности – величина относительно константная для вида. При этом важно учитывать, что сами вредные виды существенно отличаются по данному показателю, и если одни из них характеризуется достаточно устойчивым по годам распространением, то ряд других – более или менее динамичны.

Поскольку одним из основных методов защиты является химический, приведенные выше приемы многолетнего прогноза в итоге используют для расчетов потребностей в средствах защиты растений. На простейшем примере можно показать, что если текущие затраты на защиту объективны и составляют примерно 700–750 млн. руб., то при прогнозе увеличения распространенности какого-либо вредного вида в 2 раза на перспективу может потребоваться 1,4–1,5 млрд. руб. Фактически для расчета затрат на защиту растений на многолетнюю перспективу привлекают агрономов, агротехников, токсикологов, механизаторов, экономистов и других специалистов. При этом учитывают вероятное изменение кратности обработок против вредных объектов исходя из прогнозируемого характера их распространения и развития, а также свойств намечаемых к использованию препаратов и технологии их применения. Оценивают вероятную экономическую эффективность намечаемых к применению профилактических и защитных мер. Принимают во внимание возможность повышения устойчивости растений к повреждениям за счет введения новых сортов и оптимизации агрофона. Обязательно необходимо учитывать достижения научно-технического прогресса. Например, с появлением гербицидов группы сульфонилмочевины с граммовыми гектарными нормами расхода по препаратам фактически в десятки раз сократилась потребность в объемах гербицидов для защиты зерновых культур, однако, учитывая высокую стоимость препаратов данной группы, денежные затраты на защиту от сорняков не снизились. Возможны изменения и в технологии применения пестицидов, влекущие за собой существенное изменение в затратах на защиту (например, широкомасштабная замена опрыскивания посевов от вредителей всходов на протравливание семян инсектицидами). Необходимо иметь в виду, что если объемы защитных работ для данного объекта на период прогнозирования недостаточны или избыточны, то, прежде чем составлять прогноз, следует установить, каков их оптимальный, объективно необходимый объем, и вести

дальнейшие расчеты исходя не из фактического, а из оптимального объема.

Таковы основные принципы разработки многолетних прогнозов распространения вредных объектов. Приведенная выше система многолетнего прогноза в целом верна только в случае достоверности и полноты данных, характеризующих современное фитосанитарное положение.

В ходе решения задач по многолетнему прогнозированию в защите растений возможно и необходимо выявление таких организационных и агротехнических мер и условий, реализация которых позволит сформировать предпосылки для естественного динамического развития агробиоценозов в направлении получения планируемых урожаев при последовательном снижении влияния вредных объектов и использования пестицидов. При этом вскрываются и те условия, которые дестабилизируют фитосанитарную обстановку. Определяются новые формы контроля за развитием агроэкосистем.

Оценка достоверности многолетних фитосанитарных прогнозов возможна по фактическому изменению уровня распространения вредного вида, если этот уровень может быть охарактеризован по заселяемым площадям, вредоносности или объему защитных обработок. Для таких сопоставлений данные об обследованных и заселенных вредным объектом площадях, плотности их заселения по годам переводят в показатель, который получил название «коэффициент заселения» (КЗ).

$$КЗ = \frac{П_3 a}{100},$$

где  $П_3$  – заселенная площадь, %;

$a$  – средняя плотность заселения.

Здесь оценка осуществляется посредством сопоставления среднего показателя коэффициента заселения за 5 исходных лет и за 5 лет, на которые был составлен прогноз.

Оценка достоверности многолетних прогнозов затруднена по причине того, что при прогнозе роста фитосанитарной нагрузки на агроэкосистемы параллельно дают рекомендации по предотвращению возможных негативных последствий и оценка состоятельности разработанного прогноза на фоне вводимых защитных мер (особенно в условиях невозможности оценить качество и объем их проведения) автоматически становится невозможной. Поэтому в ряде случаев наиболее приемлема альтернативная оценка: оправдался прогноз (если просле-

живаются спрогнозированные тенденции) или не оправдался (если они не наблюдаются).

**Долгосрочные прогнозы.** Результатом долгосрочного прогноза является информация об ожидаемой в предстоящем году или сезоне фазе динамики популяции вредного вида в региональном разрезе (ожидаемое в следующем году стациональное распределение популяций вредных видов и плотность популяций в отдельных зонах страны, вероятная интенсивность их размножения и выживаемость, интенсивность развития и вредоносность). Это определяет их высокую значимость в организации профилактической направленности защиты растений, а также в обосновании планов приобретения средств и применения тех или иных методов защиты растений.

Для большинства вредных видов долгосрочные прогнозы разрабатывают с заблаговременностью в 1 год на предстоящий период вегетации. Их разработку обычно проводят в осенне-зимний период после сбора и обработки фитосанитарной информации за текущий сезон. По видам, отличающимся динамичностью популяций, в силу невозможности для них с такой заблаговременностью предвидеть ситуацию с удовлетворительной точностью в осенне-зимний период разрабатывают только обзоры фитосанитарной ситуации, а в весенний период, после получения дополнительной информации, разрабатывают прогнозы на предстоящий сезон.

Разработка долгосрочных прогнозов основана на обобщении следующих данных:

- среднесезонные показатели основных климатических факторов и статистические показатели о диапазоне и частоте их отклонения от среднесезонной нормы;
- планируемые агротехнические условия выращивания культуры;
- специфика реакций отдельных групп вредных видов на изменчивость экологической обстановки.

Последовательность разработки долгосрочных прогнозов следующая:

- установление сложившейся в текущем году фазы динамики популяции вредного вида, которое выполняют на основании собираемой фитосанитарной информации;
- сопоставление фазы динамики популяции текущего вегетационного периода с фазой динамики прошлого года (сезона), а для динамичных форм вредителей – с фазой, сформировавшейся после перезимовки и перенесения критических периодов весной;

- сопоставление основных характеристик экологической обстановки текущего и прошедшего годов по регионам для установления тенденций, происходящих с факторами, определяющими динамику популяции вредителей, а на их основании – вскрытия направления и темпов происходящих изменений в популяции вредителей;

- разработка долгосрочного прогноза на основании вышеизложенных элементов и разработка профилактических мер защиты растений.

В ряде случаев долгосрочное прогнозирование сводится к построению логических моделей развития фитосанитарной обстановки и предвидения общих тенденций в изменениях фаз динамики популяции и развития фитосанитарной обстановки в регионе. Например, если в предыдущем году отмечалась фаза депрессии популяции вредителя, в текущем году отмечена фаза начала расселения и прослеживались благоприятные условия окружающей среды, то на следующий год прогнозируют следующую фазу динамики популяции – фазу массового размножения. В этом же примере при неблагоприятной экологической обстановке для фитофага прогнозируют стабилизацию фитосанитарной ситуации и сохранение в следующем году текущей фазы – фазы начала расселения или даже возможный возврат к фазе депрессии.

В результате детального математического анализа роли климатических факторов, поддающихся количественной оценке, в формировании фаз динамики популяции появилась возможность построения математических моделей прогнозирования. В основе их построения лежит обработка результатов многолетних наблюдений методом корреляционно-регрессионного анализа. Сущность этого метода на начальном этапе сводится к выявлению так называемых предикторов прогноза – факторов окружающей среды, детерминирующих развитие популяции вредного объекта, (ими могут быть показатели температуры, влажности, ГТК и т. п., но обязательно поддающихся количественному учету), и периодов, когда наиболее выражено данное детерминирование (установление критических периодов), а на втором этапе – к расчету уравнения регрессии, характеризующего зависимость прогнозируемых показателей фитосанитарной обстановки от данных показателей окружающей среды.

В общих чертах для разных видов насекомых, согласно их классификации по типам динамики популяции, предикторами прогноза могут являться следующие критерии. Для видов с многолетним циклом развития и слабой изменчивостью численности прогноз основан на учете распространения, численности и состава популяции в предшествую-

щем году. Для видов с одной генерацией, зимующих в фазе имаго, личиночной или яйца – на учете условий развития в текущем году, данных о стадиальном распределении, уровне численности и состоянии популяций перед уходом на зимовку. Для очень динамичных с большим числом генераций видов со стабилизировавшимся сезонным ритмом динамики численности в связи со стабильно повторяющимся состоянием условий существования, определяемым сельскохозяйственным производством, прогноз составляют на основе учета состояния популяций вредителей в истекшем году (возможные изменения численности по годам, если они не связаны с коренными изменениями условий выращивания культуры или резистентностью вредителей к пестицидам, не отражаются на объеме защитных работ). Для видов с несколькими генерациями и большой динамичностью численности, связанной с изменением условий их существования по годам, прогноз основан на учете заселенности стаций резервации и расселения в отдельные сезоны (особенно после критических сезонов), состоянии популяций и степени благоприятности для них условий прошедшего года (весной прогноз уточняют с учетом условий перезимовки и благоприятности весны). Для видов динамичных, численность которых лимитируется состоянием среды в очень ограниченные периоды онтогенеза, что затрудняет прогноз, предварительный прогноз возможен по состоянию популяций осенью, но уровень вреда и численности может полностью измениться весной и летом следующего года (И. Я. Поляков, 1985).

Общий вид уравнения линейной регрессии следующий:

$$y = a + bX,$$

где  $y$  – ожидаемое состояние показателя фитосанитарной ситуации (например, развитие болезни или плотность популяции вредителя и т. п.);

$a$  и  $b$  – постоянные коэффициенты регрессии, вычисляемые на основе многолетних данных;

$X$  – переменная величина предиктора прогноза (показатель окружающей среды (погоды) или суммарный индекс погоды).

Как правило, формирование свойств популяции в следующем году предопределяется не одним показателем погоды, а несколькими. В таком случае дополнительно рассчитывают условный показатель – суммарный индекс погоды, являющийся, своего рода, равнодействующей разностороннего влияния факторов среды.

Расчет таких уравнений регрессии должен производиться для каждого вредного объекта, по которому возможен и необходим долгосрочный прогноз, в региональном разрезе.

В связи с климатическими изменениями и микроэволюционными процессами в популяциях вредных видов значимость тех или иных фактов среды изменяется, поэтому коэффициенты регрессии уравнения периодически должны уточняться.

Учитывая сложность сбора, обработки информации и математического расчета, формулы долгосрочных прогнозов должны разрабатываться научно-исследовательскими учреждениями и высококвалифицированными специалистами.

**Краткосрочные прогнозы.** Краткосрочные прогнозы имеют два специфичных назначения:

1) уточнение долгосрочных прогнозов для вредителей и болезней, характеризующихся большой изменчивостью развития и распространения в зависимости от состояния экологической обстановки;

2) определение вероятного изменения вредоносности отдельных видов независимо от природы их реакций на среду в результате сдвига сроков или качества проведения некоторых элементов технологии выращивания культуры (сроков сева, уборки, подъема ячи и т. д.), вызванных состоянием погоды в течение сезона или другими причинами.

Краткосрочное прогнозирование сводится к построению логических или математических моделей развития фитосанитарной ситуации в ожидаемый относительно короткий период (до одного месяца). Оно основано на детальном учете вероятного влияния на сложившуюся фазу динамики популяций конкретной, сложившейся в реальной производственной обстановке, природно-хозяйственной ситуации, в которую она (популяция) попадает (имеется в виду фенология и состояние повреждаемых культур, экологическая ситуация, определяемая погодой и хозяйственной деятельностью) и будет существовать в течение ближайшего месяца. Здесь приоритетную роль для принятия прогностических решений приобретает выявляемая экологическая обстановка и ожидаемое ее состояние.

Практически разрабатывают следующие виды краткосрочных прогнозов:

- краткосрочный прогноз уровня распространения и вероятной вредоносности очередной генерации вредителей или инкубационного периода патогена;

- фенологический прогноз сроков появления той или иной онтогенетической фазы вредного объекта и степени ее опасности для ожидаемой в этот период фазы развития повреждаемой культуры;

- прогноз вероятного изменения вредоносности отдельных видов в связи со сложившимся комплексом условий, вызванных состоянием погоды, агротехническими или организационно-хозяйственными мероприятиями.

В результате краткосрочных прогнозов уточняют сроки проведения защитных мероприятий, экономические пороги вредоносности, ustanавливают необходимые профилактические приемы (изменение нормы высева семян, подкормки и др.).

Приведем следующие примеры логических моделей краткосрочных прогнозов. В 1977 г. лето было теплым и влажным, что предопределило ранние сроки посева озимой пшеницы. Это создало опасность высокой вредоносности злаковых мух. В краткосрочном прогнозе это было указано и были предложены соответствующие защитные и профилактические меры. В связи с засухой весной 1979 г. почти в 2 раза снизилась вредоносность гусениц лугового мотылька, против них было рекомендовано использовать минимальные дозы пестицидов.

Примером математической модели в краткосрочном прогнозировании может быть формула регрессионного уравнения для прогноза срока вылета вишневой мухи:

$$y = -81,337 + 0,049X_1;$$

$$y = -82,918 + 0,043X_2,$$

где  $y$  – прогнозируемый день вылета мух в мае;

$X_1$  – сумма средних суточных процентов относительной влажности воздуха в период 5 апреля – 5 мая;

$X_2$  – сумма максимальных температур воздуха со дня нагревания почвы на глубине 5 см до температуры 7 °С к 15 мая.

В отношении вишневой мухи установлена гиперболическая зависимость между среднесуточной температурой и числом дней от вылета имаго до дня откладки первых яиц. На этом основании установлено, что за 20 лет сумма среднесуточных температур в этот период колебалась от +128,0 до +138,2 °С. Ошибка прогноза по данному методу составляет 0,5 сут.

### 3.8. Основы прогноза распространения и развития сорной растительности в защите растений

При прогнозировании фитосанитарной ситуации по сорной растительности разрабатываются три основных вида прогноза: многолетний, долгосрочный и краткосрочный. Многие теоретические и практические положения, легшие в основу разработки прогнозов засоренности, пересекаются с прогнозированием фитосанитарной ситуации по вредителям и болезням. При этом имеется ряд особенностей.

Все виды прогнозов разрабатываются на основании учетов и наблюдений за развитием популяции сорной растительности. Сущность прогнозирования сводится к предвидению ожидаемой ситуации на основании разрабатываемых логических или математических моделей.

*Многолетний прогноз* дает средние показатели распространения сорняков – площади с различными уровнями засорения, возможные пределы колебания засоренности. Он представляется возможным посредством анализа общей и видовой засоренности почв и посевов сельскохозяйственных культур в динамике по годам на уровне крупных регионов. Следует иметь в виду, что принципы разработки многолетнего прогноза для регионов и отдельных полей хозяйств неодинаковы.

Выделяют следующие этапы разработки многолетнего прогноза для региона:

- районирование территории по уровню засоренности посевов в целом, отдельных сельскохозяйственных культур определенными группами и видами сорняков;
- выявление лет, благоприятных и неблагоприятных для распространения отдельных видов сорняков и изменения засоренности посевов в целом, определение факторов среды, действующих на развитие сорняков (в большинстве зон это тепловой режим, режим увлажненности почвы);
- установление факторов, влияющих на засоренность посевов (мелиоративные мероприятия, введение и освоение зональных севооборотов, чередование культур, совершенствование обработки почвы на основе почвозащитных, энергосберегающих, минимальных технологий, более интенсивное применение минеральных, органических удобрений, пестицидов, использование новых высокопродуктивных сортов); практика показала, что многие мероприятия, направленные на повышение урожая сельскохозяйственных культур (интенсификация севооборотов, ин-

тенсивные технологии, повышенные нормы удобрений, уровни мелиоративных мероприятий), усиливают засоренность.

В общем виде тенденцию развития ситуации по засоренности можно выразить уравнением

$$y = a + bx_1 + cx_2 + \dots + zx_n,$$

где  $y$  – засоренные площади с определенным баллом засоренности;

$a, b, c, z$  – коэффициенты, отражающие изменение засоренности при изменении фактора на единицу (определяются экспериментально);

$x_1, x_2, x_n$  – показатели по факторам, влияющим на засоренность (климатические, почвенные, технологические, организационно-хозяйственные).

Многолетний прогноз засоренности конкретного поля или группы полей в севообороте, по существу, представляет ряд долгосрочных последовательных прогнозов.

*Долгосрочный прогноз* составляют по результатам обследования посевов в год, предшествующий планируемому. Обследование проводят на полях, занятых зерновыми культурами – в фазе кущения, другими культурами сплошного сева – за 2–3 нед до уборки, пропашными – в середине их вегетации. На основании результатов обследований, сведений о засоренности предшествующей и произрастающей в настоящее время культур, информации о конкурентоспособности и взаимоотношении культурных и сорных растений в агрофитоценозах с достаточной точностью прогнозируют засоренность в пределах биологических групп и отдельных видов сорняков.

В основе составления логических моделей долгосрочного прогноза засоренности лежит принцип объединения биологических групп и видов сорняков в группы, обладающие определенными свойствами динамичности популяции. Согласно этому принципу выделяют 3 группы сорной растительности:

1) группа со слабой изменчивостью видового состава сорняков при чередовании культур. К ней относятся многолетние сорняки: корневищные, корнеотпрысковые, стержнекорневые. Их прогноз основан на учете распространения, состава, численности и степени развития сорняков в посевах сельскохозяйственных культур (перед уборкой урожая); эффективности агротехнических приемов в ходе основной обработки

почвы в осенний период и предпосевной в весенний, результатов химических обработок;

2) группа с ограниченной изменчивостью видового состава сорняков, связанной с изменением среды в осенне-зимний и ранневесенний периоды. К ней отнесены озимые, зимующие и двулетние сорняки. Для прогноза используют данные о семенной продуктивности сорняков и засоренности почвы в предшествующем году; эффективности агротехнических мероприятий и обработок гербицидами, проводимых осенью;

3) группа со значительной изменчивостью видового состава сорняков. К ней относят однолетние сорняки: эфемеры, ранние яровые, поздние яровые. Прогноз составляют на основе учета засоренности почвы семенами; засоренности и уровня развития (семенной продуктивности) сорняков в предшествующий период с учетом агротехнических мероприятий и применения гербицидов во время вегетации культуры и после уборки урожая; засоренности навоза и посевного материала, метеорологической информации на осенне-зимний и раннеосенний периоды.

Практические многолетние наблюдения показали, что различные группы культур неодинаково заселяются различными биологическими группами сорной растительности (табл. 3).

Таблица 3. Вероятность засорения сельскохозяйственных культур отдельными биологическими группами сорняков (Зуза, 1985)

Культуры	Ранние яровые	Поздние яровые	Зимующие, озимые, двулетние	Многолетние корневищные	Многолетние корнеотпрысковые
Озимые зерновые	–	–	+++	+++	+++
Яровые зерновые	+++	–	–	+++	+++
Кукуруза, просо	++	+++	–	+++	+++
Сахарная свекла	+++	+++	–	+++	+++
Подсолнечник	+++	+++	–	+++	+++
Картофель и овощные	+++	+++	–	+++	+++

Условные обозначения: (–) – очень низкая вероятность засорения;  
 (+) – средняя вероятность засорения;  
 (++) – высокая вероятность засорения.

Прогноз засоренности по биологическим группам сорняков дает достаточную информацию для планирования защитных мероприятий. В ряде случаев для обоснования химического метода необходим учет видового состава сорняков. При известной исходной засоренности предшественника, а также наличии в навозе и семенном материале семян сорняков – спутников культурных растений велика вероятность прорастания в посевах следующих сорняков. В посевах озимой пшеницы – ромашки непахучей, пастушьей сумки, василька синего, метлицы обыкновенной; озимой ржи – костра ржаного, василька синего, пикульников; яровой пшеницы, ячменя, овса – овсюга обыкновенного, плевела опьяняющего, горцев, вьюнка полевого; льна – плевела льняного, торницы, горца льняного, куколя льняного, рыжика льняного; клевера – щавеля малого, повилки клеверной и т. д.

Существуют количественные методы долгосрочного прогноза засоренности посевов и почвы на основе экстраполяции и математического моделирования. Более обоснованным является балансовый метод количественного прогноза засоренности почвы семенами и посевов сорными растениями.

Он основан на информации об исходной засоренности почвы, пополнении почвенного банка семян за счет обсеменения в посевах (для многолетних сорняков – приросте органов вегетативного размножения), поступлении семян с органическими удобрениями и семенным материалом, отмирании семян, сорных растений и вегетативных зачатков под влиянием агротехнических и химических мер. Количественный годовой прогноз засоренности посева однолетними сорняками можно составить по следующему уравнению:

$$Z_{t+1} = \left( C_t \frac{100 - K_1}{100} \right) \left( \frac{100 - K_2}{100} \right) \left( \frac{100 - K_3}{100} \right) + \left( Z_y \frac{100 - K_2}{100} \frac{100 - K_3}{100} \right) + \left( Z_c \frac{100 - K_3}{100} \right),$$

где  $Z_{t+1}$  – засоренность поля в прогнозируемом году, шт/га;

$C_t$  – число семян сорняков в почве в год, предшествующий прогнозируемому, шт/га;

$K_1$  – количество сорняков, погибших после всходов в результате основной обработки почвы, %;

$K_2$  – количество сорняков, погибших после всходов в результате предпосевной механической обработки почвы и применения гербицидов, %;

$K_3$  – количество сорняков, погибших после всходов культуры в результате механической обработки и применения гербицидов, %;

$Z_y$  – засоренность гектарной нормы органических удобрений, шт/га;

$Z_c$  – засоренность гектарной нормы семенного материала, шт/га.

При прогнозировании многолетних сорняков кроме их семян учитывают и количество вегетативных зачатков размножения.

Общая засоренность посева составляет арифметическую сумму прогнозируемой засоренности отдельными видами сорняков.

Модели прогнозирования неодинаковы. Так, учитывая, что на развитие сорняков существенное влияние оказывают метеорологические факторы (температура, влажность воздуха и почвы), нередко в прогнозные модели включают дополнительные коэффициенты. Например, поправочный коэффициент на ГТК при благоприятных (высокий ГТК) или неблагоприятных погодных условиях позволяет корректировать прогноз в ту или иную сторону.

Как было отмечено выше, многолетний прогноз засоренности поля предполагает поэтапное годичное прогнозирование с учетом показателей засоренности поля на конец года, предшествующего прогнозируемому, поступления семян в почву с органическими удобрениями, семенным материалом, поливной водой, подавления сорных растений механическими и химическими методами, естественного отмирания семян сорняков в почве и растений в посевах. Для этого требуется анализ состояния засоренности посевов и почвы за несколько лет до начала прогнозируемого периода, например, при пятилетнем прогнозе не меньше чем за 5 лет. В многолетнем прогнозе особенно важно учитывать засоренность почвы. Для количественного прогноза засоренности почвы семенами однолетних сорняков предлагается использовать следующее уравнение:

$$C_{t+1} = (C_t + Y + H) \frac{Ж-В}{100} + (C_t + Y + H) \frac{В}{100} П,$$

где  $C_{t+1}$  – запас жизнеспособных семян в почве в прогнозируемом году, шт/га;

$C_t$  – число всхожих семян сорняков в почве в год, предшествующий прогнозируемому, шт/га;

$Y$  – число всхожих семян сорняков, вносимых с гектарной нормой органических удобрений, шт/га;

Н – число всхожих семян сорняков, попадающих в почву при высеве гектарной нормы семян культурных растений, шт/га;

Ж – количество жизнеспособных семян по отношению к общему количеству семян (жизнеспособность семян) сорных растений, %;

В – количество всхожих семян, давших растения в текущем году, по отношению к общему количеству семян (всхожесть семян) сорных растений, %;

П – семенная продуктивность растений, произрастающих в посевах (число жизнеспособных семян на сорное растение), шт/раст.

Многолетний прогноз засоренности целесообразно уточнять в соответствии с конкретной засоренностью в каждом году и годичными прогнозами.

Одновременно с прогнозами засоренности полей и участков разрабатывают прогнозы засоренности сельскохозяйственных культур и угодий в целом по хозяйству, району, области, республике, стране, что, по существу, представляет собой суммарные прогнозы.

При прогнозировании засоренности посевов можно применять шкалу: 0 баллов – незасоренные посевы; 1 балл – уровень засорения сорняком составляет 1–5 шт/м<sup>2</sup>; 2 балла – 6–15 шт/м<sup>2</sup>; 3 балла – 16–50 шт/м<sup>2</sup>; 4 балла – 50–100 шт/м<sup>2</sup>; 5 баллов – более 100 шт/м<sup>2</sup>.

*Краткосрочный прогноз* уточняет ситуацию по засоренности и развитию культуры (плотность популяции, видовой состав, фаза развития культуры и сорняка) в связи с погодными условиями и агротехникой и позволяет выбрать наиболее эффективные и безопасные для культуры методы борьбы.

### **3.9. Оценка целесообразности применения средств защиты растений. Пороги вредоносности**

В силу того что на современном этапе основным методом защиты растений является химический, важнейшим элементом рационализации является поиск и разработка объективных критериев целесообразности его применения. Их разработка ведется практически на протяжении всей истории существования химического метода.

Начальным этапом установления целесообразности применения средств и методов защиты растений является определение вредоносности вредных объектов. В практике приходится сталкиваться с большим разнообразием характера наносимого вреда. Известны следующие ос-

новые типы проявления болезней и поражения растений объектами энтомофауны:

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1) гниль;   | } | Симптомы<br>болезней                           |
| 2) некроз и пятнистость;  |   |  |
| 3) хлороз и мозаика;  |   |  |
| 4) налет;   |   |  |
| 5) деформация;  |   |  |
| 6) мумификация;   |   |  |
| 7) гоммоз, или камедетечение;   |   |  |
| 8) опухоли и наросты;   |   |  |
| 9) пустулы (подушечки);   |   |  |
| 10) головня (пылящие массы);  |   |  |
| 11) грубое объедание;   | } | Признаки повреждения<br>вредителями-фитофагами |
| 12) фигурное объедание;   |   |  |
| 13) дырчатое объедание;   |   |  |
| 14) скелетирование (в виде язвочек, окошечек, собственно скелетирование);   |   |  |
| 15) минирование различных органов;  |   |  |
| 16) выедание ямок, полостей на органах;   |   |  |
| 17) повреждения с механической подготовкой вредителем субстрата для питания (образование паутинных гнезд, трубок, сигар); |   |  |
| 18) изменение окраски;  |   |  |
| 19) деформация;   |   |  |
| 20) образование галл.   |   |  |

С учетом того что в реальности бывает очень трудно сравнить вредоносность различных видов насекомых, болезней и сорняков между собой, для обобщения характера проявления и оценки общего состояния растений или посевов используются два основных понятия: «поврежденность» и «угнетенность» растений и посевов.

Под *поврежденностью* растений или посевов принято понимать степень их травмированности, нарушения целостности органов, тканей, клеток или гибель составляющих агрофитоценоза.

Выделяют следующие группы поврежденности:

- 1) сплошная гибель растений;
- 2) гибель отдельных растений:
  - очаговая гибель растений;
  - разрозненное изреживание посевов;
- 3) повреждение продуктивных органов растений;
- 4) повреждение непродуктивных органов растений.

К гибели растений нередко приравнивается уничтожение продуктивных органов или потеря ими товарности.

При сплошной и очаговой гибели растений поврежденность оценивается в гектарах уничтоженного посева. В остальных случаях помимо площади оценивают степень поврежденности посева.

При разрозненной изреженности посева ее можно оценить в баллах по следующим шкалам:

- для культур сплошного сева и пропашных культур до прорывки:

1 балл – слабая изреженность, погибло до 25 % растений;

2 балла – средняя изреженность, погибло от 25 до 50 % растений;

3 балла – сильная изреженность, погибло более 50 % растений;

- для однострочковой свеклы и других пропашных культур после прорывки:

1 балл – слабая изреженность, погибло до 10 % растений;

2 балла – средняя изреженность, погибло от 10 до 30 % растений;

3 балла – сильная изреженность, погибло более 30 % растений.

При частичном повреждении непродуктивных органов растений определяют процент поврежденных растений и степень повреждения. Процент поврежденных растений устанавливают в результате анализа трех проб по 100 растений в разных местах поля. Степень поврежденности поверхности (чаще всего листовой) определяют по следующей шкале:

1 балл – слабая поврежденность, повреждено до 5 %;

2 балла – средняя поврежденность, повреждено до 25 %;

3 балла – сильная поврежденность, повреждено от 25 до 50 %;

4 балла – очень сильная поврежденность, повреждено более 50 %.

При оценке поврежденности продуктивных органов определяют процент поврежденных от общего числа осмотренных. Степень их поврежденности определяют согласно следующей шкале:

1 балл – слабая поврежденность, заметно травмирование плода, клубня, початка, частично снижено его товарное качество;

2 балла – средняя поврежденность, повреждено до 25 % массы плода, клубня, початка, резко снижено его товарное качество;

3 балла – сильная поврежденность, повреждено более 25 % массы плода, клубня, початка, что вызывает его потерю.

В большинстве случаев ограничиваются подсчетом процента поврежденных плодов или клубней (поврежденность плодояжками или проволочниками, плодовой гнилью и т. п.).

Во всех случаях, установив итоговый показатель интенсивности повреждения, определяют процент территории (или партии хранимой продукции), для которой подсчитан показатель, в сравнении с неповрежденной площадью посева (насаждения, партии продукции). При объединении данных, полученных в разных местах, устанавливают средний (или средневзвешенный) балл повреждений.

Оценку итоговых потерь урожая от вредителей на посевах в полевых условиях проводят перед уборкой путем сопоставления продуктивности поврежденных и здоровых растений. В зависимости от типа посева берут достаточно представительную пробу, включающую здоровые и поврежденные растения из разных частей поля. Так, для кукурузы или капусты надо брать в совокупности не менее 200 растений, а для колосовых – не менее 2000 из 3–5 мест или более.

С целью более детального определения потерь расчет потерь можно произвести по каждому типу повреждения или по виду фитофага.

Проба растений сортируется по типам повреждения или по виду фитофага. Затем определяют процент здоровых растений и процент имеющих один из типов зарегистрированных повреждений. После этого определяют абсолютное число здоровых и имеющих зафиксированный тип повреждения на 1 га. Далее определяют фактические потери урожая по данному типу повреждения путем сопоставления средней продуктивности (например, массы зерна) одного растения, имеющего данный тип повреждения, и продуктивности усредненного здорового растения.

Потери урожая для каждого типа повреждения определяют по формуле

$$A = \frac{mnp}{100},$$

где  $A$  – потери урожайности, вызываемые данным типом повреждения;

$m$  – средняя продуктивность (масса зерна) неповрежденного растения;

$n$  – среднее количество растений на 1 га, имеющих данный тип повреждения;

$p$  – потери урожайности, вызванные данным типом повреждения, %, в сравнении с неповрежденными растениями.

Среднее количество растений на 1 га с данным типом повреждения устанавливают по проценту их в пробе и с учетом их фактического общего количества на 1 га. Например, общее количество растений кукурузы на 1 га составляло 45000, из них имеют данный тип повреждения 22 % (по результатам анализа выборки). В соответствии с этим

число растений, имеющих данный тип повреждения, равно  $45000 \times 22 : 100 = 9900$ . Средняя масса зерна с одного здорового растения составила, например, 193 г, а у имеющих данный тип повреждения – на 37,7 % ниже. Подставляя полученные показатели в формулу, устанавливают:

$$A = 193 \cdot 9900 \cdot 37,7 : 100 = 720333 \text{ г/га} = 0,72 \text{ т/га.}$$

Таким образом, в ходе подобных учетов с последующими расчетами устанавливают степень отрицательного воздействия на урожай (а при необходимости – на его качество) вредными объектами при различных уровнях фитосанитарной нагрузки на агроценоз. При этом в каждом конкретном случае важно учитывать степень развитости, потенциальной продуктивности, иммунности, резистентности и толерантности агроценоза к воздействию вредных видов. Иными словами, следует дифференцированно подходить к оценке вреда, наносимого единицей фитосанитарной нагрузки (плотностью заселения посевов вредным организмом либо степени развития или распространения болезни и т. п.) агроценозам, обладающим разной буферностью и разными компенсаторными возможностями индивидуального или популяционного уровня по отношению к наносимому вреду.

*Угнетенность* растений или посевов – это степень снижения их развитости или продуктивности, вызванная неблагоприятными условиями роста или частичной поврежденностью. Во многих случаях этот показатель носит относительный, субъективный характер. И в то же время он незаменим при характеристике воздействия на культурные растения сорняков, болезней, протекающих в скрытой (латентной) форме.

Оценка состояния посевов на предмет характера и степени поврежденности и угнетенности посевов является только исходной базой для дальнейшего анализа на предмет целесообразности проведения защитных мероприятий и принятия конкретных решений в практике. Возбудители болезней, сорняки и вредители находятся в сложных взаимоотношениях с сельскохозяйственными растениями. Воздействие того или иного вида вредного фитофага на культурное растение не всегда приводит к снижению его продуктивности. Вредоносность – один из результатов взаимосвязей фитофагов и сорняков с кормовыми растениями на организменном и популяционном уровнях. Вредоносность зависит от того, в каком периоде вегетации находится растение, какая его часть повреждается, в какой степени активны природные регуляторы численности фитофага и т. д. При этом очень важно понимать и учитывать, что величина вреда – динамический показатель, из-

меняющийся во времени. Важен и тот момент, что на принятие даже самых экстренных мер по защите растений необходимо определенное время, при чем эффект от принятых мер также наступает не мгновенно. В основании вышесказанного высокую актуальность для принятия своевременных решений о проведении защитных обработок приобретают прогнозы вредоносности, которые предназначены для определения ожидаемого уровня потерь урожая и предвидения на этом основании целесообразности защитных мер с учетом затрат на их проведение. Такой прогноз для каждого заселенного вредным видом посева или насаждения становится необходимым, когда по фенологическим показателям наступают сроки проведения защитных мер. В настоящее время разработан ряд методик прогнозирования ожидаемого вреда для различных вредных объектов. Конечным итогом такого прогнозирования обычно является математическая модель, отражающая зависимость величины потерь урожая от уровня фитосанитарной нагрузки на агроценоз. Графически такие модели, как правило, имеют вид, как показано на рис. 1. По мере накопления практического опыта в области фитосанитарного контроля такого рода зависимости должны быть установлены для каждого вредоносного объекта, по возможности для агроценозов с разными уровнями компенсаторных возможностей (потенциальной урожайности, резистентности и т. п.) для разных агроклиматических зон.

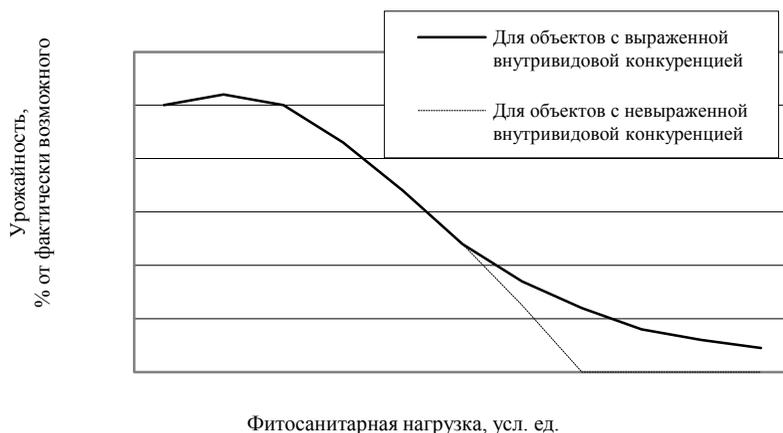


Рис. 1. Примерная зависимость урожайности культуры от величины фитосанитарной нагрузки для групп вредных объектов с выраженной и невыраженной внутривидовой конкуренцией

На современном этапе научная работа в этом направлении ставит перед собой задачу выделить из целостной математической модели отдельные точки, уровни фитосанитарной нагрузки, имеющие принципиальное, ключевое, значение, которые получили название порогов вредоносности.

Выделяют три типа порогов вредоносности.

*Фитоценотический порог вредоносности* (ФПВ) – плотность популяции вредного объекта или степень развития либо распространения болезни, при которой они практически не оказывают отрицательного влияния на рост и развитие культурных растений и не снижают их урожай.

*Критический (статистический) порог вредоносности* (КПВ) – плотность популяции вредного объекта или степень развития либо распространения болезни, при которой статистически достоверно снижается урожай сельскохозяйственных культур (потери обычно превышают 3–6 % фактического урожая).

*Экономический порог вредоносности* (ЭПВ) – плотность популяции вредного объекта или степень развития либо распространения болезни, при которой стоимость потерь урожая превышает затраты на применение средств защиты растений.

ЭПВ – экономически обоснованная пороговая численность вредителей, которая учитывает затраты на защиту растений и экономические показатели технологии возделывания зерновых культур, биологическую эффективность рекомендуемых препаратов.

Расчет ЭПВ производят по следующей формуле:

$$\text{ЭПВ} = \frac{\text{П} \cdot \text{К}_6}{\text{К}_в},$$

где ЭПВ – экономический порог вредоносности, выраженный через пороговую численность вредного объекта;

П – прибавка урожая зерна, ц/га, или % по отношению к планируемой урожайности;

$\text{К}_6$  – поправочный коэффициент к нормативной биологической эффективности;

$\text{К}_в$  – коэффициент вредности (потери урожая зерна от единицы вредного объекта или одного процента повреждения стеблей, листьев, зерна и т. д.) или относительная вредоносность, т. е. потери урожая в процентах к планируемой урожайности, ц/га.

В последнее время предлагают корректировать ЭПВ, пересчитывая его в эколого-экономический порог целесообразности применения средств защиты растений (ЭЭПЦ), где экологическая основа ЭЭПЦ формируется за счет введения коэффициентов эффективности энтомофагов, отрицательного влияния на них средств защиты растений, экотоксикологических свойств препаратов, поправочных коэффициентов на погодные условия.

$$\text{ЭЭПЦ} = \text{ЭПВ} K_{\text{энт}} K_{\text{эт}} K_{\text{п}},$$

где ЭЭПЦ – эколого-экономический порог целесообразности применения средств защиты растений, выраженный через пологовую численность насекомых;

$K_{\text{энт}}$  – поправочный коэффициент на полезную деятельность энтомофагов с учетом отрицательного влияния средств защиты растений на их численность;

$K_{\text{эт}}$  – поправочный коэффициент на экотоксические свойства препарата;

$K_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент на погодные условия.

Критерий ЭЭПЦ не получил широкого распространения из-за сложности, недостаточности теоретической и информативной базы для конкретных ценологических условий. В результате в настоящее время день основным критерием для установления целесообразности применения методов и средств защиты растений является ЭПВ, а необходимость обработки определяется не только уровнем угнетающего воздействия вредителей или патогенов на культуру, но и экономическими показателями, связанными с сопоставлением стоимости возможной потери урожая с себестоимостью защитной обработки.

При стандартном оптимальном агрофоне вредоносность вида зависит от определенного сочетания его фенологии с фенологией повреждаемого растения. Это принимается во внимание при определении сроков проведения защитных мер. Однако этого недостаточно для организации их применения. Требуется для каждого посева и насаждения прогноз фактического вреда. Решение этой задачи должно учитывать два обстоятельства. Первое – определение допустимых потерь при сложившейся урожайности культуры, ее экономического значения и стоимости защитных мер. Опыт показывает, что нельзя допускать потери, превышающие 3–5 % валового сбора урожая. Второе – определение той плотности заселения посева (насаждения) вредителем или интенсивности развития болезни, при которой потери выше допустимого уровня.

ЭПВ – неконстантная величина. Она зависит от степени реакции агроценоза на фитосанитарную нагрузку и его компенсаторных возможностей по восстановлению повреждений. С увеличением мощности растений, потенциала продуктивности, устойчивости и резистентности сортов и гибридов на заключительных фазах развития степень реакции растения на нанесение повреждений и конкуренцию с сорняками снижается, следовательно, ЭПВ для таких посевов возрастает.

### **3.10. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур. Сигнализация в защите растений**

В настоящее время для большинства вредителей разработаны экономические пороги вредоносности, позволяющие определить целесообразность защитных мер, а для болезней – методы учета скрытых и явных потерь урожая в зависимости от интенсивности развития. Все эти показатели имеют два уровня – минимальный и максимальный. Наибольшая изменчивость этих показателей отмечается для форм, повреждающих листья. У них в больших пределах колеблется по фазам развития и генерациям способность уничтожить сформировавшуюся массу листьев, а у растений – компенсаторные возможности. При повреждении растений в фазе завершения их вегетации (образование семян, плодов, клубней, початков, корнеплодов) амплитуда изменчивости их поедаемости резко снижается, а компенсаторные возможности растений оказываются незначительными. Поэтому для листогрызущих вредителей экономические пороги вредоносности могут по своим крайним показателям различаться в 3–5 раз, а для форм, повреждающих семена, – не более чем в 2 раза. При разработке рекомендаций по использованию экономических порогов вредоносности одновременно обосновываются критерии для их уточнения с учетом складывающейся экологической обстановки в данном сезоне.

Обычно затраты окупаются при уровне вредоносности 5–7 % от фактического урожая. В случае низкой урожайности или низкой стоимости основной продукции – при 8–12 %, в противном случае – при 2–4 %. Но для каждого сезона лаборатории диагностики и прогнозов (областей, краев и республик) уточняют ЭПВ с учетом состояния посевов, фенологии вредных видов и экологической обстановки.

Построение системы защиты на основе использования ЭПВ позволяет снижать объем обработок и расход пестицидов в среднем на 30 % без ущерба для сохранности урожая.

Для повышения организации проведения защитных работ текущее планирование их проведения непосредственно связано с долгосрочными прогнозами распространения и развития вредных видов, а именно с характером динамики распространения и экономического значения отдельных видов или их комплексов. По этим показателям все главные вредные виды подразделяют на три группы.

*Первая группа* – это виды, вредоносность которых проявляется в комплексном воздействии на культуру в разные фазы ее развития и формирования урожая. В отдельные годы значение отдельных видов может существенно меняться, но вредоносность всего комплекса сохраняется на таком высоком уровне, что требуются обязательные защитные меры, проводимые ежегодно по определенной системе. Сюда относят комплексы вредных видов плодовых и овощных культур, а также вредителей зерновых бобовых культур и бобовых многолетних трав. Кроме того, в эту группу входят некоторые массовые болезни сельскохозяйственных культур, профилактическая борьба с которыми становится обязательным условием получения высокого урожая: головневые заболевания злаков, плесневение семян и болезни проростков кукурузы, комплекс болезней посадочных клубней картофеля, комплекс вредителей и болезней льна. Объем необходимых обработок и, соответственно, потребных затрат определяют для каждого региона по принятой системе, а затем суммируют для масштабов страны.

*Вторая группа* – это формы с относительно устойчивой вредоносностью. Интенсивность их вреда может значительно меняться по годам, но, как правило, не опускается ниже ЭПВ. К ней могут быть отнесены проволочники, льняные блошки, фитофтороз на картофеле и томатах, колорадский жук. Планирование объемов защитных обработок против вредных объектов данной группы основывается на учете площади, подлежащей обработке (где установлено превышение ЭПВ), и кратности обработок. Точность планирования в этом случае определяется качеством информации о заселенных площадях и плотности популяции, выявляемых в результате специальных обследований.

*Третья группа* – это виды, распространение и интенсивность вреда которых существенно изменяются по годам, периодически отклоняясь от ЭПВ в большую или меньшую стороны. Сюда отнесены луговой мотылек, совки, пядицы, злаковые мухи, злаковые тли, долгоносики и блошки, повреждающие сахарную свеклу, другие вредители сахарной свеклы (свекловичная крошка, листовая тля, щитовоска, свекловичная минирующая муха), болезни сахарной свеклы и др. Для планирования

объема защитных обработок против них важно учитывать ожидаемый уровень распространения и развития популяций в отдельных регионах в следующем году. Разрабатываемые долгосрочные и сезонные прогнозы определяют, какая фаза динамики популяций ожидается в следующем году (сезоне) в конкретных регионах. Для большинства вредных видов этой группы установлено применительно к отдельным зонам ареала, какие стадии заселяются и с какой численностью в каждой фазе динамики популяций.

Отдельно выделяют небольшую группу вредных видов, появляющихся в большом количестве редко, спорадически, для которых еще не разработаны надежные методы прогнозов распространения с годичной и даже сезонной заблаговременностью. К их числу следует отнести совку-гамму, капустную моль и др. За распространением этой группы ведут систематические наблюдения. Обычно при появлении очагов повышенной численности одновременно в разных зонах страны в прогнозе на следующий год указывают на возможность массового размножения данного вида. Точно планировать объемы защитных обработок против данной группы вредителей пока трудно. Поэтому следует по мере возникновения очагов повышенной численности этих видов создавать резерв пестицидов.

Следует иметь в виду, что установление порогов вредоносности часто не является итоговой, решающей директивой, определяющей потребность в защитных мероприятиях. Это обусловлено тем, что при комплексном воздействии вредных видов (вредителей, болезней и сорняков) на агроценоз их вредоносность изменяется.

В зависимости от времени нанесения вреда (в хронологическом отношении) выделяют три формы комплексного воздействия:

1) единовременное, когда периоды вредоносности разных видов практически совпадают по времени;

2) многократное (повременное, поэтапное), при котором нанесение вреда видами не пересекается во времени;

3) хроническое, когда завершение периода вредоносности одним видом плавно сменяется вредоносностью другого.

В зависимости от формы сочетания эффектов повреждений и (или) угнетений выделяют также три типа комплексного воздействия вредных видов на агроценоз:

1) наложение (суммирование) эффектов действия – разновидность сочетания повреждения и (или) угнетения несколькими видами, при

котором сумма вреда от отдельно взятых видов (при прочих равных условиях) равна их комплексному воздействию;

2) взаимоусиление эффектов действия, при котором сумма вреда от отдельно взятых видов при прочих равных условиях ниже, чем при их комплексном воздействии;

3) взаимопогашение эффектов действия, при котором сумма вреда от отдельно взятых видов (при прочих равных условиях) выше, чем при их комплексном воздействии.

В частных случаях при одновременном нанесении вреда возможно как наложение, так и взаимоусиление и взаимопогашение эффектов действия. При поэтапном и при хроническом нанесении вреда обычно наблюдается взаимоусиление эффектов действия.

Существуют случаи, когда применение средств защиты растений рекомендуется при наличии вредного вида в агроценозе независимо от его численности, например, при выявлении некоторых видов карантинных объектов.

В связи с тем, что пороги вредоносности вредителей и болезней в сильной степени зависят от климатических условий региона, большой интерес представляют не только их численность и плотность заселения, но и их фенология, а также развитие и распространение.

Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорной растительности в Республике Беларусь в посевах различных сельскохозяйственных культур в основном определены, и ими успешно пользуются при проведении защитных мероприятий (табл. 4–13).

На посевах зерновых культур обработки отменяют против злаковой тли, если выявлено 5–6 личинок златогазки на  $1 \text{ м}^2$  или соотношение численности хищник : жертва составляет 1:2, против вредной черепашки, если 50 % отложенных яиц заражено теленомусами; против хлебных пилильщиков, если при кошении сачком соотношение имаго вредителя и ихневмонид составляет 3:1; против серой зерновой совки, если гранулезом поражено 80 % гусениц.

На посевах пшеницы и кукурузы отменяют обработку против пьявицы, если численность жуков не превышает 8–10 экз/ $\text{м}^2$ , а соотношение их с хищными клопами Nabidae составляет 2:1. На посевах гороха не проводят борьбу с тлями, если поврежденность растения равна 1–2 баллам, а соотношение тлей с тлевыми коровками и личинками златогазки составляет 25–30:1. Отменяют также защитные меры, если 80 % тлей поражено энтомофторозом. На посевах сахарной свеклы отменяют об-

работки против листовой свекловичной тли, если встречается 10 тлевых коровок и мух-сирфид на растение. Борьбу с обыкновенным паутинным клещом не проводят, если соотношение численности его и клещеядного трипса составляет 3:1. На капусте обработки против белянки отменяют при численности до 20–25 гусениц на 1 м<sup>2</sup> и зараженности паразитами 50 % особей вредителя и более. В защищенном грунте защиту огурцов от обыкновенного паутинного клеща не проводят при соотношении его численности с хищным клещом фитосейулюсом 80:1. Защиту зеленных культур от тлей в теплицах не проводят, если соотношение их численности с личинками златоглазки составляет 50:1. В плодовых садах отменяют обработки против красного плодового клеща при заселенности 5–10 экземпляров на лист и встречаемости одного хищного клеща метасейулюса на лист.

Таблица 4. Экономические пороги вредоносности по вредителям, болезням и сорнякам в посевах озимых зерновых культур

Вредные объекты	Единица измерения	Пшеница озимая	Рожь озимая
<b>Вредители</b>			
Озимая совка (личинка)	шт/м <sup>2</sup>	2–3	2–3
Щелкун (личинка): на минеральных почвах	шт/м <sup>2</sup>	5–10	5–10
торфяных почвах	шт/м <sup>2</sup>	20	20
Злаковые мухи (имаго)	шт. на 100 взмахов	40–50	40–50
Хлебный пилильщик (имаго)	шт. на 100 взмахов	40–50	–
Пьявица (личинка)	шт. на стебле	1–1,5	–
Злаковые тли (личинка и имаго) при 50%-ном заселении	шт. на колосе	5–10	–
Пшеничный трипс (личинки)	шт. на колосе	40–50	–
<b>Болезни</b>			
Снежная плесень (поражено растений)	%	20	–
Бурая ржавчина (развитие болезни)	%	5	1
Желтая ржавчина (развитие болезни)	%	5	–
Стеблевая ржавчина (развитие болезни)	%	5	–
Мучнистая роса (развитие болезни)	%	5	5
Септориоз (развитие болезни)	%	5	–
Фузариоз колоса (развитие болезни)	%	5	–
Сорняки	шт/м <sup>2</sup>	20	56,6

Таблица 5. Экономические пороги вредоносности по вредителям, болезням и сорнякам в посевах яровых зерновых культур

Вредные объекты	Единица измерения	Пшеница яровая	Ячмень	Овес
<b>Вредители</b>				
Щелкун (личинка): на минеральных почвах	шт/м <sup>2</sup>	5–10	5–10	–
торфяных почвах	шт/м <sup>2</sup>	20	20	–
Злаковые мухи (имаго)	шт. на 100 взмахов	30–50	40–50	40–70
Хлебный пилильщик (имаго)	шт. на 100 взмахов	40–50	–	–
Пьявица (личинка)	шт. на стебле	1–1,5	0,5–1	0,5–1
Злаковые тли (личинка и имаго) при 50%-ном заселении	шт. на колосе	5–10	5–10	10–30
Пшеничный трипс (личинки)	шт. на колосе	40–50	–	–
<b>Болезни</b>				
Бурая ржавчина (развитие болезни)	%	5	–	–
Желтая ржавчина (развитие болезни)	%	5	–	–
Стеблевая ржавчина (развитие болезни)	%	5	15	–
Корончатая ржавчина (развитие болезни)	%	–	–	5
Красно-бурая пятнистость (развитие болезни)	%			5
Мучнистая роса (развитие болезни)	%	5	5	5
Септориоз (развитие болезни)	%	5		
Сорняки	шт/м <sup>2</sup>	14–16	30–50	33

Таблица 6. Экономические пороги вредоносности по вредителям, болезням и сорнякам в посевах картофеля

Вредные объекты	Фазы развития растения	ЭПВ
1	2	3
Колорадский жук: перезимовавшие жуки	Всходы (высота растений – 15–25 см)	Заселенность жуками 5 % кустов
личинки	Бутонизация – начало цветения	Заселенность личинками 10–15 % кустов, 20 личинок на куст
Озимая совка	Всходы	5–10 гусениц на 1 м <sup>2</sup> или поврежденные 10 % кустов
Проволочники, ложно-проволочники, хрущи	До всходов	5 личинок на 1 м <sup>2</sup>
Фитофтороз	В течение вегетации	Ранние сорта: 10–20 % поражения. Среднеспелые сорта: 20–30 % поражения. Поздние сорта: 30–35 % поражения
	То же	Появление первых пятен на листьях или попадание конидий в споролыушки
	Через 3 мес после уборки	2–3 % пораженных клубней

1	2	3
Альтернариоз	В течение вегетации	1–2 % зараженной ботвы
Ризоктониоз	Семенной материал	3–10 % больных клубней 25 % клубней со склероциями до 50 % поверхности клубня
	Цветение	15 % поражения
Фомоз	Через 3 мес после уборки	2–3 % больных клубней
Черная ножка	Цветение	1–2 % поражения
Марь белая	В течение вегетации	4 шт/м <sup>2</sup>
Просо куриное	То же	8 шт/м <sup>2</sup>
Комплекс сорняков (марь белая, просо куриное, редька дикая)	»	4 шт/м <sup>2</sup>

Таблица 7. Экономические пороги вредоносности некоторых вредных объектов рапса

Вредители	Фазы развития культуры	Экономические пороги вредоносности
Крестоцветные блошки	Всходы	4–6 жуков/м <sup>2</sup>
Рапсовый пилильщик	3–4 листа	Заселено 10 растений при наличии 1–2 ложногусениц на растении
Рапсовый цветоед	Бутонизация	3 жука на растении при 10%-ном заселении

Таблица 8. Экономические пороги вредоносности некоторых вредителей зернобобовых культур

Вредители	Фазы развития культуры	Экономические пороги вредоносности
Клубеньковые долгоносики	Всходы (2–3 настоящих листа)	10–15 жуков/м <sup>2</sup>
Гороховая тля	От начала бутонизации	15–20 % растений с 1–2 баллами заселения (колонии тлей покрывают 5–25 % листовой поверхности) или 30–50 тлей на 10 взмахов сачком
Плодожорка	Бутонизация	6–7 бабочек на 1 феромонную ловушку

Таблица 9. Экономические пороги вредоносности некоторых вредителей клевера

Вредители	Фазы развития культуры	Экономические пороги вредоносности
Клубеньковые долгоносики	Всходы – отрастание клевера	3–5 жуков на 100 взмахов сачком или 5–8 жуков на 1 м <sup>2</sup>
Клеверные семяеды	Бутонизация (без подкашивания)	18 особей на 1 м <sup>2</sup>
	На 2-м укосе после отрастания	30 жуков на 1 м <sup>2</sup>
Тля	На 2-м укосе после отрастания	30–50 особей на 100 взмахов сачком

**Таблица 10. Экономические пороги вредоносности тимфеечных мух на многолетних злаковых травах**

Вредители	Фаза развития культуры	Экономические пороги вредоносности
Тимфеечные мухи	Конец кущения – начало стеблевания тимфеевки луговой	30 мух на 100 взмахов энтомологическим сачком

**Таблица 11. Экономические пороги вредоносности по вредителям, болезням и сорнякам в посевах свеклы**

Наименования вредных объектов	Единица измерения	Показатели
Свекловичная блошка	шт/м <sup>2</sup>	8 и более
Матовый мертвец	шт/м <sup>2</sup>	2 и более
Свекловичная минирующая муха в фазе семядолей – 4 пары настоящих листьев	шт/растение	3–4 личинки или 6–8 яиц
Она же в фазе 6 пар настоящих листьев	шт/растение	Более 12 яиц
Она же в фазе 8 пар настоящих листьев	шт/растение	Более 22 яиц или 6–10 личинок
Свекловичная тля	%	5%-ное заселение – краевые, 15%-ное заселение – сплошные обработки
Листогрызущие совки	шт/м <sup>2</sup>	10 яиц
Подгрызающие совки	шт/м <sup>2</sup>	12 гусениц
Луговой мотылек	шт/м <sup>2</sup>	Первое поколение – 5; второе – 6–10

**Таблица 12. Экономические пороги вредоносности по вредителям и сорнякам в посевах льна-долгунца**

Наименования вредных объектов	ЭПВ
Льняная блоха (имаго)	20 шт/м <sup>2</sup> (в пасмурную, холодную погоду); 10 шт/м <sup>2</sup> (в сухую, жаркую погоду)
Льняная плодоярка (личинка)	5–8 шт/м <sup>2</sup> при 10%-ной заселенности растений
Льняной трипс (имаго, личинка)	5–8 трипсов/растение
Совка-гамма (личинка)	3–5 гусениц/м <sup>2</sup>
Луговой мотылек (личинка)	5 гусениц/м <sup>2</sup>
Сорняки	6–15 шт/м <sup>2</sup>

**Таблица 13. Экономические пороги вредоносности по вредителям и сорнякам в посевах кукурузы**

Наименования вредных объектов	Единица измерения	Показатель
Щелкун (личинка) на минеральных почвах	шт/м <sup>2</sup>	5–10
Сорняки (однолетние двудольные и злаковые)	экз/м <sup>2</sup>	3 и более

Таким образом, установление целесообразности проведения защитных работ должно проводиться на основе ЭПВ в рамках уравнения со многими неизвестными, исходя из частной, конкретно взятой ситуации в производстве.

**Сигнализация в защите растений.** Для экстренного оповещения хозяйств о рекомендуемых сроках проведения защитных мер против конкретного вредного вида или комплекса видов, о сложившихся в данном сезоне экономических порогах вредоносности Государственной службой защиты растений проводится сигнализация. Сигнализация сроков проведения мероприятий по защите растений практически необходима в борьбе со всеми видами вредителей и болезней. Она основывается на фенологических прогнозах, прогнозах вредоносности и результатах текущих учетов и наблюдений за состоянием посевов и вредных видов.

Далее хозяйствам предстоит определить, какие поля и насаждения подлежат обработке. Для этого необходимо выявить фактическую заселенность каждого посева (насаждения) вредным видом и степень распространения в нем его энтомофагов и патогенов. Защитные меры проводятся с учетом рекомендованных экономических порогов вредоносности, а выявление энтомофагов и патогенов вредителей нередко представляет возможность воздержаться от обработок даже тех посевов, где уровень заселенности вредным видом выше порогового.

### 3.11. Эффективность применения пестицидов

Эффективность пестицидов – это конечный результат их применения в борьбе с вредными организмами. Различают биологическую, хозяйственную и экономическую эффективность применения пестицидов.

*Биологическая эффективность* определяется процентом гибели вредных организмов, уменьшением поврежденности и пораженности растений. Обычно ее рассчитывают по формуле Эббота:

$$\mathcal{E} = \frac{A - B}{A} 100,$$

где  $\mathcal{E}$  – биологическая эффективность, %;

$A$  – численность вредных организмов, поврежденность или пораженность растений до применения пестицида или на делянках без обработки (в контроле);

$B$  – то же после применения пестицида (через соответствующее время).

Эта формула достаточно проста и универсальна. Она пригодна для определения биологической эффективности борьбы против большинства вредных насекомых и сорных растений. В случае когда число вредителей на обработанной площади увеличивается, степень результативности  $C$  определяют так:

$$C = \frac{P_1 \pm P_{\text{ск}}}{100 \pm P_{\text{ск}}} 100,$$

где  $P_1$  – разность между числом живых особей до и после обработки посевов;

$P_{\text{ск}}$  – изменение популяции в контроле (на участке, не подвергнувшемся обработке).

На биологическую эффективность пестицида влияют содержание и токсичность действующего вещества, концентрация рабочих составов и норма их расхода, дисперсность распыла, степень покрытия препаратом обрабатываемой поверхности, своевременность проведения мероприятий, биологическое состояние популяции, метеорологические условия, особенности защищаемых растений и агротехники их возделывания.

Многообразие изменчивых факторов, от которых зависит уровень биологической эффективности, свидетельствует о том, что каждый раз для конкретных условий применения пестицидов будет свой уровень гибели вредных организмов. Таким образом, для полевых условий нельзя определить постоянную биологическую эффективность пестицида.

Хозяйственная эффективность определяется прибавкой урожая, полученной в результате применения пестицидов, с учетом улучшения его качества. Чаще всего она выражается в весовых единицах (кг, ц, т). Она должна находиться в прямой зависимости от биологической эффективности, хотя не всегда это достигается.

Экономическую эффективность устанавливают в денежном выражении путем сопоставления стоимости дополнительно полученной от защитных работ продукции и затрат на их проведение. Для анализа экономической эффективности используют такие показатели: величина сохраненного урожая в результате применения пестицидов; стоимость сохраненного урожая с учетом увеличения его качества; затраты на проведение защитных мероприятий (стоимость пестицидов + стоимость их внесения); чистый доход, составляющий разницу стоимости сохраненного урожая и затрат на защиту растений; рентабельность применения средств защиты растений.

Существуют два подхода к оценке экономической эффективности.

1. *Экономический подход* является основным методом и применяется при наличии данных по величине прибавки урожая, полученной от защитных работ. Пример расчета представлен в табл. 14.

Таблица 14. Экономическая эффективность применения регулятора роста Экосил, 50 г/л ВЭ на яровой пшенице

Препарат и его норма расхода	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, руб/га	Всего дополнительных затрат, руб/га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, руб.	Условный чистый доход, руб/га	Окупаемость дополнительных затрат, руб/руб.
Экосил, 50 г/л ВЭ 200 мл/га	24,9	4,8	85860	41219	8641	44641	2,083

При расчете стоимости дополнительной продукции учитывают реальную рыночную цену на продукцию. При расчете дополнительных затрат необходимо суммировать фактические затраты на закупку и транспортировку пестицидов, на их внесение, амортизационные и накладные расходы в расчете на единицу площади (как правило, на 1 га). Окупаемость может выражаться как в условных единицах (руб/руб.), так и в процентах.

2. *Хозяйственно-экономический подход* является условным критерием оценки и используется для предварительных расчетов при неустановленной величине прибавки урожая. Сущность данного метода заключается в определении величины урожая, которой будут окупаться затраты на проведение мер по защите растений. Расчеты производят посредством сопоставления затрат на защиту растений с ценой на продукцию по следующей формуле:

$$Y_0 = \frac{З}{Ц},$$

где  $Y_0$  – расчетная величина урожая, необходимая для окупаемости затрат на защиту растений, ц/га;

З – затраты на защитные мероприятия или комплексы по защите растений, руб/га;

Ц – закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию, руб/ц.

Пример расчета представлен в табл. 15.

Таблица 15. Расчет эффективности применения химических средств защиты растений

Наименование препарата	Норма расхода	Цена препарата, у. е/л	Заграты на закупку препарата	Заграты на обработку (амортизация, ГСМ, зарплата, накладные расходы)	Всего затрат	Норма высева	Стоимость продукции, у. е/т	Объем продукции, необходимой для окулаемости затрат на обработку, т/га
Протравитель семян Витавакс 200 ФФ, 34 % в.с.к.	2,5 л/т	9,00	22,5 у. е/т	0,5 у. е/т	23,0 у. е/т	0,25 т/га	90	0,064
Гербицид для опрыскивания посевов Агритокс, 500 г/л в.к.	1,3 л/га	4,00	5,2 у. е/га	2,5 у. е/га	7,7 у. е/га	–	90	0,086

### 3.12. Понятие экологического, биологического и фитосанитарного мониторингов

По современным представлениям, экосистема как основная структурная единица биосферы – это взаимосвязанная единая функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания или уравновешенное сообщество живых организмов и окружающей неживой среды. В этом определении подчеркнута наличие взаимоотношений, взаимозависимости, причинно-следственных связей между биологическим сообществом и абиотической средой, объединение их в функциональное целое. Масштабы экосистем различны: микросистемы (например, болотная кочка, дерево, покрытый мхом камень или пень, горшок с цветком и т. п.), мезоэкосистемы (озеро, болото, песчаная дюна, лес, луг и т. п.), макроэкосистемы (континент, океан и т. п.).

Биосфера – это экосистема высшего ранга, включающая тропосферу, гидросферу и верхнюю часть литосферы в пределах области существования жизни. Прежде всего выделяют экосистемы наземные и водные. Для наземных экосистем установлена следующая иерархия: биосфера – экосистема суши – климатический пояс – биоклиматическая область – природная ландшафтная зона – природный (ландшафтный) округ – природный (ландшафтный) район – природный (ландшафтный) подрайон – биогеоценоотический комплекс – экосистема.

Агроэкосистемы как разновидность видоизмененных человеком экосистем получают дополнительную энергию в виде обработки почвы, внесения удобрений, поливных вод, пестицидов и мелиорации, что существенно преобразует почвы, изменяет видовой состав, структуру флоры и фауны. Дотации энергии новым агроэкосистемам, возможности мелиорации природных экосистем должны основываться на нормах соотношения пашни, лугов, леса и вод в соответствии с почвенно-климатическими и хозяйственными условиями, а также на законах, правилах и принципах экологии.

Рост антропогенной нагрузки на экосистемы сопровождается загрязнением окружающей среды поллютантами (веществами антропогенного происхождения, загрязняющими окружающую среду), ксенобиотиками (веществами, синтезированными человеком и не встречающимися в естественной природной среде).

Применение химических средств защиты растений является одним из важных источников загрязнения окружающей среды. В частности, в области сельскохозяйственного производства пестициды являются одной из основных групп загрязнителей. Широко известен пример о практически геомасштабном обнаружении в биологических средах остаточных количеств инсектицида ДДТ, в том числе и в Беларуси, где его применение запрещено уже более 30 лет. По оценкам западных специалистов, во льдах Антарктиды, где данный препарат никогда не применялся, к настоящему времени накоплено 2300 т ДДТ и некоторых других препаратов из группы хлорорганических соединений. Цинк, марганец, медь, которые входят в состав некоторых пестицидов, являются тяжелыми металлами, и при многолетнем применении в одной местности, например, медьсодержащих препаратов может происходить накопление меди в биологических средах. Применяя пестициды следует помнить, что 20,8 % сельскохозяйственных угодий в нашей стране подверглось загрязнению цезием-137, большие массивы земель сельскохозяйственного пользования (около 453 тыс. га) загрязнены стронцием-90 с плотностью 0,3 Ки/км<sup>2</sup>.

Отличия пестицидов от других химических загрязнителей состоят в том, что они:

- 1) применяются преднамеренно, систематически и широкомасштабно, что предопределяет исключительно высокую вероятность контактирования с ними;
- 2) отличаются высокой биологической активностью;
- 3) характеризуются определенной стойкостью во внешней среде;

4) способны циркулировать в системах биогеоценозов между элементами биотической и абиотической среды (атмосфера, гидросфера, литосфера, биосфера) и передвигаться по пищевым цепям, как правило, с увеличением концентрации в последующих звеньях;

5) обладают кумулятивными свойствами даже при контакте с микроколичествами пестицидов.

В зависимости от особенностей пестицидов формы действия их в биосфере следующие:

1) локальное действие: а) непосредственно на вредные организмы; б) побочное – на другие организмы, почву, воду.

Эффективность локального действия пестицидов определяется дозой, формой, способами применения, избирательностью действия и скоростью распада;

2) последствие ближайшее (ландшафтно-региональное). По продолжительности и характеру воздействия оно различно в зависимости от рельефа, почвенных и климатических условий. Чем суше климат, больше засоленность почвы, ближе уровень грунтовых вод, тем больше вероятность сохранения и вторичного накопления стойких пестицидов и их метаболитов в почве, воде и биомассе;

3) последствие отдаленное (регионально-бассейновое). Оно характерно для весьма стойких препаратов, способных мигрировать в бассейны рек, по их поймам и террасам, в виде растворов, суспензий или в сорбированном состоянии с почвенными коллоидами. Миграции, перераспределение и аккумуляция в поймах, дельтах и эстуариях могут длиться 3–5 лет и более. В результате пестициды воздействуют на организмы в нижних течениях рек, дельтах, море;

4) последствие весьма отдаленное (глобальное) охватывает планету в целом и ее отдельные компоненты: океан, сушу и атмосферу. Оно связано с тем, что длительно сохраняющиеся пестициды в виде растворов, аэрозолей и суспензий переносятся воздушными, прибрежными и трансокеаническими течениями, штормами, циклонами, миграциями птиц, животных и человека; с движением транспорта и перевозками грузов, сырья, продовольствия; с испытанием ядерного и другого оружия и военными действиями.

Последствия загрязнения окружающей среды всем комплексом pollutants (в том числе и пестицидами) сказываются преобразованием экологической обстановки в глобальном масштабе. В связи с этим возникла необходимость в организации планомерного изучения и учета воздействия технического прогресса на биосферу в целях прогноза складывающихся тенденций и обоснования путей управления ими.

Методологической основой исследований в экологии является системный подход, на основе которого изучают свойства, многообразие связей между элементами экосистемы, их разнокачественность и соподчинение. Системный подход состоит из следующих этапов: определение состава экосистемы и объектов окружающей среды, которые оказывают воздействие на нее; определение совокупности внутренних связей и связей с окружающей средой. При этом нельзя забывать о том, что экосистемы находятся в состоянии динамического равновесия и способны противостоять изменениям природной среды.

В системном анализе используют различные методы. *Наблюдение* является одним из широко распространенных методов изучения экосистем без нарушения ее функционирования, даже если в исследованиях применяют какую-либо аппаратуру. Исследования, связанные с вмешательством в состав или структуру экосистемы (введение дополнительных факторов – внесение удобрений, химических средств борьбы с вредными видами, орошение, осушение и др.), называют *экспериментами*. Наблюдаемые факторы проверяют на математических моделях. Часто применяют и *биологические модели* – экосистемы из организмов, создаваемых в лабораториях. Это промежуточный этап между природными экосистемами и математическими моделями. *Моделирование* – это основа научного анализа системной экологии. Процесс перевода физических, биохимических, биологических представлений об экосистемах в ряд зависимостей и операции над полученной математической системой называют *системным анализом*. Моделирование природных процессов – это метод анализа результатов исследований экологических проблем путем упрощения сложных экосистем, применения математических методов, кибернетики, ЭВМ. В экологии часто применяют колориметрические, хроматографические, спектрометрические, изотопные методы исследований.

Совокупность методов изучения экологической обстановки, выявления ее изменений и путей ее рациональной оптимизации получила название экологического мониторинга.

В зависимости от масштабов экологический мониторинг включает звенья разного уровня: *глобальный (биосферный)*; *национальный*, осуществляемый в пределах государства; *региональный (геосистемный)* – в пределах отдельных крупных районов; *локальный*, действующий в пределах населенных пунктов, промышленных центров, предприятий.

Изменение состояния окружающей среды под воздействием человека является причиной изменения состояния экосистем, а в последую-

щем – состояния живых организмов в данной экосистеме. Таким образом, было разработано важное направление экологического мониторинга – *биологический мониторинг*, основанный на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды. На основании исследований в данном направлении появилась возможность оценки качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию ее биоты в природных условиях, получившая название *биоиндикация*. Основная цель биоиндикации – оценка токсической обстановки внешней среды путем изучения реакции живых организмов на воздействие химических веществ. Группы особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде, называют биоиндикаторами. В настоящее время научно-исследовательские учреждения устанавливают возможность биоиндикации по состоянию определенных групп организмов, разрабатываются списки биоиндикаторов для различных видов загрязняющих веществ. Результаты данной работы легли в основу *биотестирования* – оценки состояния и качества объектов окружающей среды в лабораторных условиях с использованием живых организмов (тест-организмов). Важной группой организмов для биоиндикации и биотестирования является группа *стенобионтов* (от греч. *stenos* – узкий и *bios* – жизнь) – организмов, способных существовать лишь в строго определенных условиях окружающей среды и не переносящих их изменений. Характеристикой организма биоиндикатора является чувствительность биоиндикатора – степень реакции на оказываемое на него воздействие со стороны какого-то вещества, физического или биологического фактора либо со стороны окружающей его среды в целом.

Применительно к агроэкосистемам следует особо выделить и подчеркнуть значимость разновидности биомониторинга – *полевого биомониторинга* – наблюдения за состоянием биоты (живых организмов) агроэкосистемы. В качестве биоиндикаторов здесь, в зависимости от контролируемого поллютанта, могут быть избраны определенные виды микроорганизмов, дождевые черви, пыльца растений и др. Наиболее распространено в биоиндикации и биотестировании использование дождевых червей путем контактного биотеста, в котором определяется их смертность при 48-часовой экспозиции.

Говоря непосредственно о пестицидах, основываясь на результатах биотестирования, возможна оценка их экологической безопасности. Критерием для оценки экологической безопасности пестицидов может

служить *коэффициент безопасности Круглова*, рассчитываемый по следующей формуле:

$$K_6 = \frac{iK_{50}}{П_K},$$

где  $K_6$  – коэффициент безопасности;

$iK_{50}$  – концентрация пестицида, снижающая численность микроорганизмов на 50 %;

$П_K$  – производственная концентрация препарата.

В случае если  $K_6 < 1$ , то это сильный ингибитор;

от 1 до 10 – умеренный;

от 10 до 100 – слабый;

>100 – препарат не токсичен для микроорганизмов.

Для ряда загрязняющих веществ, и особенно для стойких, обладающих кумулятивными свойствами поллютантов, передающихся по пищевым цепям, важным элементом биомониторинга являются биокумулятивные исследования – изучение накопления загрязняющих веществ в определенных объектах экосистемы. Например, при проведении биокумулятивных исследований было установлено, что содержание хлорорганических соединений в тканях дождевых червей повышено в течение 2–18 лет на полях, на которых применялись препараты данного типа по сравнению с участками, где вносились препараты из других химических групп.

Следует отметить, что, с точки зрения экологии, все вредные объекты являются неотъемлемыми компонентами экологических систем. Соответственно, они являются объектами экологического мониторинга, вернее его части, получившей название «фитосанитарный мониторинг». В значительной степени фитосанитарный мониторинг является составляющей частью фитосанитарного контроля в области учетов и наблюдений, однако цели и задачи последнего несколько шире и иные, поскольку предусматривают помимо учетов и наблюдений еще и контроль их численности. В силу высокой значимости для сельскохозяйственной деятельности контроля численности вредных для сельскохозяйственных растений объектов фитосанитарный мониторинг является одной из наиболее развитых ветвей экологического мониторинга.

При современных масштабах применения химических средств защиты растений и удобрений фитосанитарная диагностика является важнейшим разделом экологического мониторинга. Она включает сбор необходимой информации, ее обработку, принятие решений и

пути их реализации. В XX в. была создана специальная организация – Европейская организация защиты растений (ЕОЗР), содействующая использованию передового опыта в сфере защиты растений, в том числе в области фитосанитарной диагностики и прогноза состояния фитосанитарной обстановки.

### **3.13. Фитосанитарная диагностика посевов сельскохозяйственных культур**

На современном этапе развития фитосанитарный контроль и прогноз являются неотъемлемой частью планирования сельскохозяйственного производства. Мероприятия по защите растений должны планироваться на основе прогнозов распространения и экономического значения вредителей, болезней и сорняков. Экономически фитосанитарный контроль и прогноз оправдывают себя, позволяя снижать пестицидную нагрузку на экосистемы и комплексные материальные затраты по защите растений.

Экологическое положение в мире, ряд экономических, социально-психологических факторов требуют минимализации применения химических средств защиты растений.

При современном развитии альтернативных методов защиты (биологический, автоцидный, селекционно-семеноводческий, агротехнический, организационно-хозяйственный, физико-механический) отказ от применения химических средств защиты растений чреват для нашей страны потерей до 35 % потенциально возможного урожая. Выводом из вышесказанного является решение вопроса рационализации и минимизации применения пестицидов.

К основным фитосанитарным показателям, характеризующим фитосанитарную обстановку относят:

- по *вредным насекомым*: плотность популяции, встречаемость, средневзвешенная плотность популяции в хозяйстве (в районе, % поврежденных растений);

- по *болезням*: распространенность болезни, развитие болезни, средневзвешенное распространение болезни в хозяйстве (в районе), средневзвешенное развитие болезни в хозяйстве (в районе);

- по *сорным растениям*: численность или плотность особей (стеблей) растений, встречаемость сорняков.

Решение данного вопроса базируется на анализе информации, отражающей:

- состояние вредных организмов (данный критерий характеризуется показателями встречаемости, плотности популяции вредителей, развитием и распространением болезней, видовым составом и плотностью сорного ценоза, стадиями развития вредных объектов и т. д.);

- состояние защищаемых растений (чаще всего это этап онтогенеза, потенциальная продуктивность агроценоза);

- изменения фаз динамики популяций вредных организмов, темпы прогрессирования заболеваний, роста и развития культурных и сорных растений и т. д.;

- учет состояния популяции энтомофагов, агроклиматических показателей текущего, а нередко и прошедших сезонов и т. п.

Данная информация получила название фитосанитарной информации, процесс ее получения – фитосанитарный контроль (фитосанитарный мониторинг, фитосанитарная диагностика посевов).

Фитосанитарный контроль, или фитосанитарный мониторинг, широко используют при изучении и непосредственном сборе и анализе вышеперечисленной информации для установления целесообразности проведения тех или иных мер защиты растений.

Систематический сбор и ежегодное накопление фитосанитарной информации, начатые на территории бывшего СССР, фактически с началом создания ВИЗР позволили приобрести богатый опыт в данной сфере. Это явилось предпосылкой к разработке прогноза в защите растений, под которым понимают предвидение будущей фитосанитарной обстановки. Возникновение достаточно достоверных прогнозов по ряду вредных организмов коренным образом изменило стратегию и тактику защиты растений. Вместо спонтанности защита растений обрела объективные предпосылки для перехода на профилактический уровень.

Следовательно, на современном этапе фитосанитарный контроль является неотъемлемой частью планирования сельскохозяйственного производства. Мероприятия по защите растений планируют на основе прогнозов распространения и экономического значения вредителей, болезней и сорняков. При организации работ, выборе сроков и места их проведения исходят из прогнозов вредоносности конкретных видов. Экономически фитосанитарный контроль и прогноз оправдывают себя, позволяя снижать пестицидную нагрузку на экосистемы на 10–12 %, а комплексные материальные затраты по защите растений – до 30 %.

В результате мониторинга специалист получает точную информацию о состоянии растений по фенофазам развития, о численности вредителей и их угрозе для посева, пораженности возбудителями болез-

ней и поврежденности вредителями, засоренности на уровне видового состава сорных растений и принимает решение о целесообразности проведения того или иного приема. Для этого необходимо иметь агрохимический анализ почвы, сведения о предшественнике и его фитосанитарном состоянии, о сроках и качестве основной обработки почвы, сроках и нормах высева семян, их всхожести, глубине заделки, густоте и равномерности распределения растений на 1 га.

Сбор информации о систематических сведениях появления и развития вредителей болезней и сорняков, их распространении и вредоносности является основой планирования и проведения защитных мероприятий.

Схемы учетов и наблюдений за вредными организмами в посевах сельскохозяйственных культур представлены в табл. 16.

Таблица 16. Схема учетов и наблюдений в посевах сельскохозяйственных культур

Фаза развития	Методы учета	Объекты учета и наблюдений	Единица учета
1	2	3	4
<b>Озимые зерновые культуры (озимая рожь, пшеница, тритикале)</b>			
1–2 листа (осенью)	Энтомологический сачок	Шведские мухи, цикадки	Численность особей на 100 взмахов сачком
3–4 листа (осенью)	Учетные рамки (50×50) по диагонали поля	Сорные растения (видовой состав и численность)	шт/м <sup>2</sup>
Кущение (осенью и весной)	Отбор проб по 10 растений в 20 местах (шкала учета)	Снежная плесень, корневые гнили, ринхоспориоз, мучнистая роса	Распространенность и развитие болезни, %
Трубкавание	Осмотр растений	Пьявица, большая злаковая тля, злаковые трипсы, листовые пилильщики	Численность особей на стебле
	Растительные пробы	То же	Поврежденность стеблей, %
Раскрытие последнего листа – колошение	Осмотр 3 верхних листьев у 10 растений в 20 местах (шкала учета)	Ринхоспориоз, мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз	Распространенность и развитие болезни, %
		Пьявица, большая злаковая тля, злаковые трипсы, листовые пилильщики	Численность особей на стебле. Поврежденность растений, %
Формирование зерна – молочная спелость	Осмотр 200 колосьев (шкала учета)	Фузариоз, септориоз, мучнистая роса	Распространенность и развитие болезни, %

1	2	3	4
<b>Яровые зерновые культуры (яровая пшеница, ячмень, овес)</b>			
После уборки предшественника	Учетные рамки (50×50) по диагонали поля	Многолетние сорняки: пырей, осот, бодяк	шт/м <sup>2</sup>
1–2 листа (всходы)	Осмотр растений	Черемухово-злаковая тля	Особей на растении
3–4 листа	Учетные рамки (50×50) по диагонали поля	Определение видового состава и численности сорняков	шт/м <sup>2</sup>
	Энтомологический сачок	Шведские мухи, злаковый минер, пьявица	Численность особей на 100 взмахов сачком
	Осмотр растений	Черемухово-злаковая тля	Особей на стебле
		Минирующие мухи, листовые пилильщики	Заселенность листьев, %
	Проволочники	Повреждаемость растений, %	
Кущение	Отбор проб в 20 местах по 10 растений (шкала учета)	Корневые гнили	Распространенность и развитие болезни, %
Стеблевание (1–2 узла)	Отбор проб в 20 местах по 10 растений (шкала учета)	Ринхоспориоз, мучнистая роса, сетчатая пятнистость, септориоз, церкоспореллез	Пораженность листьев, стебля, развитие болезни, %
	Осмотр растений	Черемухово-злаковая тля, большая злаковая тля, пьявица, листовые пилильщики	Численность особей на стебле
	Растительные пробы	Злаковые трипсы, шведские мухи, минирующие мухи, листовые пилильщики, пьявица	Численность особей на стебле. Поврежденность стеблей и листьев, %
Флаг-лист – колошение	Осмотр второго сверху листа у 10 растений в 10 местах (шкала учета)	Мучнистая роса, сетчатая пятнистость ячменя	Распространенность и развитие болезни, %
	Осмотр трех верхних листьев у 10 растений в 20 местах (шкала учета)	Ринхоспориоз, септориоз, красно-бурая пятнистость	

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
Колошение	Осмотр растений	Большая злаковая тля, злаковый минер	Численность особей на стебле
	Растительные пробы	Пьявица, листовые пилильщики, злаковые трипсы	Поврежденность листьев. Численность особей на стебле
	Энтомологический сачок	Шведские мухи, злаковый минер, пьявица, злаковые трипсы	Численность особей на 100 взмахов сачком
Созревание	Осмотр растений	Большая злаковая тля	Особей на стебле
Созревание (молочно-восковая спелость)	Осмотр 200 колосьев (шкала учета)	Фузариоз, септориоз, мучнистая роса	Распространенность, развитие болезни, %
	Осмотр растений	Большая злаковая тля	Особей на стебле
	Энтомологический сачок	Шведские мухи, злаковый минер, пьявица, злаковые трипсы	Численность особей на 100 взмахов сачком
	Растительные пробы	Шведские мухи, злаковый минер, пьявица, листовые пилильщики	Поврежденность зерен, % . Поврежденность флагового листа, %
	Отбор проб в 20 местах по 10 растений (шкала учета)	Корневые гнили	Распространенность и развитие болезни, %
После уборки	Почвенные пробы	Проволочник	Особей/м <sup>2</sup>
<b>Картофель</b>			
Апрель – май	Семенной картофель до посадки	Кольцевая, сухая, мокрая гнили, черная ножка, фомоз, обыкновенная, порошистая, серебристая парша, ризиктониоз, ооспороз, стеблевая нематода	Клубневой анализ. Отбирают образцы от каждой партии семенного картофеля до 10 т, 200 клубней из 10 мест. На каждые следующие 10 т добавляют по 50 клубней, взятых из 4 мест. Клубни промывают, осматривают поверхности и разрезают в продольном направлении, учитывают число поражений клубней по заболеваемости (%). Степень поражения поверхности клубней ризиктониозом и паршой обыкновенной учитывают по шкале

1	2	3	4
Сентябрь	Сразу после уборки	То же	То же
Апрель – май	Перед посадкой	Щелкуны, хрущи, подгрызающие совки	Почвенные пробы площадью 0,01 м <sup>2</sup> , отобранные буром диаметром 12 см, высотой 30 см, из расчета 2 пробы с каждого гектара
Май – июнь	При высоте растений 15–20 см	Черная ножка, ризиктониоз	Определяют число пораженных растений (%), осматривая по ступенчатой диагонали. Количество растений в зависимости от площади поля: до 10 га – 400 (20×20), до 15 га – 500 (25×25), более 15 га – по 2 пробы на каждые 5 га
		Колорадский жук	Осмотр 20–30 кустов для оценки степени заселенности участка и определения необходимого количества учетных кустов
Май – июль	Массовое цветение	Черная ножка, кольцевая гниль, грибные увядания, вирусные болезни, бурая бактериальная гниль	Определяют число пораженных растений
Июнь – июль	То же	Фитофтороз, альтернариоз, макроспориоз	Определяют число пораженных растений (%), степень поражения каждого учетного растения (по шкале), высчитывают процент развития болезни
<b>Сахарная (кормовая) свекла</b>			
После уборки предшественника и за 1–2 дня до всходов свеклы	Учет с помощью рамки (50×50) по диагонали поля	Сорные растения (видовой состав и численность)	шт/м <sup>2</sup>
До посева	Почвенные раскопки на глубину не менее 40 см	Личинки проволочника	шт/м <sup>2</sup>

1	2	3	4
Вилочка	Выкапывание по диагонали поля до 400 растений (50–60 пробных пучков по 2–6 растений в каждом)	Определение пораженности свеклы корнеедом	% и баллы
	Учет с помощью рамки (50×50) по диагонали поля	Сорные растения (видовой состав и численность)	шт/м <sup>2</sup>
Всходы – 2 настоящих листа	Учет с помощью рамки (50×50) по диагонали поля в слое почвы 0–8 см	Учет численности матового мертвоеда и свекловичной блошки	экз/м <sup>2</sup>
	Визуально по шкале учета	Определение степени поврежденности листьев вредителями всходов	%
1–3 пары настоящих листьев	Учет с помощью рамки (50×50) по диагонали поля	Сорные растения (видовой состав и численность)	экз/м <sup>2</sup>
В период вегетации	Учет в 10 точках по 10 растений по диагонали поля	Определение заселенности растений свекловичной тлей	%; балл заселения
		Определение численности свекловичной минирующей мухи	% заселения; численность яиц и личинок
В период вегетации	Учет в 10 точках по 10 растений по диагонали поля и в поверхностном слое почвы на площадках 50×50 см <sup>2</sup>	Определение численности совок и повреждаемости ими растений	экз/м <sup>2</sup> ; % поврежденных растений; степень повреждения листьев
10–20 листьев свеклы	В 10 точках по 10 растений по диагонали поля	Определение распространенности и развития пятнистостей (фомоз, церкоспороз, фомоз и др.)	% пораженных растений; % развития болезни
<b>Лен-долгунец</b>			
Начало всходов	Учет с помощью рамок размером 0,25 м <sup>2</sup> по 2 взаимно пересекающимся диагоналям или в шахматном порядке (20 площадок)	То же	Численность, экз/м <sup>2</sup>
Полные всходы	200 пробных растений (в 20 местах по 10–15 растений)	»	Поврежденность растений, %; степень поврежденности, баллов

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
Всходы «елочка» (до высоты растений 4–5 см)	200 пробных растений на участке (10–15 растений в 20 местах) по наибольшей диагонали или ломаной линии	Антракноз, кальциевый хлороз, фузариозное увядание, крапчатость	Пораженность растений, %; развитие болезни, %
Появление 3 пар настоящих листьев – период быстрого роста	200 пробных растений (в 10 местах по 20 растений) по диагонали поля	Льняной трипс	Численность экз/растение; поврежденность растений, %; степень поврежденности, баллов
Бутонизация – цветение	200 пробных растений на участке (10 растений в 20 местах) по наибольшей диагонали или ломаной линии	Пасмо, кальциевый хлороз, фузариозное увядание, антракноз	Пораженность растений, %; развитие болезни, %
	200 пробных растений (в 10 местах по 20 растений) по диагонали поля	Льняной трипс	Численность, экз/растение, %; поврежденность растений, %; степень поврежденности, баллов
Созревание коробочек	100 пробных растений на участке (в 10 местах по 10 растений)	Льняная плодоярка	Численность, экз/растение, %; поврежденность коробочек, %
Перед уборкой	200 пробных растений на участке (10 растений в 20 местах) по наибольшей диагонали или ломаной линии	Пасмо, кальциевый хлороз, антракноз, фузариозное увядание и др.	Пораженность растений, %; развитие болезни, %
	100 пробных растений на участке (в 10 местах по 10 растений)	Льняная плодоярка	Поврежденность коробочек (определяется по круглым отверстиям в коробочке), %
Период хранения семян на складах	Отбор пробы семян в бутылку вместимостью 0,25 л с последующим просевом через сито	Мучной клещ (в семенах)	Численность, экз/кг

1	2	3	4
<b>Озимый и яровой рапс</b>			
Начало вегетации после пере-зимовки	Отбор на участке 10 растений в 20 местах по диагонали поля	Определение поражения посевов озимого рапса снежной плесенью (тифулезом, склеротиниозом), фомозом, бактериозом	Балл поражения; % развития
Семядоли – первая пара настоящих листьев	Учет по 10 пробам по 0,25 м ряда на участке (считают количество здоровых, больных и погибших растений)	Определение пораженности посевов черной ножкой	Балл поражения; % развития
	Учет с помощью рамки (0,25 м <sup>2</sup> ) по диагонали поля	Определение численности крестоцветных блошек	экз/м <sup>2</sup>
Первая пара настоящих листьев – стебление	Отбор 100 пробных растений по диагонали поля	Определение численности ложногусениц рапсового пилильщика 1-го поколения	экз/растение; % заселенных растений
3–4 листа	Учет с помощью рамки (0,25 м <sup>2</sup> ) по диагонали поля (на поле до 50 га в 10 точках; от 50 до 100 га – в 15; свыше 100 га – в 20 точках)	Определение засоренности посевов сорняками	шт/м <sup>2</sup>
Стебление	Отбор 100 пробных растений по диагонали поля	Определение численности стеблевого капустного скрытнохоботника	экз/растение; % заселенных растений
Бутонизация	Отбор 100 пробных растений по диагонали поля	Определение численности рапсового цветоеда и стеблевого капустного скрытнохоботника	экз/растение; % заселенных растений
В течение вегетации	Отбор 200 пробных растений по диагонали поля	Определение пораженности растений пероноспорозом, альтернариозом, склеротиниозом, фомозом, серой гнилью и другими болезнями	Балл поражения; % развития
	Отбор 100 пробных растений по диагонали поля (200 стручков с пробных растений)	Определение численности стеблевого капустного скрытнохоботника и капустного комарика	% поврежденных стручков; экз. личинок в стручке

1	2	3	4
<b>Однолетние бобовые культуры (люпин узколистный, горох)</b>			
Осень	–	Многолетние двудольные и злаковые сорняки	Почвенные раскопки с помощью рамки (0,25 м <sup>2</sup> ) для планирования защитных мероприятий
Май	3–6 листьев	Имаго клубеньковых долгоносиков	Осмотр пробных площадок: 8–20 проб по 0,25 м <sup>2</sup>
		Корневые гнили	Учет распространенности и степени развития болезни: 10 проб по 10 растений на 10 га, 20–50 проб на 20–100 га
		Все виды сорняков	Учет видового состава и степени засорения на пробных площадках: 10–20 проб по 0,25 м <sup>2</sup>
		Ростковые мухи (личинка)	Осмотр пробных площадок: 8–20 проб по 0,25 м <sup>2</sup>

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
Июнь – июль	Бутонизация	Клубеньковые долгоносики (личинки)	Анализ корневой системы: 5–10 проб по 5 растений
		Гороховая тля	Учет численности: 20 проб по 5 растений
		Гороховая зерновка (имаго)	Выявление вредителя путем кошения сачком: 10 проб по 10 взмахов
		Гороховая плодожорка (имаго)	Учет интенсивности лета бабочек. Ежедневный просмотр 2 феромонных ловушек
Июль	Цветение	Гороховая тля	Учет численности: 20 проб по 5 растений
		Гороховая зерновка (имаго)	Выявление вредителя путем кошения сачком: 10 проб по 10 взмахов
Июль	Цветение	Мучнистая роса	Учет распространенности и степени развития болезни: анализ 20 проб по 5 растений
		Пероноспороз	
		Ржавчина	
		Аскохитоз	

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
Июль – август	Созревание бобов	Клубеньковые долгоносики (жуки нового поколения)	Учет численности для разработки долгосрочного прогноза. Осмотр пробных площадок: 8–20 проб по 0,25 м <sup>2</sup>
Июль – август	Созревание бобов	Гороховая плодожорка (личинки)	Анализ 50 проб по 10 бобов с целью организации борьбы в послуборочный период
		Гороховая зерновка (личинки)	
		Аскохитоз	Учет распространенности и степени развития болезни: анализ 50 проб по 10 бобов
После уборки	–	Гороховая плодожорка (личинки)	Определение зимующего запаса гусениц для разработки прогноза. Почвенные раскопки: 8–20 проб по 0,25 м <sup>2</sup> на глубину 10 см
		Гороховая зерновка	Определение зараженности семенного материала в контрольно-семенной инспекции

1	2	3	4
Конец сентября	–	Клубеньковые долгоносики	Определение зимующего запаса вредителя на посевах многолетних бобовых трав для разработки прогноза. Промывка почвенных проб: 8–20 проб по 0,125 м <sup>2</sup> на глубину 5 см
<b>Кукуруза</b>			
После уборки предшественника	Учет с помощью рамки (50×50) по диагонали поля	Сорные растения (видовой состав и численность)	шт/м <sup>2</sup>
До посева	Почвенные раскопки	Личинки шелкунов	шт/м <sup>2</sup>
3–5 листьев культуры	Учет с помощью рамки (50×50) по диагонали поля	Определение видового состава и численности сорняков	шт/м <sup>2</sup>
3–5 листьев культуры	Кошение энтомологическим сачком	Сигнализация сроков борьбы со шведской и ячменной минирующей мухами	шт/100 взмахов
<b>Многолетние бобовые культуры</b>			
Перед уборкой предшественника	Учет с помощью рамки (50×50 см) по диагонали участка	Определение засоренности многолетними и однолетними двудольными и злаковыми сорняками	шт/м <sup>2</sup> , стеблей/м <sup>2</sup>
2–3 настоящих листа у бобовых трав в год посева	Учет с помощью рамки (50×50 см) по диагонали участка	Определение видового состава и численности сорных растений	шт/м <sup>2</sup>
Начало отрастания	Почвенные раскопки	Определение плотности почвообитающих вредителей многолетних трав на 1 м <sup>2</sup>	%
	Учет с помощью рамки (50×50 см) по диагонали участка	Определение изреженности посева от рака	шт/м <sup>2</sup>
Ранневесеннее отрастание в год получения семян	Учет с помощью рамки (50×50 см) по диагонали участка или глазомерный	Определение видового состава и численности сорных растений	шт/м <sup>2</sup> , стеблей/м <sup>2</sup>

1	2	3	4
Отрастание – начало стеблевания	Кошение энтомологическим сачком	Определение начала выхода из мест зимовки вредителей многолетних трав	шт/100 взмахов энтомологическим сачком
Стеблевание – бутонизация клевера ползучего	Кошение энтомологическим сачком	Учет численности клеверного семяеда и других вредителей	шт/100 взмахов энтомологическим сачком или шт/м <sup>2</sup>
	Отбор зеленых головок и микроскопический анализ их	Определение начала откладки яиц самками желтоногого клеверного семяеда	–
Стеблевание – начало бутонизации клевера лугового	Кошение энтомологическим сачком	Учет численности клеверных семяедов и других вредителей	шт/100 взмахов энтомологическим сачком или шт/м <sup>2</sup>
	Отбор зеленых головок и микроскопический анализ их	Определение начала откладки яиц самками клеверного семяеда	–
	Визуальные наблюдения	Обнаружение первых признаков болезней (антракноз, аскохитоз, бурая пятнистость, мучнистая роса)	% распространения и развития болезни
Стеблевание – начало бутонизации клевера лугового	Кошение энтомологическим сачком	Учет численности клеверных семяедов и других вредителей на отрастающих посевах клевера	шт/100 взмахов энтомологическим сачком
	Отбор зеленых головок и микроскопический анализ их	Определение начала откладки яиц самками клеверного семяеда	–
<b>Многолетние злаковые травы</b>			
После уборки предшествующей культуры	Учет с помощью рамки (50×50 см) по диагонали участка	Определение засоренности многолетними двудольными и злаковыми сорняками	шт/м <sup>2</sup> , стеблей/м <sup>2</sup>
Перед посевом	Почвенные пробы буром диаметром 12 см, высотой 30 см, по 2 пробы с гектара	Определение наличия почвообитающих вредителей	Особей/м <sup>2</sup>
Весной в период вегетации	Учет с помощью рамки (50×50 см) по диагонали участка	Определение видового состава и численности сорняков	шт/м <sup>2</sup> , стеблей/м <sup>2</sup>

1	2	3	4
Конец кошения – выход в трубку тимфеевки луговой	Кошение энтомологическим сачком по 100 взмахов через 3–5 дн. Осмотр растений в 20 местах по 5 стеблей	Выявление и учет численности колосовых мух	Количество мух; количество яиц на стебель, % заселенных стеблей
Трубка мятлика лугового, костреца безостого, овсяницы луговой, райграса пастбищного	Отбор растительных проб в 20 местах по 5 стеблей и анализ их	Выявление и учет численности злаковых клещей, трипсов, клопов	Количество особей и яиц на стебель; % заселенных стеблей
Колошение (выметывание) овсяницы луговой, костреца безостого, райграса пастбищного	Визуальный учет, по 10 растений в 10 местах по диагонали поля	Проявление симптомов гельминтоспориоза (единичные пятна на нижних листьях)	% пораженных растений; балл поражения; развитие болезни, %
Выметывание – цветение костреца безостого	Кошение энтомологическим сачком по 100 взмахов через 3–5 дн. Отбор растительных проб в 20 местах по 5 стеблей и анализ их	Выявление и учет численности кострового комарика, костровых мух-семяеда, злаковых трипсов, определение заселенности ими растений	Количество мух на 100 взмахов сачком; особей на стебле; % заселенных стеблей
Колошение (выметывание) – цветение тимфеевки луговой, овсяницы луговой, мятлика лугового, райграса пастбищного, костреца безостого	Отбор растительных проб в 100 точках по 4–5 стеблей по диагонали поля и анализ их	Определение поврежденности тимфеевки колосовыми мухами, белоколосости злаковых трав	% и балл поврежденных растений; количество личинок мух на одном стебле

1	2	3	4
После уборки семенных посевов тимopheевки луговой, кострца безостого	Отбор растительных остатков и почвы на глубине 3–4 см в 20 местах по диагонали поля и анализ их	Определение зимующего запаса колосовых мух, кострового комарика, костровых мух-семеедов	экз/м <sup>2</sup>
<b>Семечковые насаждения</b>			
Зимний покой (А)	Златогузка, кистехвост обыкновенный, кольчатый шелкопряд, боярышница. Непарный шелкопряд, розанная и боярышниковая листовертка	Визуальный осмотр крон деревьев. Подсчет гнезд с гусеницами златогузки и боярышницы, кладок яиц кистехвоста обыкновенного и кольчатого шелкопряда. Визуальный осмотр штамбов деревьев. Определение числа кладок яиц	По 10 учетных деревьев с каждых 10–15 га
	Яблонная моль, плодовые клещи, яблонная медяница, запятовидная щитовка, ложнощитовка яблонная, зимняя пяденица, почковая, смородинная, всеядная, плодовая листовертка	Просмотр под биноклем учетных ветвей. Определение числа кладок яиц яблонной моли, яиц клещей, медяницы, запятовидной щитовки, зимней пяденицы, личинок ложнощитовки яблонной, гусениц листоверток	По 2–3 пробы 2–3-годовой древесины с каждых 10–15 га
	Тли	Просмотр под биноклем учетных ветвей. Подсчет яиц тлей	По 2 пробы 1, 2 и 3-годовой древесины с каждых 10–15 га
Набухание – распускание почек (В)	Яблонный цветоед	Стряхивание в сачок. Подсчет имаго	По 200 пог. см ветвей с 10 учетных деревьев
Зеленый конус (С, С <sub>3</sub> )	Ложнощитовка яблонная, златогузка, боярышница, чехликовая моль, грушевый трубноверт	Визуальный осмотр ветвей. Подсчет имаго грушевого трубноверта, личинок ложнощитовки яблонной, гусениц златогузки, боярышницы и чехликовой моли	То же
	Грушевый цветоед, тли, грушевая медяница	Визуальный осмотр почек. Подсчет личинок тлей, грушевой медяницы, поврежденных грушевым цветоедом	По 100 почек с 10 учетных деревьев

1	2	3	4
Зеленая почка (D), красная почка (E)	Зимняя пяденица, листовёртки, кисте-хвост обыкновенный	Визуальный осмотр ветвей. Под-счет гусениц	По 200 пог. см ветвей с 10 учетных деревьев
	Яблонная моль	Визуальный осмотр деревьев. Определение количества гнезд вредителя	По 10 учет-ных деревьев с 10–15 га
	Яблонная медяница	Визуальный осмотр цветочных розеток. Подсчет личинок	По 100 розет-ок с 10 учет-ных деревьев
Баллон (E <sub>2</sub> )	Плодовые клещи	Ежедекадно, начиная с периода порозовения бутонов, просмотр листьев под бинокляром. Под-счет личинок имаго	100 листьев (по 10 с 10 учетных деревьев) с каждых 10–15 га
Начало цветения (F)	Яблонная плодожорка	Один раз в 7 дней визуальный осмотр феромонных ловушек. Подсчет бабочек плодожорки	1 феромон-ная ловушка на 2 га сада
	Яблонный плодовой пилильщик, грушевый плодовой пилильщик	Стряхивание с деревьев на под-стилку имаго. Подсчет вредите-лей	10 учетных деревьев с 10–15 га сада
Конец цветения (G)	Яблонный цветоед	Визуальный осмотр бутонов, определение количества повре-жденных	По 100 бутон-ов (20 со-цветий) с 10 учетных деревьев
	Кольчатый шелкопряд	Визуальный осмотр кроны дере-вьев. Подсчет гусениц	По 10 учет-ных деревьев с каждых 10–15 га
	Грушевый галловый клещ, грушевый клоп	Ежедекадно просмотр листьев под бинокляром, определение количества поврежденных	100 листьев (по 10 с 10 учетных деревьев) с каждых 10–15 га сада
Опадание лепестков (H) – размер с лещину (I)	Яблонный плодовой пилильщик, грушевый плодовой пилильщик	Визуальный осмотр завязей. Определение числа поврежден-ных	По 100 пло-дов с 10 учетных деревьев
С фенофазы размер плода с грецкий орех (J)	Яблонная плодожорка, грушевая плодожорка, рябинная моль	Ежедневный визуальный осмотр плодов, подсчет поврежденных	По 100 пло-дов с 10 учетных деревьев

1	2	3	4
Рост плодов	Комплекс листогрызущих гусениц	Визуальный осмотр листьев, подсчет поврежденных	По 100 листьев с 10 учетных деревьев
	Тли	Ежедекадно визуальный осмотр побегов и розеток, определение числа колоний тлей	100 побегов, розеток (по 10 с 10 учетных деревьев) с каждых 10–15 га сада
	Минирующие моли	Ежедекадно визуальный осмотр листьев, подсчет мин	По 100 листьев с 10 учетных деревьев
<b>Косточковые насаждения</b>			
Набухание почек (В)	Акациевая и сливовая ложнощитовки	Визуальный осмотр ветвей в верхней части кроны. Подсчет личинок вредителей	По 200 пог. см ветвей с 10 учетных деревьев
Белая почка (Е)	Сливовая опыленная, вишневая тли	Каждые 10 дн. визуальный осмотр листьев. Определение количества тлей	100 листьев с 10 учетных деревьев
Цветение (F)	Черный и желтый сливовые пилильщики	Стряхивание с деревьев на подстилку имаго. Подсчет вредителей	По 10 учетных деревьев с 10–15 га сада
	Сливовая плодожорка	Каждые 7 дн. визуальный осмотр феромонных ловушек. Определение количества бабочек вредителя	1 феромонная ловушка на 2 га сада
	Вишневый слоник	Каждые 10 дн. визуальный осмотр почек, бутонов, плодов, подсчет поврежденных	100 органов с 10 учетных деревьев
Конец цветения (G)	Сливовый галловый и сливовый кармашковый клещи	Каждые 10 дн. визуальный осмотр молодых побегов и листьев, определение числа поврежденных	По 200 пог. см ветвей с 10 учетных деревьев
Образование завязи (H, I)	Черный и желтый сливовые пилильщики	Ежедекадно визуальный осмотр завязей, определение числа поврежденных	По 100 плодов с 10 учетных деревьев

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
Рост плодов (J)	Сливовая плодожорка	Ежедекадно визуальный осмотр плодов, подсчет поврежденных	По 100 плодов с 10 учетных деревьев
<b>Огурец</b>			
Появление всходов – начало образования боковых плетей	<p>Осмотр растений по диагонали участка для выявления очагов повреждения поверхности листьев (с интервалом в 7 дн.). Шкала учета поврежденности растений паутинным клещом, баллов: 0 – следы повреждения отсутствуют; 1 – повреждено до 25 % листьев; 2 – повреждено до 50 % листьев; 3 – повреждено до 75 % листьев (отдельные листья мраморные); 4 – повреждено до 100 % листьев (мраморность отмечается у половины листьев и более); 5 – повреждено все растение и на отдельных листьях следы питания клеща сливаются в сплошные белые пятна</p>	Обыкновенный паутинный клещ	Поврежденность листьев, %
	<p>Осмотр 50–100 растений, расположенных по диагонали участка, с определением возрастных фаз вредителя на листьях или учет средней численности вредителя на 50 листьях растений</p>	Тепличная белокрылка	Заселенность листьев, %

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
В период вегетации	<p>Обследование растений (с интервалом в 12–14 дн. в зимний и 7–10 дн. в весенне-летний периоды). По краям в центре очага на 5–10 площадках размером по 1 м<sup>2</sup> на всех растениях подсчитывают численность тлей. Для учета степени заселенности растений используют шкалу, балл: 0 – отсутствие вредителя; 1 – 1–10 % заселенных растений; 2 – 11–20 %; 3 – 21–40 %; 4 – 41–60 %; 5 – 61–80 %</p>	Тли	То же
	<p>Определение численности трипсов на 100 растениях или на 5 растениях в 20 местах. Шкала учета поврежденности растений, баллов: 0 – отсутствие повреждений; 1 – небольшие повреждения (не более 25 % листовой поверхности); 2 – значительные повреждения (до 50 % листьев); 3 – растения повреждены сильно (более 50 % листовой поверхности)</p>	Трипсы	Степень повреждения, %
	<p>Осмотр корневой системы растений с подсчетом численности личинок в среднем на 1 растение (проба – 20 учетных растений)</p>	Огуречный комарик	Заселенность растений, %; численность личинок, экз/растение

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
Цветение – сбор плодов	<p>Визуальный осмотр каждого второго листа или верхнего, среднего и нижнего ярусов 10–30 растений в 10 домиках теплицы. Шкала для определения степени поражения огурцов и бахчевых культур болезнями, баллов: 0 – отсутствие поражения; 1 – одно пятно; 2 – большое количество пятен (до 5 % площади листьев покрыто налетом); 3 – поражено 6–10 % листовой пластинки; 4 – 11–25 %; 5 – 26–50 %; 6 – 51–75 %; 7 – поражено 76–100 % листовой пластинки</p>	Настоящая и ложная мучнистая роса, бурая и оливковая пятнистость, листовая форма аскохитоза, антракноза, белой и серой гнилей	Развитие болезни, баллов
В период вегетации	<p>Шкала для определения степени поражения стеблевой формой аскохитоза и антракноза, баллов: 0 – поражение отсутствует; 1 – отдельные пятна до 10 мм на черешках листа, листовых следах (пеньках), на узлах стебля со спороношением или без него; 2 – отдельные бурые или серовато-желтые пятна вдоль стебля, на боковых побегах, черешках листьев со спороношением или без него, пятна не слившиеся, не более 30 мм в длину;</p>	Стеблевая форма антракноза и аскохитоза	Развитие болезни, баллов

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
В период вегетации	<p>3 – пятна размером 30–50 мм, распространяющиеся вдоль стебля или на боковых ветвях, черешках листьев, часто сливающиеся, со спороношением гриба;</p> <p>4 – на главном и боковых стеблях многочисленные продольные сливающиеся пятна сопровождаются растрескиванием ткани и выделением камеди; образуется перетяжка в результате кольцевого поражения стебля, поражены плоды</p>		То же
	<p>Шкала для определения степени поражения гнилями, баллов:</p> <p>0 – поражение отсутствует;</p> <p>1 – слабое поражение: появление отдельных мелких пятен размером до 2 см на стебле, в пазухах листа и на черешках;</p> <p>2 – среднее поражение: пятна окольцовывают стебель, пораженная ткань размягчается, при поражении белой гнилью покрывается белым войлочным налетом, площадь поражения не превышает 5 см;</p> <p>3 – сильное поражение: пораженные участки сливаются в сплошную полосу длиной более 10 см, на них и внутри пораженного стебля в массовом количестве образуются склероции или серый пушистый налет серой гнили; здоровая ткань растения увядает и засыхает, пораженные завязи и плоды загнивают</p>	Белая и серая гнили	»

Продолжение табл. 16

1	2	3	4
	Подсчет количества увядших и погибших растений в 10 домиках теплицы на 20 растениях	Фузариозное увядание, корневые гнили	Распространенность, 5 %
<b>Томаты</b>			
Вегетация	Намечают 20 учетных площадок (5 по периметру теплицы и по 5 с каждой стороны прохода) по 5 растений в каждой. На каждой учетной площадке отмечают количество заселенных растений. Подсчитывают общее количество листьев, на них – количество заселенных, степень повреждения листовой поверхности, среднюю численность личинок на 1 лист	Пасленовый минер	Заселенность растений, %
Техническая зрелость	Анализ 50–100 растений по диагонали теплицы. Шкала учета галлообразования на корнях растений, баллов: 0 – корни не имеют галлов; 1 – от единичных самок и галлов на отдельных корнях до поражения галлами 10 % корневой системы; 2 – поражено 11–35 % корневой системы; 3 – 36–70 %; 4 – 71–100 %; 5 – из-за сильного поражения галловыми нематодами корневая система полностью отмерла	Галловая нематода	Степень повреждения корневой системы, баллов

1	2	3	4
В период вегетации	<p>Осмотр (отбор) 10 листьев на 10 растениях. Шкала повреждения листовой поверхности, баллов: 0 – нет повреждений; 1 – 1–20 % листовой площади минировано; 2 – 21–40 %; 3 – 41–60 %; 4 – 61–80 %; 5 – 81–100 %</p>	Пасленовый минер	Степень поврежденности листовой поверхности, % (балл)
	<p>Оценка листьев на 10–30 учетных растениях в 10 домиках теплицы. Шкала для определения степени поражения томатов бурой пятнистостью, баллов: 0 – растения здоровы; 1 – очень слабое заражение, мелкие пятна встречаются на отдельных листьях; 2 – слабое заражение, отдельные пятна не более чем на 5 % листьев; 3 – слабое заражение, поражено до 10 % листьев; 4 – среднее заражение, поражено до 15 % листьев; 5 – сильное заражение, почти каждый лист поражен, до 25 % листьев засохло; 6 – очень сильное заражение, до 50 % листьев погубило, начало поражения стеблей; 7 – до 75 % листьев погубило, прогрессирует заражение стеблей; 8 – все растения погубили</p>	Бурая пятнистость (кладоспориоз)	Распространенность и развитие болезни, %

1	2	3	4
	<p>Определение степени поражения листовой пятнистостью производят по шкале, баллов: 0 – нет поражения; 1 – поражено до 25 % листовой поверхности; 2 – 26–50 %; 3 – 51–75 %; 4 – 76–100 %</p>	<p>Фитофтороз, настоящая мучнистая роса</p>	<p>То же</p>
	<p>Шкала для определения степени поражения стебля гнилями, баллов: 0 – поражение отсутствует; 1 – слабое поражение: появление отдельных мелких пятен размером до 2 см на стеблях, в пазухах и на черешках; 2 – среднее поражение: пятна окольцовывают стебель, пораженная ткань размягчается, покрывается серым налетом, площадь поражения не превышает 5 см; 3 – сильное поражение: пораженные участки сливаются в сплошную полосу длиной более 10 см, образуется серый пушистый налет, растение увядает и засыхает, пораженные завязи и плоды загнивают</p>	<p>Серая гниль</p>	<p>»</p>
	<p>Подсчет количества увядших, погибших растений в 20 домиках (на 120 растениях)</p>	<p>Фузариозное и бактериальное увядание</p>	<p>Распространенность, %</p>

## **4. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ**

Для борьбы с вредителями, болезнями и сорной растительностью в посевах сельскохозяйственных культур используют девять основных методов защиты растений, включающих определенные мероприятия и средства:

1. Агротехнический метод.
  - 1.1. Организационно-хозяйственные мероприятия.
  - 1.2. Соблюдение севооборота как основа профилактических мероприятий.
  - 1.3. Использование макро-, микроудобрений для снижения численности вредных объектов.
  - 1.4. Влияние зяблевой вспашки на фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур.
  - 1.5. Предпосевная и междурядная обработки почвы как прием в интегрированной защите растений.
  - 1.6. Значение сроков и способов посева, норм высева для формирования благоприятной фитосанитарной обстановки в агрофитоценозе.
  - 1.7. Влияние сроков уборки на зараженность семенного и посадочного материалов.
2. Механический метод.
3. Физический метод.
4. Селекционно-семеноводческий метод.
  - 4.1. Сорт как средообразующий фактор.
  - 4.2. Методы создания устойчивых сортов.
  - 4.3. Генетически модифицированные сорта.
  - 4.4. Методы оценки растений на устойчивость.
  - 4.5. Использование устойчивых сортов, сортообновление.
  - 4.6. Устойчивые сорта как основа защитных мероприятий.
  - 4.7. Значение семеноводства в повышении устойчивости к вредным организмам.
5. Биологический метод.
  - 5.1. Важнейшие формы взаимоотношений между организмами в природе.
  - 5.2. Способы применения энтомофагов.
  - 5.3. Природный механизм регуляции численности популяций в условиях агроэкосистемы
  - 5.4. Биопрепараты.

5.5. Роль земноводных, млекопитающих, пресмыкающихся и птиц в снижении численности насекомых.

6. Генетический метод.

7. Автоцидный метод (применение биологически активных веществ).

8. Карантин растений.

9. Химический метод.

#### 4.1. Агротехнический метод

Агротехнический метод в интегрированной защите растений является одним из основополагающих. К особенностям данного метода относят:

1) отсутствие дополнительных затрат, так как агротехнические мероприятия обязательны при возделывании сельскохозяйственных культур;

2) использование взаимоотношений между растением, вредным организмом и внешней средой при его применении;

3) способность в нужном для человека направлении изменять экологическую среду, влияющую на развитие и размножение вредных видов;

4) хорошую сочетаемость агротехнических приемов с биологическими и другими методами борьбы;

5) преимущество в том, что применение этого метода не ухудшает продукцию и не вредит окружающей среде.

К данному методу борьбы относят все те приемы агротехники, которые можно использовать для защиты сельскохозяйственных растений от вредных организмов.

Агротехнические мероприятия существенно ухудшают условия жизнедеятельности вредных организмов, что приводит в итоге к изменению видового состава вредных объектов, их естественных врагов, а также к созданию оптимальных условий произрастания культурных растений.

***Соблюдение севооборота как основа профилактических мероприятий.*** При установлении чередования культур в севообороте необходимо учитывать не только особенности сельскохозяйственных культур, но и биологические особенности вредителей и возбудителей болезней растений. Чередование культур в севообороте препятствует накоплению специализированных вредителей и возбудителей болезней в почве. Особенно важно это в борьбе с мучнистой росой, ржавчиной,

корневыми гнилями, спорыньей злаков, пузырчатой головней кукурузы, килой капусты, фузариозом льна и др.

При установлении севооборота в хозяйствах следует учитывать, что некоторые виды вредных объектов способны длительное время сохраняться в почве. Так, например, рак картофеля сохраняется до 10 лет. При возделывании пасленовых нельзя размещать после картофеля томаты и наоборот, так как они имеют общих вредителей и болезни (фитофтороз, колорадский жук). Посадка картофеля по картофелю в течение двух-трех лет подряд способствует сильному заражению этой культуры стеблевой и картофельной нематодой, вирусными, бактериальными и грибными болезнями.

В борьбе с возбудителями ржавчины и мучнистой росы зерновых культур имеет значение более отдаленное размещение озимых и яровых культур, так как яровые этими болезнями обычно заражаются от озимых. Конечно, при высокой насыщенности севооборотов зерновыми культурами трудно избежать посева их на одном и том же поле в течение двух или трех лет подряд. Но такие посевы сильно повреждаются шведской, гессенской и другими злаковыми мухами, корневыми гнилями, ржавчинами. Потери от этих вредных объектов можно снизить, если в каждом следующем году сеять другую зерновую культуру: после яровой пшеницы – овес, кукурузу, горох, ячмень или просо.

Снижение заболевания льна фузариозом наблюдается при его посеве после клевера или пропашных культур.

Севообороты играют большую роль в снижении вредоносности монофагов. Так, гороховая зерновка может развиваться только на горохе. Поэтому снижения численности этого вредителя и уменьшения его вредоносности можно достигнуть, исключив на 2–3 года горох из севооборота.

Вредители зерновых бобовых культур – клубеньковые долгоносики и гороховая тля – зимуют преимущественно на участках многолетних бобовых, поэтому следует учитывать это при составлении севооборотов.

На капусте численность капустной мухи снижается, если капустные поля размещать на значительном удалении (800–1000 м) от участков, на которых в прошлом году выращивались крестоцветные культуры и где происходили накопление и зимовка капустных мух. На площадях, где выращивалась капуста, пораженная килой, не рекомендуется возделывать крестоцветные.

В борьбе со свекловичной нематодой необходимо возвращать данную культуру на прежнее место не ранее чем через четыре-пять лет.

На поле, зараженном цистами, можно сеять кукурузу, рожь, вику, люцерну. Эти культуры способствуют выходу личинок из цист. Личинки погибают, поскольку не могут питаться на корнях этих растений.

В борьбе с проволочником также можно использовать севооборот. Так, после многолетних трав (5–6-летнего использования) в первые два-три года следует размещать гречиху, ячмень, вико-овсяную смесь, просо, слабо страдающие от этих вредителей и снижающие их численность в 8–12 раз. Кроме того, до посева проса и гречихи проводят 2–3 культивации, из-за чего проволочник погибает, в том числе от хищных насекомых.

В борьбе с земляничным клещом рекомендуется использовать севооборот с возвращением земляничной плантации не ранее 4 лет на прежнее место.

***Использование минеральных удобрений для снижения численности вредных объектов.*** При правильном и своевременном внесении элементов минерального питания улучшаются условия развития растений, активизируются их иммунные силы и они лучше противостоят повреждениям вредителей. Удобрения могут ухудшать условия существования вредителей: например, внесение аммиачной воды, аммиачной селитры и сульфата аммония создает неблагоприятные условия для развития проволочников, свекловичного долгоносика, личинок хрущей, вредной долгоножки. Такие удобрения, как хлористый калий, хлористый аммоний вызывают значительную гибель проволочников. Опыливание почвы суперфосфатом в ночное время уничтожает голых слизней.

Но избыток азота в почве удлиняет вегетацию растений, способствует сильному развитию вегетативных органов растений, благодаря чему может наблюдаться большая зараженность зерновых культур ржавчиной, а картофеля – фитофторозом. Кроме того, повышенные дозы азота способствуют развитию мучнистой росы у зерновых культур.

На зерновых культурах внесение удобрений повышает их кустистость и ускоряет прохождение фаз развития. Весьма серьезным вредителем хлебных злаков является шведская муха, которая заселяет только очень молодые злаковые растения. На растениях, прошедших фазу кущения, шведская муха откладывает яйца только на боковые стебли. Поэтому применение оптимальных доз удобрений, ускоряющих рост злаков, приводит к тому, что ко времени лета и откладки яиц шведской мухой большинство растений пройдет фазу кущения и общая интенсивность повреждения посева этим вредителем уменьшится.

Оптимальные дозы калийных и фосфорных удобрений повышают устойчивость ко многим болезням. Особенно благоприятно сказывается на изменении фитосанитарной обстановки в посевах внесение этих удобрений с осени. Они снижают заболевание озимых ржавчиной, снежной плесенью, поражение кукурузы пузырчатой головней.

Фосфорные удобрения, ускоряя колошение яровых зерновых, вызывают гибель личинок зеленоглазки, так как они оказываются открытыми при питании на колосоножке. Они ухудшают условия питания трипсов, ускоряя созревание яровой пшеницы на 3–5 дн. из-за более ранней уборки урожая. Трехлетнее внесение фосфорных удобрений в количестве 45 кг д. в., по данным И. Ф. Павлова, снизило повреждение стеблей данной культуры гессенской мухой на 40–70 %.

Поглощенный насекомыми фосфор нарушает циркуляцию гемолимфы, уменьшает поступление кислорода в его организм, вызывает расстройство дыхания.

Как показали исследования, проведенные В. Ф. Самерсовым и др., применение минеральных и особенно фосфорных удобрений на капусте значительно изменяет химизм растений, которые при этом становятся менее благоприятным кормом для листогрызущих гусениц, питающихся на капусте. При этом у насекомых уменьшается плодовитость, происходит снижение их численности и вредоносности.

Устойчивость озимой пшеницы к скрытностебельным вредителям и пьявице можно так же повышать внесением фосфорных удобрений. Повышенные нормы азотных удобрений снижают устойчивость к данному типу вредителей.

Дробное внесение азота в фазах трубкования и колошения вызывает усиленное развитие корневых гнилей, а внесение однократной дозы азота совместно с фунгицидом несколько снимает развитие инфекции.

Высокая кислотность также влияет на заболеваемость. Например, при pH 4,2 достоверное снижение урожайности отмечено при развитии болезни (корневые гнили) – 18–19 %, при pH до 7 наблюдается снижение выносливости, порог составляет 19–21 %.

Известкование кислых почв снижает численность личинок клубеньковых долгоносиков и проволочников, создает неблагоприятные условия для корневых гнилей свеклы, черной ножки и килы капусты.

По данным С. Ф. Буга и др. установлено, что минеральные удобрения снижают развитие корневых гнилей. Например, на фоне  $N_{90}P_{60}K_{70}$  достоверное снижение урожайности отмечено при развитии корневых гнилей в пределах 17–20 %, на фоне 30 т/га навоза – 22–24 %, 30 т/га навоза +  $N_{90}P_{60}K_{70}$  – 21–25 %.

Избыточное внесение под сахарную свеклу азотных удобрений стимулирует размножение сосущих насекомых – листовой тли, клопов, цикад и т. д.

В садах внесение оптимальных доз удобрений способствует уменьшению развития американской мучнистой росы крыжовника и смородины (избегать повышенных доз азотных удобрений), антракноза смородины.

В борьбе с болезнями растений большое значение имеют микроэлементы. Поступая в растения в малых количествах, они играют важную роль в физиологических и биохимических процессах и повышают устойчивость растений к заболеваниям. На фоне микроэлементов снижается поражение картофеля мокрой гнилью более чем в 3 раза, кукурузы пузырчатой головней в 2–4 раза. По данным Л. Н. Золотова, при обработке семян сахарной свеклы раствором 0,05%-ного молибдена поражение всходов корнеедом понизилось на 68 %, при обработке борной кислотой в концентрации 0,02 % – на 74,5 %.

Микроэлементы (бор, медь, молибден и др.), внесенные в почву, значительно повышают устойчивость картофеля к фитофторозу и другим болезням; бор – снижает заболеваемость свеклы гнилью сердечка.

На торфяно-болотных и песчаных почвах медь значительно повышает устойчивость картофеля к фитофторозу и некоторым другим болезням.

***Влияние зяблевой вспашки на фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур.*** Зяблевая вспашка служит мощным средством для сокращения численности вредителей, подавления возбудителей болезней растений и снижения их вредоносности.

Глубокой зяблевой вспашкой запахивают и уничтожают всходы падалицы с личинками злаковых мух и растительные остатки, на которых концентрируются многие вредители. По данным И. Ф. Павлова, зяблевая вспашка на глубину 20 см вызывает гибель пшеничного трипса и злаковой тли на 50–75 %.

Запашка остатков растений, в которых зимуют гусеницы кукурузного мотылька, или кочерыг, на которых находятся зимующие яйца капустной тли, снижает численность данных вредителей. При этом заделываются в землю также и сорняки, что лишает многих насекомых пищи и они не могут накопить достаточного количества жировых запасов, необходимых для зимовки.

Обработка почвы разрушает также колыбельки куколок и норы грызущих вредителей. Коконь лугового мотылька, зимующие в по-

верхностном слое почвы, запахииваемые в более глубокие слои или даже просто изменяющие положение при зяблевой вспашке, делают невозможным вылет бабочек после окукливания.

Помимо вредителей зяблевая вспашка позволяет снизить запас инфекционного начала в почве. Это, прежде всего, возбудители фузариозов и корневых гнилей злаков, увядания растений, склеротиниоза, спорыньи, белой гнили. В зависимости от способа, сроков и глубины вспашки изменяются физические свойства и структура почвы, что также ухудшает условия развития возбудителей болезней.

Существуют четыре способа зяблевой обработки почвы (по Ю. Н. Фадееву).

1. Лушение почвы производят одновременно с уборкой зерновых, что обуславливает появление всходов падалицы и сорняков, на которых откладывают яйца многочисленные вредители, особенно шведская и гессенская мухи, а также развиваются грибные заболевания (бурая ржавчина, мучнистая роса и др.). Через 7–15 дн. после начала появления всходов падалицы и проростков сорняков производят вспашку на глубину не менее 20–22 см. При этом полностью погибают яйца и личинки злаковых мух, стеблевой моли, тлей, пшеничного трипса и хлебных пилильщиков, снижается инфекция ржавчинных, фузариозных, некоторых головневых и других заболеваний.

2. Зябь пашут без лушения почвы сразу или вскоре после уборки на глубину пахотного слоя. При этом всходы падалицы и проростки сорняков появляются через 8–15 дн. после вспашки в зависимости от температуры и влажности почвы. На них откладывают яйца гессенская и шведская мухи, часто озимая муха и зеленоглазка, злаковые тли, цикадки. В почве зимуют личинки пшеничного трипса, жуки пьявицы.

Через 15–20 дн. падалицу и проростки сорных трав уничтожают культивацией или боронованием тяжелыми боронами. При этом гибнут полностью яйца всех указанных выше злаковых мух и тлей, а личинок пшеничного трипса в результате разрыхленной почвы усиленно истребляют хищные жужелицы.

3. Вспашку почвы осуществляют поздно осенью или даже весной. Это делают в случаях, когда с уборкой сильно запаздывают и осыпается много зерна. Перед поздней вспашкой желателен выпас скота, который поедает осыпавшиеся колосья, всходы падалицы и сорные растения вместе с личинками разных насекомых и зачатками болезней. Однако этот способ в борьбе с вредными видами малоэффективен.

4. Безотвальную обработку применяют в основном в зонах, где имеется опасность ветровой эрозии почв. При достаточно глубокой

безотвальной обработке усиливается действие биологических факторов. В рыхлом слое почвы, богатом органическими остатками, гусениц серой зерновой совки уничтожают хищные жулики и другие насекомые, а также и птицы в течение длительного времени осенью и весной.

Осенняя перепахка почвы в садах (а также перекопка приствольных кругов) способствует уменьшению численности ложногусениц вишневого слизистого пилильщика, куколок вишневой мухи, зимующих в почве, а также плодовой гнили, парши яблони и груши.

При перепахке (или перекопке) весной или осенью междурядий крыжовника бабочка крыжовниковой огневки в весенний период не в состоянии выбраться на поверхность почвы с глубины 10–12 см.

***Предпосевная и междурядная обработка почвы как прием в интегрированной защите растений.*** Предпосевная обработка почвы имеет практическое значение в борьбе с некоторыми почвообитающими вредителями. Поля с высокой численностью личинок (например, проволочника) следует отводить под культуры позднего сева (гречиха), что позволяет при проведении 2–3 культиваций до посева существенно снизить заселенность поля такими вредными объектами. Почвообитающие вредители (личинки, куколки) поднимаются при этом в верхние слои почвы и погибают от пересыхания или же поедаются энтомофагами, птицами.

При проведении лущения стерневых предшественников на глубину 10–12 см в установленные агросроки и последующей вспашке, по данным Института защиты растений, гибель личинок проволочника достигает 60 %. По данным российских авторов, этот агроприем способен снижать численность хлебных пилильщиков, пшеничного трипса на 50–70 %, лугового мотылька до 95 %.

Во время лущения присыпаются землей пупарии гессенской мухи, находящейся у основания стерни; они оказываются в условиях более низкой температуры и повышенной влажности, что способствует прекращению диапаузы и вылету вредителя в период отсутствия всходов озимых, кроме того, с падалицей в последующем заделываются уредоспоры ржавчинных грибов.

Весеннее боронование посевов позволяет значительно снизить засоренность зерновых культур, что в итоге сказывается на урожайности.

Выравнивание посевных площадей в большой степени предотвращает вымокание растений и последующую поражаемость зерновых культур корневыми гнилями и снежной плесенью.

Ранняя шаровка и систематическое рыхление междурядий сахарной свеклы имеет большое значение в борьбе с корнеедом и значительно снижает пораженность корнеплодов.

Культивация междурядий в садах приводит к гибели куколок зимней пяденицы, яблонного пилильщика в коконах.

**Значение сроков и способов посева, норм высева для формирования благоприятной фитообстановки в агрофитоценозе.** Регулируя сроки посева, можно достичь несовпадения (разрыва во времени) наиболее уязвимой фазы развития растений с появлением вредителя. Для ячменя, овса, яровой пшеницы, льна и зернобобовых культур лучшим является ранний срок сева. Это связано с тем, что шведская муха, зеленоглазка, хлебная полосатая и стеблевые блошки, клубеньковые долгоносики и некоторые другие вредители начинают заселять и повреждать всходы, когда среднесуточная температура воздуха превысит 12 °С и сохранится на этом уровне. Яровые зерновые и горох могут расти при температуре 4–6 °С и ко времени заселения посевов вредителями успевают окрепнуть и приобрести устойчивость к повреждениям. Таким образом, данное мероприятие позволяет снизить поражаемость посевов яровых зерновых этими вышеназванными вредителями, а также пилильщиками, злаковой тлей, уменьшает вред от ржавчины, а на яровой пшенице – корневых гнилей, ржавчины.

Поврежденность озимых зерновых гессенской и шведской мухами при ранних сроках сева возрастает, так как при этом появление всходов совпадает с массовым летом мух и откладкой яиц. Так, по данным В. Ф. Самарсова, С. В. Прохоровой (1998) установлено, что повреждаемость растений шведской мухой увеличивается на 4,13 % за каждый день опережения срока посева озимой тритикале по сравнению с посевом в оптимальные сроки. Запаздывание сева на один день по отношению к раннеоптимальному приводит к увеличению числа повреждаемых стеблей на 1,46 %.

Ранние посевы озимых сильно заражаются не только шведской и гессенской мухами, но и злаковыми тлями, цикадками, возбудителями ржавчины, гельминтоспориоза, мучнистой росы, вирусных болезней.

Ранние посевы зернобобовых меньше повреждаются гороховой тлей, клубеньковыми долгоносиками, плодояркой и бобовой огневкой, а также аскохитозом и мучнистой росой. Они заселяются вредителями в период, когда листовая поверхность растений уже велика и темпы ее роста в несколько раз превышают таковые на поздних посевах. Энтомофаги на таких посевах более многочисленны. Поэтому не-

обходим ранний сев в годы, когда по прогнозу ожидается появление данных вредителей.

Ранние сроки посева повышают устойчивость подсолнечника к белой гнили, сахарной свеклы к корнееду.

При ранней, дружной и влажной весне очень важен ранний сев сахарной свеклы; при этих условиях ко времени массового появления свекловичного долгоносика всходы успеют дать вторую пару листочков и, таким образом, легче перенесут повреждения.

Лен-долгунец ранний посев предохраняет от больших повреждений совкой-гаммой, льяняными блошками. Один и тот же сорт льна при раннем посеве меньше поражается возбудителем фузариоза, чем при более позднем.

Ранняя посадка раннеспелых сортов картофеля способствует проведению уборки урожая до массового развития фитофторы.

Но в ряде случаев ранние сроки посева могут привести к более сильному поражению растений. При посадке в непрогретую (ниже 7 °С) почву отмечается значительное развитие ризоктониоза, порошистой парши картофеля, плесневение семян кукурузы и др.

Большое профилактическое значение в борьбе с проволочником и плесневением семян имеет своевременный посев кукурузы в прогретую почву и в сжатые сроки. В ряде случаев лучшими в целях защиты растений кукурузы оказываются более поздние сроки ее посева. При высокой численности проволочников эту культуру лучше всего сеять не в ранние сроки, а на 5–7 дн. позже общепринятых. На более поздних посевах семена и всходы кукурузы повреждаются почвообитающими вредителями в 2–4 раза меньше, кроме того, в этом случае меньше семян погибает от грибных болезней и длительного нахождения в почве при низкой температуре.

Сахарная свекла ранних сроков посева меньше повреждается свекловичными блошками и другими вредителями всходов.

Наряду с правильно выбранными сроками сева большое значение в снижении повреждений имеет густота посева. Нормы высева семян зерновых культур определяют густоту стеблестоя, что отражается на микроклимате посева, площади питания и освещенности растений и в итоге формирует условия роста растений. В редких посевах увеличивается число вторичных стеблей и подгона, который повреждает шведская муха, поэтому изреженные, хорошо прогреваемые посева зерновых культур интенсивнее заселяются и повреждаются вредителем. В густом стеблестое создается большая затененность, ускоряется рост

влагалищных листьев, побегов. Огрубление их в фазах кущения и трубкования происходит значительно быстрее, что позволяет растениям избежать повреждений шведской мухой. В то же время злаковые тли предпочитают загущенные посевы со стабильным режимом температуры и оптимальной влажностью воздуха.

Посевы ячменя и яровой пшеницы с повышенными на 0,25–0,5 млн. всхожих зерен на 1 га (10–20 кг/га) нормами высева семян особенно необходимы в том случае, если они граничат с озимыми, либо при посеве с некоторым запозданием или на засоренных полях, а также в годы, когда весной ожидается высокая численность шведской мухи, хлебных пилильщиков, стеблевых блошек. Негустые посевы способствуют сильному размножению этих вредителей и сорных растений в течение всего периода вегетации.

В годы, когда ожидается массовое размножение гороховой тли и клубеньковых долгоносиков, норму высева семян также повышают, чтобы на каждом квадратном метре было не менее 100–200 растений (1,3 млн. семян на 1 га). В данном случае листья и стебли гороха на 2–4 дн. быстрее становятся непригодными для питания тлей. Клубеньковые долгоносики также меньше вредят в густом стеблестое.

Чрезмерно глубокая и неравномерная заделка семян замедляет появление всходов на 2–4 дн., снижает энергию прорастания и способствует более сильному повреждению растений насекомыми и заражению грибными возбудителями болезней.

***Влияние сроков уборки на зараженность семенного и посадочного материала.*** Для получения качественного семенного материала очень важно провести уборку в сжатые сроки. При запаздывании с уборкой и ухудшении погодных условий на зерновых культурах начинается интенсивное развитие фузариоза колоса, который выделяет микотоксины. Они способны приводить к серьезным отравлениям человека и животных, которым скармливается зараженное зерно.

В первую очередь убирают зерновые на полях, наиболее сильно зараженных гессенской мухой, пшеничным трипсом, хлебными пилильщиками. Сжатые и ранние сроки уборки дают возможность получать зерно, которое слабо повреждено вредителями, фузариозом колоса, оливковой плесенью и др.; уменьшить количество падалицы, на всходах которой в последующем размножаются возбудители ржавчины и мучнистой росы, а также многие вредные насекомые.

В начале уборки семенных посевов зерновых обкашивают краевые полосы, урожай с них обмолачивают отдельно с последующим использованием на фуражные цели. Это связано с тем, что на краевых полосах

шириной 15–20 м зерно в несколько раз больше повреждается хлебными жуками, трипсами и характеризуется более низким качеством.

На посевах гороха также сначала убирают краевые полосы полей шириной 20–50 м (лучше в молочной спелости зерна) на корм скоту, а затем при полном созревании убирают остальной участок, семена с которого отличаются высоким качеством и практически свободны от заражения зерновкой и плодовой жоржкой. При запаздывании с уборкой бобы растрескиваются, при этом осыпается много семян, что приводит к увеличению зимующих вредителей. При своевременном обмолоте почти в 2 раза снижается поврежденность семян плодовой жоржкой и бобовой огневкой. Об угнетении жизненных функций насекомых при избытке в растениях фосфора свидетельствуют результаты многочисленных исследований. Поглощенный насекомыми фосфор нарушает циркуляцию гемолимфы, уменьшает поступление кислорода в его организм, вызывает расстройство дыхания.

При своевременной уборке кукурузы на силос и при низком срезе в «пеньках» стеблей полностью отсутствуют гусеницы мотылька.

Борьба с потерями урожая при уборке ведет к уменьшению падалицы на полях и снижает численность мышевидных грызунов, скрытно-стеблевых вредителей злаков, гороховой плодовой жоржки и зараженность ржавчиной и мучнистой росой.

#### 4.2. Биологический метод

*История биологического метода.* Первые попытки использования естественных врагов в борьбе с вредными насекомыми относятся к XII в. Для этих целей в горах собирали хищных муравьев и переносили их в насаждения цитрусовых культур. Таким же образом поступают в Йемене и в настоящее время владельцы финиковых пальм. В XVIII в. на острове Маврикий для борьбы с красной саранчой успешно использовали птицу майну, завезенную из Индии.

Основоположником исследований в биологическом методе защиты выступил великий русский ученый И. И. Мечников, использовавший в 1879 г. гриб – возбудитель зеленой мускардины – против хлебного жука и свекловичного долгоносика, что приводило к гибели последнего на 70 %. В последнем десятилетии XIX в. большой вклад в науку внесли русские исследователи И. А. Порчинский, И. В. Васильев, Н. В. Курдюмов, И. Я. Шевырев, В. П. Поспелов и др. Они изучали роль энтомофагов и микроорганизмов в регулировании численности вредных насекомых, взаимоотношения между видами вредных организмов.

В 1903 г. в полевых опытах И. В. Васильеву удалось добиться уничтожения 60 % яиц вредной черепашки путем использования паразита, завезенного в Харьковскую губернию из Туркестана, микрофануруса (*Microphanurus Vassilievi* Meyer).

Для борьбы с яблонной плодовой жоржкой И. В. Васильев (1910) и А. Ф. Радецкий (1911) завезли в сады Ташкента и Самарканда из Астрахани яйцееда трихограмму.

В 1931 г. в Советском Союзе был организован Всесоюзный институт защиты растений (ВИЗР) и его лаборатории: биологического метода – под руководством Н. Ф. Мейера и микробиологического метода – под руководством В. П. Пospelова.

За рубежом биологический метод получил наибольшее развитие в США и Канаде. Впервые в 90-х гг. XIX в. для борьбы с австралийским желобчатым червецом в Калифорнию был завезен хищный жук родолия.

В Белоруссии работы по биологическому методу защиты растений были начаты в 1936 г. Т. Т. Безденко, который создал лабораторию биометода, занимавшуюся изучением и массовым разведением энтомофага – трихограммы. В послевоенное время (с 1957 г.) эта работа была продолжена в лаборатории биометода в Белорусском научно-исследовательском институте плодоводства, овощеводства и картофеля. Им были выделены местные формы видов рода трихограмма, обитающих в нашей республике, и предложены способы их применения. Уже к 1970 г. трихограмма применялась ежегодно для борьбы с яблонной плодовой жоржкой на площади 10 тыс. га. Были проведены исследования по применению трихограммы в борьбе с капустной совкой, рябинной молью, гороховой плодовой жоржкой, кукурузным мотыльком и др.

Большой вклад в развитие биологического метода борьбы с вредными организмами внесли А. И. Моисеенко, Т. Е. Полякова, В. Г. Осипов, В. И. Курилов, О. В. Парамонова, Н. Н. Колядко, В. П. Бунякин. Ими были изучены местные ресурсы энтомофагов и определены их роли в регулировании численности вредителей плодовых, овощных культур и картофеля, разработаны комплексные системы защиты этих культур от вредителей с преобладанием биометода.

Первые работы по использованию болезнетворных бактерий и грибов для борьбы с вредителями садов и колорадским жуком были проведены И. Т. Король, В. П. Приставко. Исследования по технологиям применения новых биологических препаратов в борьбе с листогрызущими вредителями и яблонной плодовой жоржкой в садах и на овощных

культурах проводили И. Т. Король, В. А. Канапацкая, Н. И. Микульская, Л. И. Прищепа, З. А. Романовец.

В направлении изыскания антибиотиков против болезней овощных культур проводили работу Р. Г. Попель (1965) и В. И. Нитиевская (1968–1975).

С 1962 г. начато выделение из овощного севооборота и испытание местных штаммов триходермы (А. И. Кустова, 1962). В результате отобраны четыре местных штамма, обладающих антагонистической активностью к основным возбудителям болезней овощных культур.

Минской опытной станцией ВИЗР совместно с отделом биометода БелНИИЗР было проведено изучение возможности использования биологического метода борьбы с возбудителем рака картофеля (А. И. Кустова, М. И. Владимирова).

В настоящее время лаборатория биометода имеется в РУП «Институт защиты растений».

***Важнейшие формы взаимоотношений между организмами в природе.*** Из всего многообразия сложных биоценологических взаимоотношений между организмами рассмотрим лишь важнейшие формы, представляющие интерес для биологического метода в интегрированной защите растений.

Хищничество – это форма отношений, при которой один организм (хищник) питается другим (жертвой), приводя последнего к гибели в течение короткого времени. Обычно (но не всегда) хищник крупнее жертвы. Примером таких взаимоотношений являются пищевые взаимоотношения пауков и мух или же некоторых видов жуужелиц (имаго) и личинки щелкуна (проволочника).

Паразитизм – это форма отношений, при которой один организм (паразит) живет и питается за счет другого (хозяина) длительное время, постепенно приводя его к гибели либо сильно истощая. Одним из примеров таких взаимоотношений между насекомыми является личинка трихограммы, поедающая яйца чешуекрылых.

Симбиоз – это формы сосуществования или сожительства особей разных видов, которые в той или иной степени выгодны одному или обоим видам. Различают три основные формы симбиоза: мутуализм, синойкию, комменсализм.

*Мутуализм* – это взаимовыгодное, часто необходимое сосуществование разных видов. Примером являются взаимоотношения некоторых муравьев с тлями, выделяющими сахаристые экскременты. Муравьи поедают клейкие экскременты и очищают их колонии, защищают тлей

от паразитов и хищников, переносят их на новые растения, содействуя расселению и успешному размножению вредных видов.

*Синойкия* (сожительство) – это отношения, полезные для одного вида, но безразличные для другого. Одним из проявлений синойкии является форезия, т. е. использование некоторыми видами насекомых других для расселения. Так, личинки I возраста некоторых жуков-нарывников забираются в цветки растений и прикрепляются к диким пчелам. Пчелы переносят личинок в свои гнезда, где они питаются яйцами, личинками пчел и медом.

*Комменсализм* (нахлебничество) – это использование одним видом пищевых запасов другого, не приносящее вреда последнему. Эта форма симбиоза, не достигающая уровня конкуренции и не ощущаемая партнером, приближается с одной стороны к синойкии, с другой – к паразитизму или хищничеству. Примером таких взаимоотношений являются взаимоотношения осы-блестянки и других пчелиных, в гнездах которых она живет и использует в пищу их кормовые запасы.

Австралийский веретенкообразный клоп-хищнец ворует добычу у пауков, отложенную про запас.

Антибиоз – это форма взаимоотношений видов, при которой продукты жизнедеятельности одного организма, выделяемые иногда даже в очень незначительных количествах, вызывают гибель или угнетение другого. Наиболее широко известны явления антибиоза, обусловленные специфическими продуктами жизнедеятельности бактерий, грибов и актиномицетов, обладающими высокой физиологической активностью по отношению к определенным микроорганизмам. Сюда же относят вещества, обладающие антимикробными свойствами – фитонциды (у растений), а также токсины, отпугивающие и другие специфические вещества, оказывающие губительное или угнетающее воздействие на насекомых, клещей и другие вредные организмы. Например, ваточник содержит вещества, которые препятствуют поеданию его гусеницами.

**Способы применения энтомофагов.** Согласно определению словаря по биологической защите растений (1986), энтомофаг (от лат. *entomophagous, entomophage*) – употребляющий в пищу насекомых (паразиты, хищники). Существуют следующие способы применения энтомофагов: внутриареальное расселение, интродукция и акклиматизация, сезонная колонизация, охрана и создание оптимальных условий для жизнедеятельности энтомофагов.

*Внутриареальное расселение.* Сущность данного способа состоит в массовом переселении эффективных, обычно относительно специализированных паразитов и хищников (олигофагов) из старых очагов раз-

множения вредителей во вновь возникающие очаги в пределах зоны, где эти естественные враги отсутствуют или еще не накопились. Способ внутриареального расселения был в ряде случаев успешно применен против лесных вредителей. Примером эффективного применения энтомофагов таким способом в Беларуси является переселение в очаги соснового шелкопряда яйцеда теленомуса (*Telenomus verticillatus* Kieff), паразита непарного шелкопряда апантелеса – в очаги этого же вредителя на Украине. В США хорошо зарекомендовало себя переселение с усами земляники хищников паутиных клещей тифлодромусов.

*Интродукция и акклиматизация.* Данный способ основан на изыскании эффективных естественных врагов на родине вредителя и переселении их в новые районы. Интродукция и акклиматизация, как правило, дают наилучшие результаты в случае использования узкоспециализированных энтомофагов, развитие которых хорошо приспособлено к существованию за счет определенного, обычно одного вида, вредителя. В США, Канаде данный способ очень распространен. Наиболее известным примером данного метода является применение на островах Фиджи против кокосовой пестрянки мухи тахины, завезенной из Индонезии. В качестве наиболее успешных примеров на территории СНГ (бывшего СССР) можно отметить применение паразита афелинуса против кровяной тли, хищника родолии против червца иерии.

*Сезонная колонизация* заключается в разведении некоторых энтомофагов в лабораториях с последующим выпуском в среду обитания вредного объекта. Таким способом применяют зеленоглазку, трихограмму против чешуекрылых вредителей, хищного клеща фитосейулюса против паутинового клеща, алеохару двухполосую.

Трихограмма – это мелкое насекомое длиной 0,3 мм, живущее в природных условиях в среднем 8 дн., но не более 14. Она светолюбива, хотя избегает прямых солнечных лучей.

Существуют 4 вида трихограммы (с различными расами и экотипами), выделенные для практического использования из 25 выявленных на территории СНГ: трихограмма обыкновенная, трихограмма желтая самцовая, трихограмма желтая бессамцовая и трихограмма Эупрактидис.

У данного насекомого паразитирует отродившаяся личинка в яйцах чешуекрылых.

Трихограмма обыкновенная применяется против совок, желтая бессамцовая – против яблонной плодовой гни, некоторых видов листоверток, желтая самцовая – только против листоверток, трихограмма Эупрактидис – против комплекса совок на технических, овощных культурах, также против чешуекрылых вредителей на плодовых.

Желтая самцовая трихограмма (*Trichogramma embryophagum*) в природе обнаружена в Брестской и Гродненской областях, а также в южных районах Минской области. Севернее линии Минск – Борисов данный вид отсутствует (Безденко, 1968). Данный вид предпочитает влажность в пределах 40–50 % и повышенную температуру – до 26–28 °С. Активно перемещается и откладывает яйца уже при температуре 14 °С.

Желтая бессамцовая трихограмма (*T. sacoecia*) в природе обнаружена только в северной зоне республики (Полоцк, Витебск, Орша) (Безденко, 1968). Данный вид предпочитает влажность в пределах 70–80 % и температуру до 22–24 °С. В лабораторных условиях начинает заражение яиц ситотроги при температуре 15–16 °С, наибольшую активность развивает при 24–26 °С.

Трихограмма обыкновенная (*T. evaneescens*) в природных условиях обнаружена в южной зоне нашей республики (Гомель, Брест, Малорита), а также на Полесье (Лельчицкий район). Оптимальными условиями для жизнедеятельности данного вида трихограммы являются влажность в пределах 60–80 % и температура 20–24 °С.

Основным фактором, сдерживающим большую численность паразита, является отсутствие синхронности в развитии с хозяином. Кроме того, данный объект не способен перелетать на большие расстояния из-за маленьких крыльев.

Трихограмму разводят в биолабораториях на яйцах зерновой моли или ситотроги.

Выпуск трихограммы осуществляют в предвечерние или же ранние утренние часы. За сутки до выпуска партию заселенных паразитом и уже черных яиц ситотроги из бумажных пакетов переносят в стеклянные банки из расчета 100 тыс. яиц на 1 л емкости. Предварительно в них помещают 100–150 кусочков мятой бумаги, привядшие листья растений или соцветия клевера, тмина, фенхеля. Банку закрывают тонкой тканью.

Листья, заселенные трихограммой, равномерно раскладывают по полю. Выпуская паразита в 50 точках на 1 га, рабочие передвигаются в 20 м друг от друга и кладут лист или соцветие с теневой стороны растения через каждые 10 м. При выпуске трихограммы в 100 точках расстояние между рабочими составляет 10 м, в 200 точках – 5 м.

Чаще всего объект применяет наводняющими выпусками. Первый – в начале откладки яиц вредным объектом, второй и последующие через каждые 4–5 дн. с учетом плотности популяции вредного объекта.

В садах против яблонной плодовой гнили (на молодых растениях) применяют до 3 выпусков суммарно до 20 тыс. особей на одно дерево

(в начале откладки яиц самками яблонной плодовой моли, в начале массовой кладки яиц и следующий – через 6–7 дн.).

На капусте против капустной совки объект применяют при численности яиц последней 0,4–0,6 шт/м<sup>2</sup>. При наличии на одном растении до 5 яиц капустной совки выпускают 80 тыс. особей (1 г) на 1 га, более 5 яиц – 240 тыс. особей (3 г) на 1 га. Первый выпуск производят в начале кладки яиц вредителем, второй – в начале массовой кладки. По данным В. И. Сидляревича, В. В. Болотниковой (1990), эффективность трихограммы в борьбе с этим вредителем составляет 74 %.

Против капустной белянки производят двукратный выпуск энтомофага: в начале откладки яиц и через 5–7 дн. из расчета не менее 30 тыс/га, создавая соотношение 1:20.

Против лугового мотылька выпуск трихограммы осуществляют в 3 срока: в начале откладки яиц и затем 2 раза с интервалами 5–7 дн., добиваясь соотношения 1:10.

В борьбе с гороховой плодовой моли трихограмму применяют двукратно по 20 тыс. особей на 1 га.

В природных условиях объект зимует в виде предкуколки в яйцах различных видов совок (сумеречной, совки-гаммы), репной белянки и других чешуекрылых. Самки отрождаются половозрелыми.

Данным методом используют также хищного клеща фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* A-U), завезенного на территорию бывшего Советского Союза в 1963 г. В естественных условиях он обитает в Италии, Франции, Чили, Ливане. В бывшем Советском Союзе применялся на территории около 40 млн. га. Является хищником в отношении паутиного клеща.

Это мелкий хищник (0,3–0,5 мм) оранжево-красного цвета, который отличается быстротой развития, большой плодовитостью и прожорливостью. Для его жизнедеятельности наиболее благоприятна температура воздуха 25–30 °С, относительная влажность воздуха 70 % и выше. В этих условиях одно поколение развивается за 5,5–6 сут, что в 1,5–2 раза быстрее, чем у паутиных клещей. За весь период жизни фитосейулюса (18–24 сут) каждая самка откладывает в среднем 50–80 яиц и уничтожает ежедневно до 30 яиц вредителей или более 24 особей.

Фитосейулюса разводили в теплицах при повышенной (70–85 %) влажности воздуха и температуре 26–28 °С. В помещении, где размножают паутиных клещей, влажность воздуха должна быть 35–55 % и температура 25–30 °С (Г. А. Бегляров, 1968). Растения выращивают на

стеллажах или делянках грунтовой теплицы. Площадь, отведенную под размножение хищника, делят на восемь участков, которые засевают с пяти-, семидневным интервалом соей или же огурцами. При появлении 3–5 настоящих листьев их заселяют паутиными клещами (из расчета 40–50 особей на одно растение). Размножать паутинового и хищного клещей лучше в разных теплицах, так как возможно преждевременное уничтожение вредного объекта.

Через 10–15 дн. фитосейулюса выпускают из расчета 10 самок и нимф на одно растение. Еще через 2 нед (если достигнуто соотношение хищника и жертвы 1:1) собирают листья с накопившимся на них фитосейулюсом. При соблюдении режимов содержания для разведения объекта достаточно использовать 0,5 % площади, занятой защищаемой культурой.

Ежедневно в теплицах выявляют очаги паутинового клеща по повреждениям на листьях. Вначале эти повреждения имеют вид светлых точек-наколов, особенно заметных с верхней стороны листа. Позже возникают обесцвеченные участки (мраморность). На зараженные растения кладут листья с фитосейулюсом. Норма выпуска – 10–60 особей на одно растение. В случае когда подавление паутинового клеща идет медленно, выпуск фитосейулюса повторяют.

Эффективность применения фитосейулюса очень высока и позволяет получить урожай огурцов в теплицах на 2–3 кг/м<sup>2</sup> больше, чем в теплицах, где применяются ядохимикаты.

Методом сезонной колонизации применяют также златоглазку (*Chrysopa carnea* Steph.). Она является многоядным хищником. Наибольший интерес для применения в закрытом грунте или ежегодных массовых выпусков в очаги размножения вредителей, большой практический интерес представляет златоглазка обыкновенная. Это насекомое средних размеров, светло-зеленого цвета, с сетчатыми крыльями и золотистого цвета глазами. Усики щетинковидные, лоб плоский. Взрослое насекомое питается нектаром и цветочной пыльцой, а личинки уничтожают не только тлей, но и табачного трипса, оранжерейную белокрылку, паутинового клеща. Личинки златоглазки отличаются большой прожорливостью, поедая за сутки 50–70 особей тли. Развитие личинок длится 3–4 нед.

В борьбе с тлями на зеленных (салат, петрушка, сельдерей) и декоративных культурах златоглазка находит наиболее широкое применение, так как по санитарно-гигиеническим нормам обработка этих культур ядохимикатами запрещена.

Существуют два способа применения златоглазки: выпуск личинок и раскладка яиц. При небольшой исходной численности тлей на низкорастущих зеленых и декоративных культурах с большой густотой стояния достаточно выпускать периодически в среднем 10–30 личинок или 50 яиц на 1 м<sup>2</sup>. Эффективность применения энтомофагов на зеленых культурах составляет 75–100 %.

По данным Е. Шувакина (1978), златоглазку можно использовать против колорадского жука при наличии до 2 кладок яиц на куст картофеля в объеме 80–100 тыс. особей на 1 га. При этом эффективность составляет 85–90 %.

Разведение златоглазки в лабораторных условиях сопряжено с определенными трудностями, так как личинки златоглазки являются каннибалами и поэтому каждую из них необходимо содержать в отдельной ячейке.

В естественных условиях златоглазка зимует в укрытиях, на чердаках, в жилых помещениях и др.

Алеохара двухполосая (*Aleochara bilineata* Gyll.) – широко распространенный паразит и хищник многих видов мух (капустной, луковой, свекловичной, ростковой и др.). Взрослое насекомое ведет хищный образ жизни, а личинка – паразитирует в пупариях на куколках мух. Зимует личинка первого возраста внутри пупария. Взрослые насекомые появляются в период начала окукливания личинок капустной мухи. Одна особь способна уничтожить до 50 яиц вредителя. Развивается в 2–4 поколениях. Плодовитость самки – 500–1000 яиц.

Используют алеохару двухполосую против капустных и луковой мух. Жуков выпускают в три срока – в начале откладки яиц весенней капустной мухи, в период массовой откладки и через 7 дн. после этого в 20 точках на 1 га.

*Охрана и создание оптимальных условий для жизнедеятельности энтомофагов.* Для этого необходимо выполнять следующие мероприятия:

1. Рационально применять пестициды. Все химические обработки должны проводиться только по мере необходимости с учетом экономических порогов вредоносности.

2. При проведении опрыскиваний использовать только избирательные, безопасные для энтомофагов пестициды.

3. Создавать благоприятные условия для питания взрослых насекомых-энтомофагов. Вблизи посевов овощных культур, в междурядьях сада следует производить посев культурных нектароносов.

4. Улучшать микроклиматические условия обитания энтомофагов с помощью агротехнических приемов.

Примером естественных энтомофагов являются жужелицы и журчалки.

Жужелицы (сем. *Sarabidae*) – это жуки от небольших до крупных размеров, тело удлиненное с металлическим зеленоватым, синим или красноватым отливом. Жуки активны в сумерки и ночью. Пищей хищных жужелиц и их личинок являются различные насекомые. Они уничтожают гусениц непарного шелкопряда, лугового мотылька, наземных и подгрызающих совок, проволочников, личинок и куколок колодрядского жука и др. Живут обычно в почве или подстилке.

Семейство сирфиды (*Syrphidae*) или мухи-журчалки ведут хищнический образ жизни в личиночной фазе. Это довольно крупные красивые насекомые, напоминают по окраске ос. Брюшко у мух желтое, с черными полосками. Мухи в большом количестве концентрируются на цветущих растениях, преимущественно на зонтичных, где питаются нектаром цветков. Яйца откладывают в колонии тлей. Отродившиеся личинки малоподвижны, зеленого, оранжевого или даже красноватого цвета, по внешнему виду и манере ползать напоминают маленьких пиявок. Личинка мухи-сирфиды уничтожает за свою жизнь 1,5–2 тыс. тлей.

***Природный механизм регуляции численности популяций в условиях агроэкосистемы.*** Численность каждого отдельного вида организмов сохраняет равновесное положение в своей среде обитания. Одновременно в течение сезона численность популяции в разные годы колеблется в ту или иную сторону от этого равновесного, сравнительно неизменного среднего значения. Такое равновесие за какой-то период времени сохраняется из-за действия на популяцию всех факторов внешней среды (естественное регулирование).

Наблюдаемые в природе непрерывные изменения численности организмов являются результатом взаимодействия двух процессов: модификации и регуляции (Г. А. Викторов).

Модификация обусловлена действием на популяцию абиотических факторов среды (ветра, влажности воздуха и др.). Однако абиотические факторы не могут реагировать на изменение плотности популяции организмов в сторону усиления или ослабления своего стрессового воздействия, т. е. менять его по принципу обратной связи. Так, при низких зимних температурах может наблюдаться высокая смертность эмбрионов в яйцах яблонной медяницы, зимующих на ветвях яблони.

Однако вне зависимости от смертности насекомого температура воздуха не повышается, и, если погодные условия не изменяются, они погибают.

Существуют 2 группы регулирующих механизмов: внутривидовые и биоценоотические.

Среди внутривидовых регуляторных механизмов широко известно угнетающее влияние друг на друга особей одной популяции, использующих одни и те же ограниченные пищевые ресурсы. Иногда этот процесс осложняется каннибализмом и другими формами агрессивного поведения.

Более сложны внутривидовые регуляторные механизмы, основанные на сигнальном действии роста плотности популяции. Это происходит до истощения пищевых ресурсов, предотвращающих конкуренцию за них. При сигнале о растущей плотности популяции организмы мигрируют или же резко возрастает число самцов в популяции из-за откладки самками большого количества неоплодотворенных яиц.

Биоценоотические регуляторные механизмы также довольно разнообразны. Особого внимания заслуживают паразиты и хищники, для которых известны 2 типа реакций на изменения плотности популяции хозяев и жертв – функциональная и численная реакции.

Функциональная реакция заключается в том, что с ростом популяции жертвы увеличивается (до определенного предела) число особей, уничтоженных или зараженных каждой особью энтомофага. Такая реакция отмечена у многих паразитов и хищников насекомых и других животных (позвоночных и беспозвоночных).

Регуляторное значение функциональной реакции наиболее существенно при минимальных уровнях плотности популяции жертвы, так как для регуляции важно не абсолютное число уничтожаемых особей, а процент их от общей численности популяции.

Численная реакция – это увеличение численности энтомофагов в ответ на увеличение плотности популяции жертвы. Такая реакция есть только у специализированных энтомофагов, которые живут за счет одного вида жертвы.

Специализированные энтомофаги, действующие в качестве регулирующего механизма при низкой плотности популяции, нередко в течение длительного времени удерживают численность вредителей-жертв на хозяйственно неощутимом уровне и поэтому представляют наибольший практический интерес.

Важное значение в регуляции численности насекомых имеют энтомопатогенные грибы, бактерии, вирусы. Однако вызываемые ими эпизоотии обычно существенно влияют на популяцию при высоком уровне численности (когда начинают сказываться неблагоприятные последствия скученности особей) и определенном сочетании погодных условий.

Среднее положение в регулировании численности популяции занимают многоядные хищники, более эффективные при сравнительно высокой численности своих хозяев.

**Биопрепараты.** В состав биологических препаратов, применяемых против вредителей и болезней, входят средства на основе бактерий, вирусов, грибов, антибиотиков и других веществ. В нашей стране на их основе в настоящее время зарегистрированы и применяются 30 биопрепаратов.

Мировое производство их составило в начале 90-х гг. прошлого века от 4000 до 5000 т в год.

Только в Германии в 1996–1997 гг. препараты на основе *Bacillus thuringiensis* применяли на площади 21,5 тыс. га. Из обработанной площади 40–60 % занимала борьба с гроздевой и двухлетней виноградной листовёрткой, 5–15 % – с зимней пяденицей, 5–20 % – с личинками чешуекрылых на капусте и 1–5 % – с колорадским жуком.

**Биопрепараты на основе бактерий.** Практически все биопрепараты на основе бактерий содержат в себе *B. thuringiensis* (Тюрингская бацилла). Это бактерия, которая обычно живет в почве и является ее естественным обитателем. Она распространена по всему земному шару. Ее инсектицидные свойства были открыты еще в 1911 г., но до 1950 г. не было разработано достаточно препаратов на ее основе для сельского хозяйства. Данная бактерия производит специфический белок (дельта-эндотоксин), который парализует пищеварительную систему насекомых. Причем действует он избирательно, поражая только вредные объекты.

В настоящее время известно около 250 видов бактерий, связанных в той или иной степени с насекомыми. Считают, что из огромного количества бактерий, обитающих в теле насекомых, особенно в их кишечнике, большинство является сапрофитами или симбионтами, которые при нарушении нормальных условий жизни насекомого (неблагоприятные погодные условия, недостаток пищи, высокая влажность), приводят к физиологическому ослаблению организма. Внутри тела насекомых также могут размножаться бактерии, попавшие в гемолимфу через повреждения покровов, часто приводя к гибели.

Наиболее распространенными природными бактериальными заболеваниями насекомых являются красный и черный бактериозы.

Красный бактериоз – это болезнь, вызываемая бесспоровыми бактериями *Serratia marcescens* Biz. Это мелкие палочки, образующие характерные красный и розовый пигменты, которые встречаются в виде сапрофитов в воздухе, воде, почве, пищевых продуктах.

Гибель насекомых в природе от данного заболевания наблюдается у многих насекомых, но оно редко распространяется на большие площади. Таким заболеванием болеют гусеницы лугового и кукурузного мотыльков, озимой совки, азиатской саранчи, вредной черепашки. При этом все тело насекомых в результате размножения бактерии приобретает красный цвет.

Черный бактериоз вызывается тремя видами бактерий: *Serratia marcescens* Biz., *Pseudomonas pyocyanea* Mig. и споровой палочкой типа *Bacillus mycoides* Plug. Данное заболевание впервые было обнаружено у вредной черепашки. Заболевшее насекомое приобретает характерный аромат и сине-черный оттенок.

Дизентерия (флашерия) – это весьма распространенное заболевание. Второе название болезни впервые было присвоено болезни тутового шелкопряда.

Типичным возбудителем дизентерии является бесспоровая палочка *Coccobacillus acridiorum* D'Her., выделенная из больных насекомых во время эпизоотии пустынной саранчи. Проявлениями данной болезни насекомых являются кишечные расстройства в виде поноса, выделений из ротового отверстия, резкого гнилостного запаха. После смерти насекомые чернеют и быстро разлагаются.

Молочная болезнь – это инфекционное заболевание жуков, вызванное споровыми бактериями. Молочная болезнь хорошо изучена у личинок японского жука. У него встречаются два типа этой болезни: возбудитель одной – *Bacillus popilliae* Dut., другой – *B. lentimorbus* Dut. Бактерии данного типа применяют в США для уничтожения японского жука. Больные личинки приобретают молочно-белую окраску из-за спор, наполняющих полость тела.

Молочная болезнь обнаружена также у майского жука, зеленой бронзовки и некоторых других видов, вызванная бактериями, сходными с *B. popilliae* Dut.

В Республике Беларусь, согласно Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на терри-

тории Республики Беларусь, допущены к применению следующие биопрепараты на основе бактерий: биопестицид Бактавен, Бацитурин, Битоксибациллин, Лепидоцид П, Лепидоцид СК, биопестицид Фрутин, биопестицид Экосад, Бревисин, Профибакт-Фито, Бактофит СК, биопестицид Бактосол, биопестицид Карфил, Planteco марки PhytoDос, Фитодапамога, Фитоспорин-М, биопестицид Ксантрел, Бактоцид, биопестицид Экогрин, Актарофит, Актофит, Фитоверм.

Биопестицид Бактавен – это препарат отечественного производства, выпускаемый в виде жидкости, в основе которой лежит *Bacillus subtilis* БИМ В-760Д. Титр спор – не менее 0,1 млрд/г. Биопрепарат предназначен для защиты посевов овса, томатов защищенного грунта (минеральная вата).

На овсе проводят последовательные обработки против фитопатогенного комплекса возбудителей болезней (корневая гниль, красно-бурая пятнистость) путем предпосевной обработки семян за 1–3 сут при расходе рабочей жидкости 10 л/т и опрыскивания растений в фазе появления флагового листа при расходе рабочей жидкости 300 л/га.

На томатах защищенного грунта (минеральная вата) проводят последовательные обработки 2%-ной рабочей жидкостью против корневых и прикорневых гнилей путем полива растений: первый – в период активного плодоношения, последующие – с интервалом 2 нед, 4-кратно, при расходе рабочей жидкости 250 мл на растение.

Бацитурин выпускается в нашей стране в виде жидкости и представляет собой спорово-кристаллический комплекс и экзотоксин *B. thuringiensis*, var. *darmstadiensis*, штамм № 24-91 с титром не менее 4 млрд. жизнеспособных спор в 1 г.

Препарат предназначен для борьбы с колорадским жуком (личинки 1–2-го возрастов) на картофеле путем двукратного опрыскивания в период массового появления личинок с интервалом в 7–8 дн. против каждого поколения вредителя (3 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

На моркови в период вегетации против морковной листоблошки препарат можно использовать дважды с интервалом в 10 дн. (3 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

Посадки капусты против капустной и репной белянок, капустной моли опрыскивают в период вегетации два-три раза (3 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

На огурце защищенного грунта Бацитурин рекомендован для двух-, трехкратного опрыскивания 1–2%-ной рабочей жидкостью с интервалом в 5–8 дн. против паутинного клеща (12–30 л/га).

Томат открытого и защищенного грунта против томатной минирующей моли в период вегетации можно опрыскивать 2%-ной рабочей жидкостью многократно с интервалом в 5–7 дн. (6–30 л/га).

Битоксибациллин выпускается в виде порошка, представляет собой спорово-кристаллический комплекс и экзотоксин *B. thuringiensis*, var. *thuringiensis*, штамм 98-1С с титром не менее 45 млрд. жизнеспособных спор в 1 г, БА – не менее 1500 ЕА/мг, содержание экзотоксина – 0,6–1 %. Биопрепарат производят в Российской Федерации.

Его используют на картофеле и томатах против колорадского жука в период массового отрождения личинок с нормой расхода 2–5 кг/га. Проводят 2–3 обработки с интервалом в 6–8 дн. против каждого поколения вредителя.

На сахарной свекле против матового мертвоеда в период массового отрождения личинок (при численности не более двух экземпляров на 1 м<sup>2</sup>) проводят 1–2 обработки с интервалом в 7–10 дн. с нормой расхода 2 кг/га. Против лугового мотылька (гусеницы 1–3-го возрастов) в посевах сахарной и столовой свеклы, подсолнечника, люцерны, капусты, моркови проводят 1–2 обработки с той же нормой расхода с интервалом в 7–8 дн.

На люцерне Битоксибациллин можно использовать против личинок 3–4-го возрастов люцернового клопа (2,5–3 кг/га) в период цветения 1–2 раза с интервалом в 10 дн.; двукратно против гусениц младших возрастов люцерновой совки (5 кг/га) с интервалом в 10 дн.; однократно против гусениц младших возрастов пядениц (5 кг/га) в период вегетации.

На капусте и других овощных против капустной совки (гусеницы 1–2-го возрастов) в период вегетации проводят 1–3 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя с нормой расхода 2 кг/га, против капустной и репной белянок, капустной моли, огневка (гусеницы 1–2-го возрастов) норму расхода снижают до 1–1,5 кг/га.

Битоксибациллин разрешен для многократного опрыскивания в период вегетации посадок огурца защищенного грунта против паутинного клеща, обработки проводят через 15–17 дн. 0,7–1%-ной рабочей жидкостью, норма расхода – 21–30 кг/га.

Против гусениц 1–3-го возрастов яблонной и плодовой молей, боярышницы в период вегетации проводят 2–3 опрыскивания через 7–8 дн. против каждого поколения вредителей с нормой расхода 2–3 кг/га, против листоверток, пядениц, златогузок с теми же регламентами применяется 3–5 кг/га препарата.

В борьбе с гроздевой листоверткой винограда в период вегетации (через 8–10 дн. после начала лета бабочек) проводят 1–2 обработки через 5–7 дн. против каждого поколения вредителя, норма расхода – 6–8 кг/га.

В период вегетации смородины и крыжовника против гусениц 1–3-го возрастов крыжовниковой огневки, листоверток, пядениц, а также пилильщиков и листовой галлицы допускаются 1–2 обработки био-препаратом через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя в норме 5 кг/га, а против паутинного клеща – многократные обработки через 15–17 дн. с такой же нормой расхода.

Лепидоцид выпускается в виде порошка и суспензионного концентрата, представляет собой спорово-кристаллический комплекс *B. thuringiensis*, var. *kurstaki*, штамм Z-52, БА – 3000 ЕА/мг (Лепидоцид, П) и БА – 2000 ЕА/мг (Лепидоцид, СК). Относится к препаратам инсектицидного действия. Производят его в Российской Федерации.

Лепидоцид, П предназначен для борьбы с картофельной молью путем погружения клубней перед закладкой на хранение в 1%-ную суспензию препарата (100 л на 1,5 т клубней) с нормой расхода 0,7 кг/т.

На столовой, кормовой и сахарной свекле, подсолнечнике, люцерне, капусте, моркови препарат применяют против гусениц лугового мотылька 1–3-го возрастов с нормой расхода 0,6–1,0 кг/га путем опрыскивания в период вегетации. Допускаются 1–2 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя.

На капусте и других овощных в период вегетации против капустной совки (гусеницы 1–2-го возрастов) рекомендовано проводить 2 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя с нормой расхода 1,5–2,0 кг/га, против капустной и репной белянок, капустной моли, огневков норму расхода следует снизить до 0,5–1,0 кг/га.

Против гусениц 1–3-го возрастов яблонной и плодовой молей на яблоне, груше, черешне, вишне и сливе в период вегетации проводят 1–2 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителей с нормой расхода 0,5–1,0 кг/га; против гусениц 1–3-го возрастов листоверток весенней группы, пядениц, златогузок, шелкопрядов, американской белой бабочки с теми же регламентами можно применять 1,0–1,5 кг/га препарата.

Лепидоцид, П применяется также против яблонной плодовой гусеницы в период массового отрождения гусениц с нормой расхода 2–3 кг/га. Опрыскивание проводят 2–3 раза через 10–14 дн. против каждого поколения вредителя.

Опрыскивание винограда против гроздевой листовёртки осуществляют с нормой расхода 2–3 кг/га в период вегетации через 8–10 дн. после начала лета бабочек. Проводят 1–2 обработки с интервалом в 5–7 дн. против каждого поколения вредителя.

На смородине, крыжовнике, малине, землянике, черноплодной рябине против гусениц 1–3-го возрастов крыжовниковой огневки, листовёрток возможны 1–2 обработки препаратом через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя в норме 1,0–1,5 кг/га.

Лепидодид, СК рекомендован для двукратного опрыскивания в режиме УМО в период вегетации яблони против горностаевой моли (гусеницы 1–2-го возрастов) с нормой расхода 3 л/га.

Действующим веществом препаратов Актарофит, Актофит и Фитоверм является Аверсектин, С. Препараты основаны на нативном продукте жизнедеятельности бактерии *Streptomyces avermitilis*. Имеют кишечно-контактное действие, вызывают паралич, а затем и гибель вредителей. Их выпускают в виде 0,2%-ного концентрата эмульсии. Высокочувствительны для пчел.

Обработку растений проводят в сухую, ясную и безветренную погоду, когда выпадение осадков в первые 8–10 ч после обработки маловероятно. Обработка проводится любым типом опрыскивателей, обеспечивающим мелкодисперсное распыление и равномерное смачивание листовой пластинки. Уже через 6–8 ч после обработки грызущие вредители перестают питаться (сосущие – через 12–16 ч). Необходимо учитывать, что гибель вредителей наступает на 2–3-и сут после обработки, а максимальный эффект достигается на 5–7-е сут. Действие препаратов на поверхности листа при благоприятных погодных условиях продолжается 7–20 сут. Обильная роса или незначительные осадки значительно снижают эффективность препаратов.

Препаратами на основе Аверсектина, С следует обрабатывать по возможности при температурах около 25 °С. При снижении температуры до 15–17 °С токсичность препарата значительно снижается.

Актофит и Фитоверм рекомендованы для борьбы с колорадским жуком на картофеле с нормой расхода 0,3–0,4 л/га. Опрыскивание производят в период вегетации 1–2 раза с интервалом в 7–8 дн.

Кроме того, Актофит используется для опрыскивания в период вегетации 1,04%-ной рабочей жидкостью посадок капусты против капустной моли, белянок (1,2 л/га, двукратно, расход рабочей жидкости – 300 л/га). Для защиты огурца и томата защищенного грунта от обыкновенного паутинного клеща в период вегетации проводят обработки

0,1%-ным раствором (5 л/га, двукратно, с интервалом в 10–12 дн., расход рабочей жидкости – 1000 л/га). Питомники яблони против тлей опрыскивают в период вегетации 0,6%-ной рабочей жидкостью (1,2 л/га, двукратно, интервал между обработками – 8–10 дн.).

Фитоверм рекомендован для опрыскивания 1,0%-ным раствором с интервалом не менее 20 дн. в период вегетации против паутинного клеща посадок огурца защищенного грунта (1–3 л/га, двукратно), томата, перца и баклажана защищенного грунта (1–3 л/га, трехкратно, расход рабочей жидкости – 1000–3000 л/га). На этих же культурах препарат зарегистрирован против бахчевой и персиковой тлей (8 л/га) и трипсов (15 л/га), обработки проводят в период вегетации с интервалом в 5–6 дн. (трехкратно, расход рабочей жидкости – 1000 л/га).

Биопестицид Фрутин выпускается в Республике Беларусь в виде жидкости и представляет собой штамм БИМ В-262 *Bacillus subtilis* с титром  $5 \cdot 10^9$ – $8 \cdot 10^9$  жизнеспособных спор в 1 мл.

Предназначен для обработки яблони против парши 5%-ной суспензией препарата с нормой расхода 20 л/га.

На плодовых культурах против европейского и бактериального рака рекомендуется дезинфекция раковых ран в период остановки сокодвижения 10%-ной суспензией препарата с последующим нанесением лечебной замазки (глина : коровяк, 1:1).

Рабочий раствор из бактериальных препаратов рекомендуется готовить следующим образом. Сначала готовят маточный раствор в небольшой емкости, который переносят в опрыскиватель и тщательно перемешивают в баке. В связи с тем что в теплой воде споры бактерии прорастают быстрее, для приготовления суспензии следует брать по возможности холодную (родниковую, колодезную или водопроводную) воду, чтобы на растения попадали непроросшие споры. Их прорастание должно произойти в кишечнике насекомого.

Приготовленную рабочую жидкость необходимо израсходовать в течение одного дня. Оптимальная температура для применения таких препаратов – 13–17 °С. Срок ожидания по большинству биопрепаратов на основе бактерий составляет 5 сут.

Как и химические препараты, биопрепараты на основе бактерий обладают определенными преимуществами и недостатками. К достоинствам такого рода препаратов следует отнести:

- 1) безопасность для человека и теплокровных животных;
- 2) достаточно широкий спектр действия на вредные объекты;
- 3) отсутствие специфических запахов;

4) возможность безопасного применения препаратов данного типа в период цветения растений и сбора урожая;

5) снижение плодовитости насекомых, попавших под обработку, но не погибших по каким-либо причинам.

К недостаткам относят:

1) желаемый эффект по снижению численности вредителей получают только при первичном заражении корма из-за малой вирулентности (совокупности болезнетворных свойств микробов: инфекционность, возможность проникновения в организм насекомого, способность образовывать ядовитые вещества, вызывающие болезнетворное действие) и контагиозности (заразительность инфекционного заболевания);

2) данные бактерии не вызывают эпизоотий;

3) бактериальные препараты обладают замедленным действием и гибель насекомых наступает лишь через 2–5 сут и более после обработки, а максимальный эффект достигается на 10-е сут. Однако после поглощения препарата насекомые очень быстро прекращают питание.

**Биопрепараты на основе энтомопатогенных грибов.** Грибные заболевания насекомых называются микозами. К настоящему времени описано более 530 видов энтомопатогенных грибов из 4 классов (аскомицеты, зигомицеты, хитридиомицеты и несовершенные грибы). Первые признаки заболевания у насекомого проявляются через 3–5 сут. На теле насекомых появляются различные пятна, насекомое становится вялым и неподвижным, затем наступает гибель. Главным образом микозы поражают сетчатокрылых, жесткокрылых и полужесткокрылых.

При применении грибов в виде биопрепарата (а это основной способ) заболевание, прежде чем создадут препарат, проходит 3 этапа:

1) выделение в чистую культуру;

2) проверка гриба на патогенность;

3) массовое размножение его на питательных средах.

Наиболее часто встречаемыми в природных условиях являются белый, розовый, зеленый мускардиозы.

Белый мускардиоз наиболее широко распространен среди насекомых. Эта болезнь вызывается грибами *Beauveria bassiana* Vuill., *B. tenella* Del. и *Paecilomyces farinosus* D. et Fr. Наиболее широко распространен и хорошо изучен гриб *B. bassiana*, вызывающий заболевание озимой совки, лугового и кукурузного мотыльков, вредной черепашки, колорадского жука и свекловичного долгоносика, других насекомых и разных видов клещей.

Из садовых вредителей этим заболеванием поражаются яблонная плодожорка, яблонная моль и др.

*B. tenella* поражает преимущественно личинки и имаго майских жуков, картофельную коровку и других насекомых.

Гриб пециломицес поражает многие виды насекомых из отрядов жесткокрылых, полужесткокрылых, чешуекрылых, перепончатокрылых, равнокрылых хоботных и двукрылых. Часто образует на насекомых длинные выросты – коремии, представляющие собой сросшиеся конидиеносцы.

Розовый мускардиоз вызывает гриб *Paecilomyces fumosoroseus* Wz., который отличается розовой окраской мицелия и спор. Этим заболеванием поражаются капустная муха, восклицательная совка, свекловичный долгоносик и многие другие вредители культурных растений.

Зеленый мускардиоз характеризуется плоским темно-зеленым грибным налетом на поверхности погибших насекомых. Возбудителем является гриб *Metarrhizium anisopliae* Sor. Поражает свекловичного долгоносика, проволочника.

Грибные заболевания не являются острозаразными и поражают, как правило, ослабленных насекомых. Для того чтобы увеличить эффективность грибных препаратов, рекомендуется применять их с половинными нормами расхода инсектицидов, рекомендованных на защищаемой культуре.

Из данной группы препаратов в нашей стране для производственного применения допущен Боверин зерновой-БЛ, Биоверт, Энтолек, препарат биологический Флебиопин, Триходермин-БЛ, препарат биологический Фунгилекс.

Боверин зерновой-БЛ представляет собой сыпучую массу, содержащую не менее 5 млрд. жизнеспособных спор в 1 г гриба *B. bassiana*, штамм 10E-79. Препарат отечественного производства.

Рекомендован для опрыскивания посадок картофеля против колорадского жука в период отрождения личинок 1–2-го возрастов с интервалом в 6–8 дн. (4 кг/га, двукратно); на огурцах защищенного грунта опрыскивание проводят по очагам тепличной белокрылки (личинки), табачного трипса, последующие обработки осуществляют с интервалом в 5–10 дн. (24 кг/га, шестикратно).

Рабочую жидкость готовят не ранее чем за 1–2 ч до опрыскивания. Необходимое количество биопрепарата и инсектицида смешивают с небольшим количеством воды до получения пастообразной массы. После этого при непрерывном помешивании добавляют остальное количество воды.

Споры гриба в организм насекомых проникают преимущественно через кожные покровы. Конидиоспоры гриба, попав на тело насекомого,

прорастают и проникают в полость, растворяя ферментами кутикулу. Грибница пронизывает все тело насекомого, образуя на его поверхности слой конидиеносцев с конидиями. Хозяин погибает, а конидии переносятся ветром, дождем, самими насекомыми, и цикл развития гриба повторяется.

**Биопрепараты на основе энтомопатогенных вирусов.** Данные вирусы были открыты русским ученым Д. И. Ивановским в 1892 г. при изучении мозаичной болезни табака. Первые описания вирусных болезней насекомых (гусениц тутового шелкопряда) появились в литературе в середине прошлого столетия.

Среди насекомых наибольшее число вирусных болезней известно у чешуекрылых, обнаружены они также у перепончатокрылых, двукрылых, жесткокрылых и паутиных клещей (красного цитрусового и плодового).

По мнению американских ученых, около 300 видов вирусов могут быть использованы для борьбы с вредными насекомыми.

Вирусы насекомых могут развиваться только в клетках живых организмов, поражая ядро или цитоплазму. В соответствии с этим различают ядерные и цитоплазматические вирусы. Все биопрепараты данного типа в своем составе содержат вирусы ядерного полиэдроза или вирусы гранулеза, относящиеся к семейству бакуловирусов (*Baculoviridae*).

Вирусы полиэдрозов в покоящемся состоянии заключены в особые белковые образования, внутриклеточные многогранные включения – полиэдры. Бывают полиэдры, имеющие форму тетраэдров, гексаэдров, ромбододекаэдров и др. Размеры полиэдров достаточно велики (0,5–15 мкм).

Вирусные частицы, заключенные в полиэдрах, у возбудителей ядерного полиэдроза имеют палочковидную форму, у возбудителей цитоплазматического полиэдроза – округло-овальную.

Вирусы гранулеза палочковидной формы. У них каждая вирусная частица имеет свою защитную эллипсоидную оболочку – гранулу или капсулу.

Вирусы цитоплазматического полиэдроза, относящиеся к семейству Реовириде (*Reoviridae*), в большинстве своем менее вирулентны и менее специфичны, чем вирусы ядерного полиэдроза и гранулеза.

При попадании с кормом в кишечник защитная оболочка растворяется, а вирусные частицы проникают в ткани насекомого и вызывают серьезные нарушения метаболизма клеток.

Главным образом поражаются вирусами личинки, в начальный период пораженные личинки мало отличаются от здоровых. Развитие

вирусов происходит в основном в тканях гиподермы, жирового тела, в гемолимфе и трахеях, а у пилильщиков и в эпителии средней кишки.

По мере развития заболевания личинки становятся вялыми, теряют аппетит, движутся вверх по растению. Тело их слегка вздувается и изменяет окраску. Незадолго до гибели гусеницы прикрепляются задними (ложными) ногами к веткам и повисают вниз головой. Вследствие разжижения тканей тела гусениц мутная жидкость вытекает из легко разрывающихся покровов. Эта жидкость не имеет специфического запаха. Инфекционная жидкость является источником дальнейшего распространения болезни среди здоровых насекомых.

Вирусами гранулеза поражается в основном жировая ткань, часто клетки крови и трахеи. Больные гусеницы менее активны, чем здоровые, а цвет тела становится беловатым или желтовато-белым, что особенно заметно с брюшной стороны.

Размножение вирусов цитоплазменного или цитоплазматического полиэдрозов насекомых происходит только в цитоплазме клеток эпителия средней кишки. По мере развития болезни полиэдры распространяются по всему пищеварительному тракту. При этом у насекомых наблюдаются потеря аппетита, отставание личинок в росте, иногда несоразмерная с телом большая голова. Позднее личинки становятся беловатыми с меловым оттенком, особенно на брюшной стороне.

Установлены два способа применения вирусных препаратов:

1) интродукция (внесение патогена в природную популяцию однократно с целью вызова эпизоотии);

2) применение вирусных биопрепаратов опрыскиванием по типу инсектицидов.

Для возникновения вирусной эпизоотии необходимо не только наличие инфекционного начала, но и сочетание ряда природных факторов.

Например, пониженные температуры удлиняют инкубационный период, а оптимальные – укорачивают. Так, инкубационный период ядерного полиэдроза у рыжего соснового пилильщика при температуре 12 °С составляет 19 дн., при 24 °С – лишь 4,5 дн.

Прямые солнечные лучи инактивируют вирусные частицы препарата, нанесенные на растения. Так, под прямым солнечным светом вирулентность гранулеза капустной белянки снижалась через 8 ч и полностью исчезала через 12–19 ч.

Для повышения эффективности вирусных препаратов их применяют со смачивателем ОП-7.

Биопестицид Мультифаг представляет собой жидкость, содержащую вирионы *Consortium Pseudomonas phages Pf-C* с титром фагов БОЕ не менее 1 млрд/см<sup>3</sup>.

Рекомендуется он для защиты огурца открытого грунта от бактериозов путем опрыскивания в период вегетации 2%-ной рабочей жидкостью при появлении первых признаков болезни (8 л/га, трехкратно, обработки с интервалом в 7–13 дн., расход рабочей жидкости – 400 л/га).

На основе вирусов гранулеза и ядерного полиэдроза ранее выпускались препараты Вирин КШ, Вирин ОС, Вирин ЭКС, Вирин ЭНШ и др. Каждый из препаратов был предназначен для борьбы с определенным вредным объектом.

**Антибиотики и почвенные антагонисты.** Среди почвенных антагонистов наиболее изучено применение для борьбы с возбудителями заболеваний гриба рода *Trichoderma*.

По сообщению Н. С. Федоринчика (1965), первое описание триходермы было сделано Х. Г. Пирсоном в 1794 г.

Гриб воздействует на возбудителя заболевания в нескольких аспектах:

- 1) выделяет антибиотики, которые воздействуют на патоген;
- 2) гифы гриба, оплетая гифы патогена, нарушают обмен веществ у последнего, что приводит его к гибели;
- 3) способствует повышению фунгицидной активности клеточного сока, что приводит к повышению иммунитета.

Почвенные антагонисты могут быть использованы для борьбы с возбудителями заболеваний двумя путями:

- а) содействие их деятельности в природе, осуществляемое агротехническими приемами (севооборот, внесение органики и др.);
- б) использование их по типу препаратов.

В Беларуси к применению допущены следующие препараты – Триходермин-БЛ, Препарат биологический Фунгилекс, Фитолавин.

Триходермин-БЛ – препарат на основе *Trichoderma lignorum*, штамм Т13-82 с содержанием не менее 6 млрд. жизнеспособных спор в 1 г, представляет собой сыпучую массу. Препарат отечественного производства.

Используется для защиты ячменя ярового от корневых гнилей путем обработки семян суспензией (5 кг/т, 10–14 л воды на 1 т семян).

На льне-долгунце Триходермин-БЛ рекомендован как для предпосевной обработки семян против фузариоза и плесневения (4–6 кг/т,

расход рабочей жидкости – 5 л/т), так и для опрыскивания посевов 2%-ной рабочей жидкостью в фазе быстрого роста против фузариоза и антракноза (6 кг/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

При выращивании капусты можно внести препарат перед посевом в посадочные гряды с заделкой в почву против черной ножки, почвенных фитопатогенов (30–40 г/м<sup>2</sup>), а также обработать корневую систему рассады суспензией препарата в составе «болтушки» из глины и коровяка (1:2,5) против бактериозов, почвенных фитопатогенов (10–15 кг на 100 л «болтушки»).

Семена моркови обрабатывают с увлажнением против альтернариоза и фомоза (30–35 г препарата и 10 мл воды на 1 кг семян).

На томате и огурце защищенного грунта против корневой, белой и серой гнилей, фузариозного и вертициллезного увядания проводят обработку семян с нормой расхода 20–30 г/кг. Можно применять препарат против данных болезней путем внесения в почву или в торфоперегнойные горшочки перед посевом и вторично перед посадкой рассады (50–60 г/м<sup>2</sup>); опрыскивать в период вегетации с интервалом в 10–12 дн. (0,2 кг препарата на 10 л воды, трехкратно); поливать рассаду через 3 дн. после высадки в грунт, последующие обработки осуществлять через 15–20 дн. (5 г препарата на 250 мл воды на растение, трехкратно).

Зеленные культуры защищенного грунта – укроп, петрушку (проточная гидропоника) против корневой гнили рекомендуется обрабатывать последовательно: внесение препарата в торфосубстрат (100 г препарата на 1 л воды на 10 л субстрата); полив через 5 сут после выставления растений на линию проточной гидропоники (1 мл на 100 мл воды на 1 горшочек).

Опрыскивание Триходермином-БЛ земляники садовой до и после цветения 2%-ной рабочей жидкостью способствует повышению урожайности и устойчивости к серой гнили (20 кг/га, расход рабочей жидкости – 1000 л/га).

Препарат биологический Фунгилекс на основе *Trichoderma* sp. D-11 содержит не менее 1 млрд. жизнеспособных спор в 1 мл, выпускается в жидком виде. Препарат отечественного производства.

Рекомендован для предпосевной обработки семян овса (кроме семенных посевов) против корневой гнили, плесневения семян, красной бурой пятнистости (2,5 л/т, расход рабочей жидкости – 10 л/т).

На огурце защищенного грунта против корневой гнили рекомендуют трехкратный полив растений: после высадки в теплицу, второй –

через 14–20 дн., третий – через 30–40 дн. (1 мл препарата на 100 мл воды на растение).

На томате защищенного грунта против корневой гнили рекомендован шестикратный полив растений с той же нормой расхода, что и на огурце: после высадки в теплицу, второй – через 14–20 дн., последующие поливы проводить с интервалом в 30–40 дн.

Зеленные культуры защищенного грунта – укроп, петрушку, салат (проточная гидропоника) против корневой гнили рекомендуется обрабатывать последовательно: внесение препарата в торфосубстрат перед посевом семян (100 г препарата на 1 л воды на 10 кг торфосубстрата); полив рабочей жидкостью непосредственно перед выставлением растений на линию проточной гидропоники (1 мл на 50 мл воды на 1 горшочек).

Для выращивания грибной массы чаще всего используют перегной, отходы зерна, получаемые при разведении трихограммы, свекловичный жом, мякину, солому, торф, виноградную выжимку и различные растительные остатки. Маточную культуру гриба выращивают на агаризованных твердых и жидких питательных средах.

Биопрепараты получают, засевая культурой гриба предварительно увлажненный и простерилизованный в автоклаве субстрат. При температуре 25–28 °С происходит его развитие в течение 6–7 дн. Полученный таким образом препарат в виде биомассы можно сразу применять в борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур. Если такой необходимости нет, биопрепарат можно высушить при температуре 30–40 °С и хранить в бумажных мешках в сухом помещении при температуре 5–10 °С в течение 1,0–1,5 года.

Впервые антибиотики в борьбе с болезнями растений были применены в США для борьбы с бактериальным ожогом плодовых культур. Там был использован медицинский стрептомицин.

Основным отличием антибиотиков от других биопрепаратов является высокая избирательность действия. Они подавляют бактериальных и грибных возбудителей заболеваний, не оказывая отрицательного влияния в рекомендованных для применения нормах на рост и развитие растений. Их действие мало зависит от погодных условий, так как высока скорость проникновения в растения.

Чаще всего они применяются в низких концентрациях из-за их высокой активности, что дает возможность избежать фитотоксичного действия этих препаратов на защищаемое растение.

К недостаткам препаратов данного типа следует отнести быстрое развитие устойчивости к ним у патогенных микроорганизмов. Именно

этим обусловлен запрет на использование в растениеводстве антибиотиков, применяемых для лечения человека и теплокровных животных.

В Англии, США, Японии выпускают антибиотики Агримицин, Агрестеп, Фитомицин, Фитостеп, которые представляют собой смесь стрептомицина с тетрациклином, другими антибиотическими веществами и фунгицидами. Они применяются в ряде стран для борьбы с болезнями различных культур, вызываемыми бактериями из родов *Pseudomonas* и *Xanthomonas*.

Наиболее широко организовано производство и применение антибиотиков для защиты растений в Японии. Там производят большие партии препаратов на основе продуктов жизнедеятельности актиномицетов (Бластицидин-S и заменяющий его Касугамицин) для защиты риса от пирикулярриоза.

В бывших СССР и БССР были разрешены к применению в растениеводстве Трихотецин, Фитобактериомицин и Фитолавин-100 в основном для борьбы с корневыми гнилями.

***Роль земноводных млекопитающих, пресмыкающихся и птиц в снижении численности насекомых.*** Из земноводных насекомыми питаются лягушки, жабы, квакши. Из семейства лягушки наибольшую активность проявляет бурая лягушка, наиболее активная ночью. Она питается листоедами, долгоносиками, щелкунами, пяденицами, тлями, клопами, совками, голыми слизнями. Зимуют данные земноводные на дне водоемов или на суше, зарываясь в землю, забираясь в норы грызунов.

Ужи питаются в основном грызунами, распространены по территории практически всей Беларуси.

Из 35 отрядов птиц, представители которых распространены по всему СНГ, 9 отрядов – естественные враги вредителей сельскохозяйственных культур, в 13 отрядах встречаются птицы, питающиеся насекомыми.

Грызунами питаются канюки, полевые луны, совы (домовой сыч, ушастая сова, болотная сова).

Наиболее распространенными на территории нашей страны являются птицы отряда воробьиные, в который входит 50 семейств. К этому отряду относят трясогузковых, синицевых, ласточек, мухоловковых, иволговых.

Примером полезной деятельности птиц является мухоловка-пеструшка, которая для питания 6 птенцов в течение 15 дн. собирает от 1 до 1,5 кг насекомых.

Грачи, сойки, скворцы также входят в этот отряд. Грачей очень сильно привлекают проволочники и свекловичные долгоносики. Один грач за сезон съедает более 8 тыс. проволочников. Вместе с тем следует отметить, что грачи выдергивают всходы зерновых культур, особенно кукурузы.

### 4.3. Автоцидный метод

Метод основан на использовании биологически активных веществ, регулирующих рост, развитие, размножение и поведение насекомых. По механизму действия биологически активные вещества подразделяют: а) нарушающие репродуктивное развитие насекомых и процесс онтогенеза (гормоны и их аналоги – антиювенильные препараты, экдизоиды, антиэкдизоиды, ингибиторы синтеза хитина, аналоги пептидных гормонов); б) нарушающие коммуникацию насекомых (феромоны, репелленты, антифиданты, алломоны, кайромоны, синомоны).

#### Регуляторы поведения насекомых

В организме насекомых вырабатываются и выделяются в окружающую среду разнообразные биологически активные вещества, с помощью которых осуществляются внутри- и межвидовые взаимоотношения.

По классификации биологически активных веществ, предложенной Р. Уиттекейером (В. Н. Буров, 1987), химические регуляторы поведения подразделяют на аттрактанты и репелленты.

*Аттрактанты* – это сигнальные вещества, вырабатываемые живыми организмами и вызывающие у воспринимающих их особей движения по направлению к источнику запаха.

*Репелленты* – это вещества, стимулирующие движение, направленное от источника запаха. Вещества, тормозящие какую-либо реакцию насекомых, носят название *детеррентов*.

*Межвидовые регуляторы* поведения (аллелохемики) подразделяют на алломоны, кайромоны, синомоны.

*Алломоны* – это выделяемые организмом вещества, которые при контакте с особью другого вида вызывают определенную физиологическую или поведенческую реакцию, благоприятную для особи, являющейся источником посылаемого сигнала. Это могут быть разнообразные яды, репелленты.

*Кайромоны* – это сигнальные вещества, выделяемые живыми организмами, вызывающие специфические поведенческие реакции, благо-

приятные для реципиента. Для продуцента кайромоны либо безразличны, либо вредны.

*Синомоны* – сигнальные вещества, которые при восприятии их реципиентами возбуждают поведенческие и физиологические реакции, благоприятные как для организма продуцента, так и для реципиента.

Среди химических регуляторов наиболее изучены кайромоны. Им принадлежит важная роль в механизме поиска насекомых-хозяев паразитами (энтомофагами). Получение и расшифровка химического состава кайромонов, определение мест их локализации и выделения являются перспективным путем в разработке приемов управления поведением паразитических насекомых, с помощью которого можно повысить эффективность используемых энтомофагов.

В перспективе возможны следующие направления использования синтетических кайромонов: 1) концентрация энтомофагов на определенных участках территории с целью усиления их роли в снижении численности вредителя; 2) предотвращение или сокращение миграций паразитов из мест выпуска; 3) повышение поисковой способности паразитов при массовом разведении энтомофагов; 4) применение в комплексе с другими способами.

Некоторые кайромоны уже идентифицированы и выделены. Так, из чешуек бабочек американской хлопковой совки было выделено вещество, привлекающее трихограмму и хризопу (паразитов яиц чешуекрылых).

***Внутривидовые регуляторы поведения насекомых.*** Вещества, вырабатываемые и выделяемые в окружающую среду живыми организмами, или их синтетические аналоги, вызывающие специфическую реакцию у воспринимающих их особей того же биологического вида, называются *феромонами*.

Феромоны насекомых относятся к разным классам органических химических соединений. В своем большинстве они являются биогенетическими производными жирных кислот.

В настоящее время различают:

1) половые феромоны или половые аттрактанты, привлекающие полового партнера и играющие в природе роль при поиске партнера. У чешуекрылых (Lepidoptera), например, их выделяют только самки, у жуков (Coleoptera) – и самки, и самцы;

2) феромоны скучивания или агрегации, регулирующие концентрацию популяций, например, стай или групп у прямокрылых (Orthoptera) и клопов (Hemiptera);

3) предупреждающие феромоны, вызывающие реакции тревоги и обороны, например, у тлей (Aphidina) при нападении хищников и у жалящих насекомых типа ос (Vespa spp.);

4) феромоны маркировки, служащие, например, у вишневой мухи (*Rhagoletis cerasi*) для маркировки плодов, в которые уже отложены яйца;

5) социальные феромоны, регулирующие специализацию и разделение труда у насекомых, образующих сообщества.

Феромоны выделяются в ничтожных количествах (железа одной самки выделяет несколько наногаммов ( $10^{-9}$  г)). Благодаря своей высокой летучести они действуют на расстоянии нескольких сотен метров.

В настоящее время наиболее изучены и нашли применение синтетические аналоги половых феромонов – половые аттрактанты. Наибольшие успехи достигнуты в изучении половых аттрактантов чешуекрылых. Создано уже более 600 биологически активных соединений – примерно для 300 видов насекомых.

Феромоны нашли широкое применение для надзора и сигнализации появления ряда вредителей в плодоводстве и виноградарстве. В Российской Федерации, например, зарегистрированы препараты Аценол и ПАК-ЗП. Для использования на полевых культурах на практике в основном применяют препараты на основе половых феромонов разных вредителей хлопчатника, кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis*), таких многоядных вредителей, как озимая совка (*Scotia (Agrotis) segetum*), совка-гамма (*Autographa gamma*) и вредителей овощных, как, например, капустная совка (*Mamestra brassicae*), капустная моль (*Plutella xylostella*) и гороховая плодоярка (*Cydia nigricana*). В Российской Федерации получены и испытаны феромоны хлопковой совки (*Heliothis (Helicoverpa) armigera*), жука-шелкуна крымского (*Agriotes tauricus*) и свекловичной минирующей моли (*Scrobipalpa ocellalella*).

Синтетические половые феромоны служат для следующих целей:

- а) выявление очагов карантинных вредителей;
- б) сигнализация о сроках проведения обработок в зависимости от плотности популяции вредителя;
- в) создание «самцового вакуума» и дезориентации особей;
- г) привлечение самцов вредных насекомых к источникам химической стерилизации.

**Феромонные ловушки для раннего обнаружения карантинных вредителей.** Ловушки с синтетическим половым аттрактантом применяются для выявления очагов карантинных объектов, особенно при

невысокой численности вредителя, еще до массового его распространения на большой территории. Так, 1 ловушка на площади 3–5 га дает возможность регистрировать даже единичные особи вредителя, что невозможно сделать при обычных способах обследования.

В нашей стране для сигнализации появления короеда-типографа был разрешен препарат Вертенол БС-1, который содержит цис-вербенол + диметилвинилкарбинол + АИД-1. Применяли из расчета 2–4 ловушки на 50 га ели.

В настоящее время против данного вредителя используют препарат феромонный Ипсвабол Д из расчета 1 ловушка на 25 га посадок ели для контроля за численностью вредителя, 1 диспенсер на 5–10 м<sup>3</sup> ловчей древесины ели – для борьбы методом отлова с применением ловчих штабелей и деревьев.

Для этих же целей против шелкопряда-монашенки допущен к применению препарат феромонный Лимвабокс М (д. в. – цис-диспарлюр) из расчета 1 ловушка на 50–100 га сосны и ели.

Для обнаружения непарного шелкопряда в лиственных и смешанных насаждениях рекомендован препарат феромонный Лимвабокс НШ (д. в. – цис-диспарлюр) из расчета 1 ловушка на 50–100 га.

С помощью феромонных ловушек обнаруживают червецов и щитовок; например, червеца Комстока – ловушки с 2,6-диметил-1,5-гаптадиен-3-ол ацетатом в качестве аттрактанта. В США таким образом борются со средиземноморской, дынной и восточной плодовыми мухами. Для этого вокруг мест возможного проникновения вредителей на территорию страны раскладывают ловушки с аттрактантом.

В настоящее время для мониторинга западного кукурузного жука в нашей стране используют препарат феромонный Дивабат из расчета установки 1 ловушка на 15–20 га, 1 ловушка на 25–30 га и 1–2 ловушки на 50–100 га в карантинной, охранной и буферной зонах соответственно. В посадках томата открытого и защищенного грунта для мониторинга томатной минирующей моли используется препарат феромонный Тутвабат из расчета 4 ловушки на 1 га.

*Ловушки для наблюдений за развитием вредителя и сигнализации о сроках обработки.* Раннее и своевременное проведение комплекса истребительных мероприятий по уничтожению вредителя позволяет сократить обработки инсектицидами. Особенно это важно в борьбе с вредителями, дающими много поколений в год. Принцип сигнализации сроков заключается в наблюдении за динамикой отлова вредителя; по достижении пороговой величины определяют момент

яйцекладки, а затем с учетом суммы активных температур и длительности эмбрионального развития – сроки отрождения личинок. На основании этих данных назначают сроки проведения обработок. По количеству отловленных насекомых можно судить о численности дочернего поколения. В бывшем СССР был разрешен препарат Ферофлор СР, содержащий 0,8 мг д. в. диенола, в комплекте с ловушкой Атракон-А. Для отлова бабочек яблонной плодовой гусеницы применяют 1 ловушку на 3–5 га площади, периодичность замены составляет 1 раз в месяц.

**Прогноз численности вредителя с помощью феромонных ловушек.** Численность вредителя прогнозируют по корреляционным показателям между численностью отловленных самцов и дочернего поколения. При этом необходимо учитывать много факторов: метеоусловия, миграцию, плодовитость самок, выживаемость яиц. Использование ловушек с феромоном дает возможность получать постоянную информацию об изменении численности вредителя и оперативно решать вопрос о целесообразности химических обработок.

Для мониторинга яблонной и сливовой плодовой гусеницы в настоящее время в Республике Беларусь рекомендованы препараты феромонные Цидвабол ((8E, 10E)-додека-8,10-диен-1-ол) и Гравабат ((Z)-додец-8-енилацетат) соответственно из расчета 1 ловушка на 3 га. Кроме этого Гравабат применяют для массового отлова вредителя из расчета 30 ловушек на 1 га.

Для контроля за численностью короеда-типографа в лесном хозяйстве в нашей стране рекомендованы препараты феромонные Ипсвабол Д и Ипсвабол Т.

Первый применяется из расчета 1 ловушка на 25 га ели и содержит вербенол + диметилвинилкарбинол, второй – с той же нормой расхода, но в основе содержит вербенол + диметилвинилкарбинол + ипсдиенол.

**Использование феромонов для снижения численности вредителей.** Существуют следующие приемы: а) дезориентация самцов; б) массовый отлов самцов; в) сочетание феромоновых ловушек со стерилиантами.

Дезориентация самцов основана на насыщении территории, на которой ведется борьба с вредителями, синтетическим феромоном или его ингибитором. Этим достигается как бы привыкание рецепторов антенн и центральной нервной системы насекомого к половым аттрактантам. В результате самцы теряют способность реагировать на исходящие от самок феромонные сигналы или же реагируют только на стимулы, интенсивнее фоновых. Большая часть самок остается неплодотворенной, что, в конечном счете, приводит к сокращению популяции вредителя.

Вещества такого типа называют *дизруптантами* (соединениями, прерывающими нормальный процесс спаривания).

Наиболее распространенными препаративными формами дизруптантов являются: а) фиброволокнистые половые диспенсеры; б) диспенсеры типа «сэндвич» (слоистые полимерные пластинки); в) микрокапсулы; г) смачивающиеся порошки.

Диспенсеры из полых фиброволокон представляют собой полимерные волокна, имеющие различный внутренний диаметр (не более 200 мкм) и длину не менее 1 см, наполненных феромоном.

Диспенсеры типа «сэндвич» представляют собой трехслойные полимерные пластинки. Внутренний пористый слой пропитан дизруптантом. Выделение феромона обеспечивается подбором различных типов наружных покрытий. Так, внешние слои, изготовленные из акрила, испаряются менее интенсивно, чем виниловые. К волокнистым и трехслойным диспенсерам добавляют прилипатели.

Микрокапсулированные препараты состоят из частиц полимерных или других материалов, пропитанных феромоном. Они наиболее удобны, поскольку по технологии не требуется специальной аппаратуры. Обычными опрыскивателями можно быстро обработать большие площади.

Для внесения смачивающихся порошков также используют обычные опрыскиватели.

Феромоны оказались наиболее эффективными против восточной и сливовой плодовой моли, хлопковой моли и долгоносика.

В нашей стране в 1978 и 1979 гг. проводились испытания феромонов яблонной плодовой моли для дезориентации самцов на площади 4 га плодового сада (Минская область). В ловушки на участке дезориентации прилетало в 50 раз меньше самцов яблонной плодовой моли, чем в контрольном саду.

В бывшем СССР испытан и рекомендован препарат ПАК-1К, действующее вещество – ацетол. Он выпускается в виде резиновых колец с содержанием в каждом 180–200 мг д. в. ацетол. Предназначен для борьбы с восточной и сливовой плодовой моли. На ветках деревьев развешивают кольца из расчета 1000 шт/га (180–200 г ацетол на 1 га) или 500 шт/га (90–100 г ацетол на 1 га). Рекомендуется однократное применение в начале лета бабочек каждого поколения.

Метод дезориентации полов имеет положительный опыт при его использовании в посевах хлопчатника в США, а в Европе – в основном в борьбе с яблонево-й плодовой моли (*Cydia pomonella*), яблонево-й сетчатой

листоверткой (*Adoxophyes orana (reticulana)*), гроздовой листоверткой (*Lobesia botrana*) и двулетней виноградной листоверткой (*Euroecilia ambiguella*). Опыт показывает, что метод можно успешно применять при определенных условиях: относительно изолированные насаждения размером, по крайней мере, 3 га; на краю поля следует помещать двойное количество ловушек; плантация должна быть равномерно покрыта низкорослыми формами деревьев (не выше 3 м). В опытах достигнуты хорошие результаты при применении этого метода в посевах гороха в борьбе с гороховой плодожоркой (*Cydia nigricana*).

Дезориентация как метод снижения численности насекомых имеет ряд ограничений. Его не следует рекомендовать при высокой плотности популяций вредителя, при наличии комплекса вредителей, для борьбы с которыми необходим целый набор феромонов.

**Массовый отлов самцов феромонными ловушками и создание самцового вакуума.** Этот способ основан на вылове с помощью феромонных ловушек большей части самцов (около 80 %) локальной популяции данного вредителя, в результате чего самки остаются неоплодотворенными. При низкой плотности достаточно около 30 ловушек на 1 га. Ловушки различного типа можно применять совместно с инсектицидами.

Хорошие результаты дает массовый вылов самцов некоторых вредителей леса, хлопчатника, чая, плодовых деревьев и винограда. Так, в Швеции и Норвегии за 2 года (1979 и 1980 гг.) в 1 млн. ловушек было отловлено 2,5–5 млрд. шт. жуков короеда-типографа.

В нашей стране для этих целей рекомендованы препараты феромонные Ипсвабол Д (цис-вербенол + диметилвинилкарбинол) и Ипсвабол Т (цис-вербенол + диметилвинилкарбинол + ипсдиенол).

Препарат феромонный Ипсвабол Д используют из расчета 1 диспенсер на 5–10 м<sup>3</sup> ловчей древесины для отлова короеда-типографа.

Препарат феромонный Ипсвабол Т применяют из расчета 4–6 ловушек на 1 га ели против того же вредителя.

В различных странах на больших площадях хлопчатника практикуют массовый отлов египетской хлопковой совки. В Японии, например, на площади 2000 га поврежденность растений снижалась в 3–5 раз. Инсектицидов при этом потребовалось на 60–70 % меньше.

Массовый отлов перспективен и против листовертки *Adoxophyes* spp. – серьезного вредителя чая. При размещении 1,0–1,4 ловушки на каждые 20 м<sup>2</sup> в период лета бабочек I и II генераций количество

поврежденных растений оказалось в 2 раза меньше, чем при обработке инсектицидами.

Метод создания самцового вакуума экономически оправдан при борьбе с вредителями, против которых за вегетацию необходимо проводить несколько обработок ядохимикатами. Особенно целесообразен массовый отлов в случаях, когда по санитарно-гигиеническим соображениям применение инсектицидов недопустимо.

Относительно многообещающие результаты были достигнуты при использовании феромонов в борьбе с амбарными вредителями, как, например, с мельничной огневкой (*Ephestia kühniella*), амбарной зерновой молью (*Sitotroga cerealella*), амбарной молью (*Nemapogon granella*) и южной амбарной огневкой (*Plodia interpunctella*). В России, например, применяют феромон кюнемон (д. в. – тетрадека-Z-9E-12-диен-1-ил-ацетат) на мукомольных, крупяных, комбикормовых предприятиях и складах с зернопродуктами. Для сигнализации появления мельничной и других видов огневки ловушки размещают в помещениях с температурой не ниже 10 °С из расчета 1 ловушка на 700–1000 м<sup>3</sup>. Ловушки заменяют по мере заполнения, но не реже 1 раза в 45 дн. Для массового отлова самцов используют 1 ловушку на 150–200 м<sup>3</sup>.

Практическое применение феромонов для борьбы с вредителями в защите растений затрудняют дороговизна мероприятий, трудности при определении оптимальной концентрации препарата и распределения, так как вредители реагируют только целенаправленно на определенные концентрации. Ограничивающим фактором их применения для прямой борьбы с вредителями является то, что у многих вредителей вредят личинки, а на феромоны реагируют только имаго, вследствие чего они не снижают потери от первых поколений вредителей.

**Репелленты**, или отпугивающие вещества, наиболее широкое применение нашли в ветеринарной медицине для отпугивания гигиенически опасных вредителей. В качестве репеллентов, кроме синтетических продуктов и природных соединений, применяют разные эфирные масла. Против насекомых, питающихся кровью, применяют, например, этилгександиол и диэтиловый толуамид. Для защиты растений (отпугивание вредных птиц) репелленты применяют в форме обработки семян. Такое действие, по сообщению Д. Шпаара, во многих случаях недостаточно выражено, что показал опыт обработки семян кукурузы в Германии препаратами на основе метиокарба для отпугивания фазанов (*Phasianus colchicus*) или посевного материала зерновых, кукурузы и зернобобовых

препаратом на основе антрахинона против ворон (*Corvus* spp.). Препараты для предотвращения повреждений, причиняемых дичью, также нашли определенное применение. В Германии, например, в этих целях используют Арбин и Корнит, которые размещают на высоте около 1 м над землей.

В нашей стране зарегистрирован для защиты картофеля, овощных, ягодных и цветочных культур, а также газонов препарат Кротмет с содержанием 150 г/кг *Allium sativum*. Он предназначен для отпугивания кротов.

Препарат закладывают в нору между двумя выбросами земли по 5–7 г (1–2 столовые ложки). Через 2–3 дн. проверяют наличие препарата. Если он засыпан землей, нору разрезают в другом месте и операцию повторяют.

Некоторые репелленты проявляют специфические реакции. Так, например, препарат BIOREPELL (100%-ный экстракт чеснока) имеет отпугивающий эффект в отношении капустной мухи у редиса, но не у редьки.

### **Регуляторы роста, развития и размножения насекомых (гормоны и их аналоги)**

**Гормонами** называют вещества, выделяемые организмом насекомых непосредственно в гемолимфу железами внутренней секреции или эндокринными железами; они регулируют рост, развитие и размножение. У насекомых вырабатываются три гормона: ювенильный (личиночный), экдизон (линочный) и мозговой, представляющие собой сложные химические вещества с очень высокой биологической активностью.

Основные типы соединений и их классификация представлены в табл. 17.

Основной особенностью всех регуляторов роста и развития насекомых является отсутствие прямого токсического влияния. В результате их применения резко нарушается последовательность запрограммированных онтогенетических процессов, скоординированность развития отдельных органов и систем между собой или всего организма с условиями окружающей среды. Вторая особенность связана с многообразием ответных реакций организма, которые определяются в большей степени этапом развития и в меньшей – типом соединения. Третья принципиальная особенность – неодинаковая чувствительность к ним

насекомых не только на разных этапах онтогенеза, но и в пределах одного этапа в зависимости от его продолжительности и видовых особенностей насекомых. Повышенная восприимчивость может сохраняться в течение нескольких часов, дней, а затем смениться полной нечувствительностью к препарату на длительное время.

Таблица 17. Основные типы регуляторов роста и развития насекомых

Типы регуляторов	Препарат	Особенности действия (эффекты)
Ювеноиды: ациклические	Метопрен, Гидропреп, Кинопреп, R-20458, Эпофенонен, Феноксикарб	Имитация действия ювенильного гормона, морфогенетический и гонадотропный эффект. Снятие имагональной диапаузы
циклические	–	–
Антиювенильные препараты: прекоцены	Прекоцен I и II	Аллатоцидное действие. Индукция преждевременного метаморфоза, диапаузы
фтормевалонаты	–	Гонадостатический эффект
Экдизоиды	–	Нарушение процессов линьки, снятие куколочной (иногда личиночной) диапаузы
Антиэкдизоиды	–	Ларвицидное действие
Ингибиторы синтеза хитина	Димилин, Алсистин, Эйм, Каскад	Нарушение процессов линьки, эмбриогенеза, стерилизующее действие

**Ювеноиды** – это аналоги ювенильного гормона насекомых. Это синтетические или выделенные из природных источников вещества, обладающие способностью при воздействии на насекомых вызывать такие же биологические эффекты, что и ювенильные гормоны. В соответствии с химической классификацией (Буров, 1987), к ним относятся вещества более 15 типов соединений – ациклические углеводороды и циклические ювеноиды различного строения.

**Антиювенильные препараты** представлены двумя группами соединений, имеющих следующие механизмы действия: 1) препятствующие нормальной секреции ювенильного гормона; 2) нарушающие биосинтез и метаболизм этого гормона.

В первую группу входят прекоцены – биологически активные природные или синтетические вещества. Впервые они выделены В. Бауэрсом из растения вида *Ageratum houstoniatum* семейства сложноцветных

(Буров, 1987). Из липидных экстрактов его получено два соединения группы хроменов. За способность при попадании в организм насекомых прерывать личиночное развитие и ускорять переход к имагообразным формам их и назвали прекоценами (прекоцен I и II). Прекоцены вызывают, в частности, полный преждевременный метаморфоз у саранчовых, потому перспективны в борьбе с этими вредителями.

Вторая группа антиювенильных соединений, ингибирующих биосинтез ювенильного гормона, представлена фтормевалонатами, бистиокарбаматами и арилтиокарбаматами.

Необходимо отметить, что прекоцены, активные против многих видов из отрядов Hemiptera, Coleoptera и Orthoptera, безвредны для насекомых из отряда Lepidoptera, а ингибиторы биосинтеза ювенильного гормона действуют исключительно на насекомых этого отряда.

**Экдизоиды** – это вещества, имитирующие действия личиночного гормона. К ним относят синтетические или естественные биологически активные вещества стероидной или иной природы, оказывающие на насекомых такое же физиологическое воздействие, как и их собственные личиночные гормоны (экдизон, экдистерон и др.). Экдизоиды выделены из растений и некоторых животных: из папоротников (*Pteridium*, *Blechnum*, *Onoclea*) и тиссовых (*Taxus*, *Pedocarpus*) – понастерон А и В; из корней орляка (*Pteridium aquilinum*) – понастерозид А (варабистерон); из листьев живучки (*Ajuga reptans*) – полиподин В; из морского краба – макистерон А и инокостерон. Все экдизоиды характеризуются большой сложностью молекулы и в связи с этим сложностью их проникновение через кожные покровы насекомых.

**Антиэкдизоиды** также оказывают ингибирующее действие на синтез гормона линьки насекомых. Они представляют собой азостероиды и их производные; выделены из растений. Так, агогалактен, полученный из живучки (*Ajuga reptans*), ингибирует активность личиночного гормона понастерона А у рисовой огневки.

**Ингибиторы синтеза хитина.** Хитин является биополимером, состоящим из аминоксахаров и протеинов. Он составляет основу кутикулы насекомых и играет важную роль в обеспечении деятельности скелетно-мышечной системы и защитной функции покровов насекомых. Нарушение биосинтеза хитина приводит к гибели насекомого. Соединения, способные при попадании в организм насекомых вызывать нарушения в процессе хитинообразования, называют ингибиторами синтеза хитина.

Так, в разных странах зарегистрированы для использования в плодоводстве препараты на основе феноксикарба (Инсегар), нарушающего

развитие личинок в куколки или яиц в личинки, и препараты на основе дифлубензурана (Димилин), тефлубензурана, трифлумурана и гексафлумурана (Сонет, Номолт), ингибирующие синтез хитина. Такой же эффект вызывает у клещей флубензимин, гексидиазокс (Ниссоран) и клофентизин (Аполло). Они являются по своему существу химическими средствами защиты растений.

Первым препаратом, который всесторонне изучен, стал Димилин, действующее вещество – дифлубензуран – 1(4-хлорфенил-1-3-(2,6-дифторбензоил) мочевины. Синтезирован целый ряд соединений с иным расположением атома фтора в бензольных кольцах, замещением фтора хлором и другими перестройками в молекуле дифлубензурана: пенфлуран, алсистин, хлорфлуазарон (Эйм), фторфеноксурон (Каскад) и др.

В почвах различного типа он легко гидролизуеться на множество метаболитов. Период полураспада для смачивающегося порошка составляет 3–7 дн. В органических субстратах разрушается медленнее – в навозе около 6 мес.

На надземных частях растений данный препарат не разлагается, чем объясняется продолжительность токсического влияния. Остаточные количества состоят исключительно из основного вещества, которое практически не смывается дождем. Количество остатков уменьшается в основном по мере роста стеблей и листьев.

После обработки Димилином личинки сначала кажутся неповрежденными. Однако во время линьки они не могут сбросить экзувий, тело их набухает, теряет жидкость и становится черным, после чего наступает смерть.

Биохимические исследования показали, что хитинообразование полностью блокировалось через 15 мин после впрыскивания личинкам этого препарата.

Дифлубензуран обладает ларвицидным и овицидным эффектом. Как ларвицид он действует аналогично кишечному яду: личинка, съевшая его вместе с кормом, живет до следующей линьки, а затем погибает. В результате у чувствительных видов насекомых подавляются все личиночные стадии, причем личинки младшего возраста более восприимчивы.

Другой чувствительный период в жизненном цикле насекомого – стадия куколки. Известны случаи, когда после обработки сублетальной дозой препарата личинки погибали не при следующей линьке, а в стадии окукливания. При этом куколка или умирала, или из нее выходило уродливое насекомое, которое в скором времени также погибало.

Как овицид дифлубензурон действует при непосредственном контакте с яйцами насекомого и при токсикации самок. Весьма чувствительны к препарату яйца яблонной плодовой тли и хлопковой тли. Как правило, более восприимчивы свежееотложенные яйца.

Селективность Димилина определяется несколькими факторами. Он, являясь кишечным ядом, не подавляет сосущих насекомых (паутинные клещи и тли), а также многих ведущих скрытый образ жизни (огневки и долгоносики). Кроме того, он не уничтожает насекомых в стадии имаго.

Исследованиями многих ученых показано, что Димилин не оказывает отрицательного влияния на лесных энтомофагов, короедов и древесинников, так как их личинки питаются внутри древесины. Однако в отдельных случаях короеды, еловые и южные сосновые лубоеды испытывали овицидное действие препарата.

В соответствии с программой по борьбе с болезнями, вызываемыми в тропических зонах насекомыми-переносчиками, принятой Всемирной организацией ООН по вопросам здравоохранения (ВОЗ), Димилин применяли в Индии, Таиланде, Кении и Индонезии. С помощью обработки сильно загрязненных сточных вод городских районов 100 г д. в. Димилина на 1 га поверхности воды удалось подавить развитие комаров.

Димилин оказывает разное влияние на полезные водные организмы. Например, моллюски, веслоногие ракообразные (*Cyclops* spp. и *Diaptomus* spp.), мелкие ракообразные (включая *Cyprionotus* spp. и *Sypricercus* spp.) не очень чувствительны к препарату, а ветвистоногие рачки (*Cladocera*) сильно страдают от него, особенно *Daphnia* spp. Так как Димилин в воде быстро разлагается, исходная популяция чувствительных видов полезных организмов восстанавливается через 1–3 нед.

К группе препаратов со сходным действием относят и инсектицид на основе феноксикарба Инсегар.

В настоящее время в нашей стране Димилин и Инсегар не рекомендованы.

### **Сочетание биологически активных веществ с другими методами защиты**

Перспективным примером сочетания биологически активных веществ является совместное использование феромонов с инсектицидами для избирательного ограничения природных популяций вредителей. Это позволяет не только существенно снизить расход препарата, но и локализовать его влияние, тем самым устраняется опасность нанести вред биоценозу.

Очень хороший эффект дает сочетание феромонных ловушек со стерилантами. В качестве приманки могут служить синтетические половые или пищевые аттрактанты. Так, при применении ловушек с Диматифом из расчета 25–30 шт. на 1 га против 1-го поколения яблонной плодовой мушки эффективность находилась на уровне химического эталона. В Молдавии стерилизующие ловушки (12–40 шт/га) при невысокой численности яблонной плодовой мушки сокращали поврежденность плодов на 1,3–1,8 % против 7,5 % в контроле (без обработок).

Одним из недостатков регуляторов роста и развития насекомых является медленное действие, поэтому их целесообразно применять в виде баковых смесей с невысокими нормами инсектицидов. Такие смеси к тому же менее токсичны для теплокровных. Кроме того, соединение разных препаратов может дать синергический эффект. Это относится, например, к гормоноподобным веществам – ингибитору синтеза хитина и ювеноидам. Их различие состоит в том, что к ингибиторам синтеза хитина наиболее чувствительны личинки младших возрастов, в то время как к ювеноидам – насекомые старшего возраста, особенно перед метаморфозом. Именно за счет этого достигается максимальное воздействие при незначительном расходе препаратов. Так, в борьбе с опасным многоядным вредителем – американской белой бабочкой – Димелин и ювеноид гидропрен полностью подавляют ее популяцию при снижении количества препаратов почти в 20 раз.

В ряде случаев регуляторы роста и развития можно использовать при искусственном разведении энтомофагов. Так, ювеноиды стимулируют гормональную реактивацию и синхронизацию яйцекладки вредной черепашки – хозяина яйцедов-теленосов, позволяют вести круглогодичную культуру яйцеда.

Таким образом, регуляторы роста, развития и поведения являются важнейшим элементом интегрированной борьбы с вредителями или программ управления их численностью.

#### **4.4. Генетический метод**

Генетический метод разработан А. С. Серебровским и опубликован в 1940 г. в «Зоологическом журнале». Сущность его заключается в насыщении природной популяции вредителя особями генетически неполноценной (нежизнеспособной или бесплодной) расы того же вида, полученной путем отбора, лучевой или химической стерилизации. Нежизнеспособность насекомых может быть обусловлена наслед-

ственно закрепленным недоразвитием жизненно важных органов, резким преобладанием в потомстве самцов, губительным для популяции изменением жизненного цикла и поведения насекомых, повреждением хромосомного аппарата, также приводящими к бесплодию популяции.

Все это достигается следующими способами:

- 1) обработка гамма- и рентгеновскими лучами;
- 2) обработка хемостерилиантами;
- 3) использование цитоплазматической несовместимости.

Практически генетический метод борьбы с вредителями можно осуществлять двумя способами:

- 1) массовым выпуском заранее обработанных гамма- и рентгеновскими лучами особей вредителя;
- 2) автостерилизацией в природных условиях, как правило, используя хемостерилианты.

Основным приемом генетического метода является лучевая и химическая стерилизация.

Данный метод впервые был применен в США в борьбе с мясной мухой. Объект был полностью уничтожен на острове Санмбел в 1954 г., а затем и на острове Кюрасао (Япония) в 1955 г.

В Калифорнии успешно подавлено размножение мексиканской фруктовой мухи (выпускали по 0,75 млн. стерильных самцов в неделю на площади 235 миль<sup>2</sup>); полностью уничтожен очаг размножения средиземноморской плодовой мухи (выпускали 600 млн. стерилизованных самцов в течение года на площади около 100 миль<sup>2</sup>), что предотвратило предполагаемый годовой ущерб более 1,6 млн. долл.

Положительные результаты в производственных опытах были достигнуты и в области защиты растений при борьбе со средиземноморской плодовой мухой (*Ceratitis capitata*), вишневой мухой (*Rhagoletis cerasi*) и оливковой мухой (*Dacus oleae*). В Голландии успешно применяют этот метод в борьбе с луковой мухой (*Delia antiqua*). Отрицательные результаты получены при применении метода против капустных мух в данной стране.

При применении лучевой стерилизации следует учитывать следующее:

- 1) популяция должна быть ограничена в ареале естественными преградами, чтобы исключить проникновение самцов из других ареалов;
- 2) массовое размножение выпускаемых стерильных самцов должно быть возможным с экономически оправданными затратами;

3) выпущенные особи не должны вредить посевам и посадкам сельскохозяйственных растений.

У самцов под воздействием облучения возникают повреждения хромосомного аппарата. При спаривании со стерильными самцами необлученные самки откладывают нежизнеспособные яйца. Для достижения эффекта численность стерилизованных самцов должна намного превышать численность самцов природной популяции.

Химическая стерилизация насекомых проводится с помощью хемотрерилантов. В настоящее время известно более 500 химических соединений, вызывающих стерильность у насекомых. Современные хемотрериланты относятся исходя из механизма действия к 2 группам: антиметаболиты и алкилирующие агенты.

**Антиметаболиты** – это вещества, структурно очень близкие к естественным метаболитам организма и при попадании в него вытесняющие их в процессе обменных реакций. К ним относят антиметаболиты фолиевой кислоты – метотрексат и аминоптерин.

**Алкилирующие вещества** – это соединения, при помощи которых происходит замещение атома водорода в молекуле какого-либо вещества на алкильную группу. К ним относят следующие препараты: Тэфа, Метэфа, Тиотэфа, Третамин, Афолат.

Этот метод из-за своих токсикологических проблем (большинство вышеназванных хемотрерилантов действуют неспецифично и являются для теплокровных более или менее мутагенными, онкогенными, тератогенными веществами) не нашел практического применения.

Другими теоретическими подходами генетического метода являются использование внутривидовой несовместимости (например, аллопатические популяции некоторых видов насекомых не дают при скрещивании потомков) и выведение популяций насекомых без диапаузы, которые не жизнеспособны в регионах с соответствующими климатическими условиями.

#### 4.5. Физический метод

Физический метод включает использование высоких и низких температур, ультразвука, солнечного света и источников искусственного освещения, в том числе ультрафиолетового (УФ) и радиационного излучений.

В интегрированной защите растений физический метод может применяться в следующих направлениях.

1. Использование минусовых температур для борьбы с вредителями в период хранения урожая и продуктов его переработки. Так, например, для борьбы с видами зерновок бобовых культур – их (семена) охлаждают до температуры  $-10...-11$  °С.

2. Обеззараживание почвы путем прогревания от почвообитающих вредных организмов. Прогреванием почвы можно уничтожать семена сорняков, вирусы, бактерии, грибы, нематоды.

Чувствительность к высоким температурам у вредных организмов разная. При 30-минутном воздействии температур от 50 до 60 °С уже отмирают почвообитающие нематоды, грибы родов *Pythium*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, возбудителей фузариозного увядания ряда овощных культур, например, грибы *Fusarium oxysporum*.

Чаще всего обогрев производят паром.

3. Применение токов высокой частоты (может быть использовано ионизированное излучение). Так, например, для дезинфекции зерна, заселенного вредителями, используют ток высокой частоты. В США (штат Калифорния) проводят исследования по использованию токов высокой частоты против сорняков (но, к сожалению, при этом часто гибнут дождевые черви и энтомофаги).

4. Использование ионизирующих излучений для повышения устойчивости к заболеваниям. Так, отмечается увеличение устойчивости у растений пшеницы к стеблевой ржавчине и твердой головне, томатов – к фитофторозу.

Кроме того, ионизирующие излучения могут быть использованы для уничтожения вредителей запасов. Зараженное зерно облучают потоком ускоренных электронов в дозе 20–40 крад, обеспечивающих немедленное прекращение размножения взрослых насекомых и клещей и резкое сокращение срока их жизни. Производительность технологической линии составляет 200 т зерна в 1 ч.

5. Сушка зерна и зернопродуктов. Это направление является профилактическим и истребительным против амбарных клещей, долгоносиков, а также болезней, сохраняющихся на поверхности семян.

6. Применение светоловушек. В различных местах сельскохозяйственных угодий устанавливаются сильные источники света, которые снабжены специальными приспособлениями для отлова насекомых с целью их учета и определения сроков и необходимости обработок. Используются в промышленных садах для отлова бабочек. Светоловушка представляет собой источник света и бумагу с клеящим веществом.

7. Термическое обеззараживание семян ячменя и пшеницы от пыльной головни чаще применяют на первых этапах семеноводства.

В настоящее время термическое обеззараживание (двухфазное и однофазное) применяется главным образом для обработки семян пшеницы и ячменя против пыльной головни. Сущность двухфазного обеззараживания заключается в намачивании семян в воде при температуре 28–52 °С в течение 3–5 ч, затем в горячей воде при температуре 52 °С 8 мин или при 53 °С 7 мин. В связи с громоздкостью двухфазное обеззараживание в последнее время применяется очень ограниченно. Однофазное обеззараживание заключается в прогревании семян в течение 3–4 ч в воде при температуре 45 °С или в течение 2 ч при 47 °С. После термического обеззараживания семена охлаждают и просушивают до кондиционной влажности.

8. Факельное уничтожение сорняков на полях. Используют факельные культиваторы с температурой на выходе 70–80 °С (однако велика гибель энтомофагов и дождевых червей на поверхности почвы). При шоковом нагревании при температуре 110 °С в течение 0,1 с разрушаются клеточные оболочки и растение высыхает. Сорняки обугливаются.

Термические меры борьбы применяют в основном до всходов культуры. Культуры с медленным развитием (морковь, столовая свекла) обрабатывают такими культиваторами до всходов.

9. Обеззараживание почвы в парниках, теплицах горячим паром при температуре не менее 100 °С. После 46 мин экспозиции почва практически освобождается от вредных микроорганизмов.

10. Облучение красным светом некоторых гибридов кукурузы повышает устойчивость ее к вредным объектам и обеспечивает прибавку урожая на 10,6–16,5 %. Для этих же целей может быть использован лазерный свет. Так, облучение семян ячменя при экспозиции 0,5–1,5 ч и плотности 1 мВт/см увеличивало общую кустистость, влияло положительно на прохождение отдельных фаз развития растений и укрепляло растения.

11. Весеннее солнечное облучение семян зерновых культур перед посевом в течение 3–7 дн. резко снижает поражаемость растений пыльной головней. При воздействии солнечного света на корне- и клубнеплоды в них активизируются биохимические процессы, замедляется развитие патогенов.

12. Для защиты томатов, огурцов, фасоли от вредителей на поверхности почвы раскладывают полоски алюминиевой фольги. Отражаю-

щиеся от фольги УФ лучи отпугивают белокрылку и тлей – переносчиков вирусов. В результате пораженность растений уменьшается на 11 %.

13. Озонированием или же облучением питательного раствора ультрафиолетовыми лучами можно инактивировать вирусы и вредные организмы, но данное оборудование является очень дорогим.

14. Специфическое действие отдельных цветов используют для прогноза развития вредителей в форме цветковых чашек-ловушек или досок-ловушек, снабженных клеевыми полосами. Желтые клеевые ловушки применяют для определения начала лета крестоцветных блошек, рапсового цветоеда, капустных и луковой мух.

В теплицах можно использовать желтые клеевые доски для определения начала поражения тепличной белокрылкой, табачной белокрылкой. При достаточно большом их количестве можно снизить рост их популяций. Но такие клеевые доски снижают одновременно численность и энтомофагов (например, энкарзии в теплицах).

15. Применение отпугивающих пленок против тлей – переносчиков вирусов в овощеводстве. Для этих целей применяют укрытие почвы алюминиевой фольгой или полимерными пленками. Вероятно, по данным Д. Шпаара (2005), действие их основано на том, что коротковолновые лучи при инсоляции отражаются и этим нарушают визуальную ориентацию у крылатых форм тлей.

#### **4.6. Механический метод**

К особенностям применения механического метода относят его трудоемкость, что ограничивает применение, а также возможность его использования в основном в одной отрасли (плодоводство), когда другие более совершенные методы невозможно применить.

Основными направлениями использования механического метода являются:

1. Устройство преград. Преграды предотвращают напользание вредителей и расселение их. От свекловичного долгоносика по краям поля устраивают заградительные канавки, которые можно заполнять горячим, затем сжигать.

В плодовых садах на стволы деревьев накладывают клеевые кольца из специального клея. Они предохраняют деревья от напользания гусениц непарного шелкопряда.

В борьбе с голыми слизнями, улитками также можно использовать заградительные канавки. На небольших участках (в садах, огородах,

парниках, теплицах, на селекционных и коллекционных посевах) практикуют устройство канавок на глубину 15–30 см с наполнением их материалом, затрудняющим передвижение слизней (опилками, хвоей, песком).

2. Сбор и уничтожение вредителей. Яблонный цветоед собирается путем обивания стволов яблонь мягким молотком (обкручен мягкими тканями) или колотушкой в утренние часы, когда он цепенеет от утреннего понижения температуры. Под яблоней застилают брезент, а затем собранных таким образом долгоносиков сжигают или уничтожают другим путем.

В борьбе с моллюсками практикуют также ручной сбор вредителя.

3. Обрезка больных побегов, ветвей плодовых деревьев. Например, в борьбе с ржавчиной яблони и груши рекомендуется производить обрезку пораженных побегов и скелетных ветвей с захватом 5–10 см ниже места поражения (возможный источник образования эцидиальной стадии) или срезание и сжигание ветвей, поврежденных калифорнийской и запятовидной щитовками.

4. Механическая прочистка сортовых посевов от отдельных больных растений. Особенно важна на картофеле в борьбе с черной ножкой.

5. Уничтожение промежуточных хозяев возбудителей ржавчин хлебных злаков (крушина, барбарис вблизи полей). Крушина является также растением, на котором питается крушинная тля.

6. Очистка семян от сорняков и механически поврежденных растений.

7. Ручная прополка посевов от сорных растений.

8. Скарификация семян с толстой оболочкой путем пропускания через машины-скарификаторы. Применяют больше всего в отношении семян плодовых, лесных или декоративных культур. Семена также можно протирать крупным песком, но осторожно.

#### **4.7. Карантин растений**

Понятие «карантин» возникло более чем 600 лет тому назад. Слово произошло от двух итальянских слов *quarante giorni* (40 дней), что обозначает сорокадневный срок. Столько дней на рейде стояли приморские корабли у побережья Италии, прибывающие из других стран. Эту меру ввели в связи с возникновением эпидемии чумы. Это постановление было введено в Италии в 1374 г. для предупреждения завоза и распространения заразных болезней, так как в это время не были

изобретены прививки, отсутствовали другие эффективные меры для борьбы с опасными инфекционными болезнями.

Карантин растений – это система государственных мероприятий, направленных на защиту растительных богатств страны от завоза и вторжения из других стран карантинных и особо опасных вредных организмов, а в случае проникновения карантинных объектов на локализацию и ликвидацию их очагов.

Карантинным объектом называют вид вредного организма, который отсутствует или ограниченно распространен на территории страны, но может быть занесен или же самостоятельно проникнуть извне, вызывая при этом значительные повреждения растительной продукции.

Способы распространения карантинных вредных организмов разнообразны. Их делят на два основных пути – активный и пассивный. Активный путь – это перелеты насекомых, переползание. Пассивный связан с абиотическими факторами (это переносы возбудителей болезней, вредителей, семян сорняков на шерсти животных, с воздушными массами, водными течениями и другими способами). К пассивному способу можно отнести антропохорный путь, который связан с деятельностью человека. В последнее время он становится наиболее опасным в распространении карантинных вредных объектов. Это обусловлено расширением прямых торговых связей (объемы импорта возросли в 1000 раз); научно-технических и культурных отношений, в том числе туризма.

С посевным и посадочным материалом из Америки в Европу проникли филлоксера винограда, кровяная тля, многие червецы, колорадский картофельный жук, фитофтора, повилика, амброзия, пероноспороз табака, ряд ржавчинных грибов. Из Европы в Америку были завезены хлебный комарик, гессенская муха, рак цитрусовых, средиземноморская плодовая муха.

Государственная служба по карантину растений со штатом карантинных инспекторов, с карантинными полями, лабораториями, размещенными во всех пограничных районах и областях, была создана в 1931 г.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 27 января 2003 г. «О совершенствовании управления организациями агропромышленного комплекса» создана Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. В ее состав вошли Комитет по государственному контролю в семеноводстве, Белорусская государственная инспекция по карантину растений, Рес-

публиканская станция защиты растений. Данное подразделение осуществляет государственный контроль за соблюдением республиканскими органами государственного управления, юридическими и физическими лицами, индивидуальными предпринимателями законодательных и других правовых актов по вопросам семеноводства, карантина и защиты растений. Оно имеет территориальные инспекции во всех областях и районах.

В государственную службу карантина растений входят государственная инспекция по карантину растений, пограничная государственная и государственная инспекция в районах и областях (с карантинными лабораториями и фумигационными отрядами). На границе есть карантинные пограничные пункты по карантину растений. Каждый из них несет ответственность за осуществление карантина на данном участке границы. Карантинные лаборатории занимаются определением вида карантинных объектов и разработкой мер по недопущению их проникновения на территорию республики. Фумигационные отряды проводят непосредственную работу по уничтожению некоторых карантинных объектов.

***Карантинные объекты для Республики Беларусь.*** В Республике Беларусь объектами внешнего карантина являются (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г., № 158; список изменяющих документов (в редакции Решений Совета Евразийской экономической комиссии от 30 марта 2018 г., № 25, от 8 августа 2019 г., № 74, от 18 мая 2021 г., № 54)): насекомые и клещи – 102 вида, нематоды – 8, грибы – 28, бактерии и фитоплазмы – 13, вирусы и вириды – 16, растения – 12 видов.

***Внешний карантин растений.*** Он направлен на защиту от ввоза особо опасных вредных организмов, а также на предотвращение вывоза карантинных объектов, которые оговариваются в договорах со страной-импортером. Проводится путем досмотра продукции, поступающей из-за рубежа. При обнаружении карантинного объекта в продукции производят его уничтожение.

Карантинные мероприятия распространяются на следующие виды продукции:

- 1) семена и посадочный материал сельскохозяйственных, лесных, декоративных культур, растений и их части (за ними устанавливают особый контроль, так как очень легко спрятаться вредителям);
- 2) свежие и сушеные плоды, овощи и орехи;
- 3) кофе, чай, мате (парагвайский чай) и пряности;

4) продовольственное, фуражное и техническое зерно, копра, солод, лекарственное и растительное сырье и другая продукция растительно-го и животного происхождения;

5) коллекции насекомых, возбудителей болезней, образцы наносимых ими повреждений, а также гербарии растений, коллекции семян;

6) культуры живых грибов, бактерий, вирусов, нематод и клещей, насекомых, являющихся возбудителями и переносчиками болезней растений;

7) тара, древесина, отдельные промышленные товары, упаковочные материалы, изделия из растительных материалов, которые могут быть переносчиками вредителей, болезней растений и сорняков, монолиты и образцы почв.

Запрещается ввоз в Республику Беларусь из зарубежных стран:

1) подкарантинных материалов, зараженных карантинными организмами;

2) возбудителей болезней растений, культур живых грибов, бактерий, вирусов, а также насекомых, клещей и нематод, повреждающих растения или растительную продукцию, семян сорных растений, за исключением образцов, ввозимых для научных целей;

3) почвы, живых укорененных растений и их подземных частей с почвой;

4) свежих плодов и овощей в посылках, ручной клади и багаже пассажиров в количестве, превышающем 5 кг.

***Карантинные мероприятия, проводимые внутри страны.*** Цель внутреннего карантина – предотвращение распространения карантинных объектов внутри страны, своевременное выявление и ликвидация очагов развития карантинных объектов. Для этого систематически проводят обследования сельскохозяйственных угодий, мест хранения и переработки продукции и прилегающих к ним территорий.

При установлении зараженности принимают меры по локализации очагов с последующей их ликвидацией. Мероприятия внутреннего карантина следующие.

1. В районах, где произрастают карантинные сорняки, не размещают семеноводческие хозяйства, земли не отводят под семеноводческие посевы. Следует учитывать, что семена повилки сохраняются в почве от 4 до 7 лет.

2. Хранение и очистку семенного материала, засоренного карантинными объектами, необходимо проводить в отдельном помещении. Категорически запрещается вывоз семян в другие хозяйства или районы.

3. Запрещается использовать семенной материал без свидетельства Государственной семенной инспекции по качеству семян.

4. Отходы после очистки семенного материала или других партий зерна, которые были засорены карантинными сорняками, следует использовать только в размолотом или запаренном виде, а малоценные, непригодные для кормовых целей, – списывать, оформляя соответствующим актом.

5. Рекомендуется тщательно очищать зернохранилища, мешкотару, зерноочистительные машины и орудия, транспортные средства от земли, остатков соломы, половы, зерна, особенно при переездах с засоренных участков на поля, свободные от карантинных сорняков.

6. Солому и сено, засоренные карантинными сорняками, надо использовать только в тех хозяйствах, где они выращены, обязательно запаривая, а навоз и подстилку складывать в отдельные бурты и применять в перепревшем состоянии.

7. Запрещено ввозить картофель из районов, где есть виды нематод. Необходимо проверять клубни сортов, поступающих из НИИ, в специальных карантинных питомниках.

8. В борьбе с раком картофеля и золотистой картофельной нематодой необходимо соблюдать севооборот. Есть данные, что в почве в виде цист данный карантинный объект сохраняется в течение 8–10 лет. Поэтому, вероятно, наиболее оптимальным является возвращение картофеля на прежнее место через 8–10 лет. При этом необходимо чередовать картофель с посевами неповреждаемых нематодой культур: люпин, клевер, горох, ячмень. В условиях многопольных севооборотов следует предусматривать выращивание непоражаемых культур в течение 9–10 лет.

9. Необходимо выращивать устойчивые к раку и видам нематод сорта картофеля.

10. Сельскохозяйственные машины и орудия должны тщательно очищаться от остатков почвы после работы на полях, где обнаружены карантинные объекты.

11. Следует применять химические средства защиты растений в очагах обнаружения карантинного объекта.

#### **4.8. Селекционно-семеноводческий метод**

Одним из наиболее надежных методов защиты растений от вредных объектов является возделывание устойчивых сортов.

Семеноводческие меры защиты предусматривают периодическую сортосмену, если старые сорта теряют прежнюю устойчивость из-за

изменений, произошедших в генотипе растений, или же изменения расового состава в популяции возбудителя заболевания.

**Сорт как средообразующий фактор.** Сорт – это совокупность культурных растений, созданная путем селекции, обладающая определенными наследственными морфологическими, биологическими и хозяйственными признаками и свойствами (ГОСТ 2008–74). По данным А. А. Жученко, вклад селекции в повышение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур за последние 30 лет оценивается в 30–70 %. Именно сорт, сохраняя и поддерживая генетическое постоянство, обеспечивает основные требования, предъявляемые к производству любой сельскохозяйственной культуры: продуктивность, энергоэкономичность и природоохранность, экологически безопасное качество. Значение устойчивости к поражению вредными объектами сложно переоценить. Это связано с тем, что в последние годы резко возросла забота об окружающей среде и на посевах устойчивых сортов применяют меньше ядохимикатов, что уменьшает пестицидную нагрузку на 1 га пашни и увеличивает сохраняемость на данной площади энтомофагов. В итоге это приводит к ослаблению риска загрязнения почвы, водных источников, пищевой продукции токсичными поллютантами.

Устойчивый сорт – это новое качество экологической среды в самом широком понимании этого выражения. Сорты одной и той же культуры отличаются по продолжительности вегетационного периода, темпам роста, строению покровных и механических тканей, а также по другим признакам, отвечающим за средообразующую роль растений в агрофитоценозе. Например, сорт картофеля Сантэ имеет низкий стеблестой и, как следствие, лучше проветривается, а значит меньше вероятность закрепления возбудителя заболевания на растении.

Сорта пшеницы по-разному привлекают и повреждаются шведскими мухами в зависимости от формы кустистости, длины стебля, периода от всходов до кушения и т. д.

Таким образом, сорт является средообразующим фактором, на основе которого должны строиться защитные мероприятия от вредителей, болезней и сорняков в зависимости от способности его противостоять вредным объектам.

Устойчивость сортов зерновых культур к ржавчине связана с морфологическими и физиологическими особенностями растения. Если на листьях имеется восковой налет, то растение поражается заболеванием

меньше. Устойчивые к этому заболеванию сорта имеют более тонкие стенки эпидермиса и меньшие устьица. Важное значение имеет в этом случае также способность к образованию некрозов. У растений устойчивых к болезни сортов при проникновении гиф гриба отмирают близлежащие клетки, что способствует образованию некрозов. Гриб не может развиваться в таких условиях при отсутствии живой ткани и погибает.

**Методы создания устойчивых сортов.** Различия в степени повреждения сельскохозяйственных культур обуславливаются следующими причинами:

а) анатомо-морфологическими особенностями. У некоторых сортов отдельные органы и ткани имеют такое строение, которое препятствует проникновению насекомых к месту питания или повреждения. Это связано со строением эпидермиса, кутикулы, с наличием опушения, воскового налета;

б) фенологическими особенностями роста и развития. Различия в сроках наступления фенологических фаз у различных сортов могут сказываться на степени их повреждения некоторыми насекомыми. Так, отдельные сорта ячменя, у которых фазы всходов и кущения проходят раньше откладки яиц шведской мухой, меньше поражаются данным вредителем;

в) способностью сортов восстанавливаться или компенсировать рост повреждаемых насекомыми органов и тканей. Некоторые сорта различаются по способности образовывать вторичные побеги кущения при повреждении растений отдельными насекомыми;

г) особенностями биохимического состава тканей и органов растений.

В настоящее время при создании сортов применяют следующие методы.

1. Индивидуальный отбор – основывается на оценке по потомству отобранных и индивидуально размножаемых лучших по устойчивости растений.

2. Метод гибридизации – скрещивание между собой двух и более сортов, различающихся на генетической основе. По характеру возникновения различают спонтанную (естественную – осуществляется в природе, независимо от человека) и искусственную (осуществляется человеком) гибридизацию.

Различают несколько категорий искусственной гибридизации:

- внутривидовая – скрещивание растений сортов, относящихся к одному виду, при этом скрещивания проходят легко и эффективно. Лю-

пин Академический 1, скрещивая с сортами немецкой селекции, получил устойчивость к фузариозу. Таким же способом созданы сорта ржи Вятка, ячменя Винер, овса Московский 315;

- межвидовая – между сортами окультуренных видов или между культурным сортом и диким видом. От скрещивания пшеницы тургидной с пшеницей двурядной получен сорт Харьковский 46, устойчивый к гессенской и шведской мухам;

- межродовая – имеет наибольшие перспективы в плане создания устойчивых форм, так как получаются принципиально новые виды, сочетающие в себе родительские свойства.

3. Индуцированный мутагенез – основан на искусственных мутациях с дальнейшим отбором. Украинской академией наук данным методом создана озимая пшеница Киянка, устойчивая к пыльной головне, мучнистой росе и некоторым другим болезням.

4. Генная инженерия и использование биотехнологии – позволяют преодолеть нескрещиваемость между отдельными видами и родами растений. На основе этих способов был осуществлен ряд программ по созданию устойчивых сортов:

а) конвергентные сорта – несут в себе несколько генов устойчивости. Программа впервые была осуществлена Рудольфом;

б) многолинейные сорта – представляют собой смесь линий, одинаковых по агрономическим качествам. Каждая линия содержит один ген устойчивости. Основа создания данных сортов была заложена ученым Ван дер Планком. Используется во многих селекционных центрах. Вероятность появления эпитифотий на этих сортах гораздо меньше, чем на конвергентных;

в) сорта с полигенной устойчивостью. Они постоянны в течение десятков лет по сохранению устойчивости.

**Генетически модифицированные сорта.** В настоящее время это один из наиболее перспективных способов придания устойчивости к различным болезням, вредителям и изменения хозяйственно ценных признаков в сторону, необходимую человеку.

Уже в последнее время генетически измененные сорта занимают в США 42,8 млн. га (63 % общей площади), Аргентине – 13,9 (21 %), Канаде – 4,4 (6 %), Бразилии – 3 (4 %), Китае – 2,8 (около 4 %) и Южной Африке – 0,4 млн. га (около 1 %). На эти 6 стран приходится 99 % всех посевных площадей трансгенных культур. Такие культуры выращивают также в Индии, Австралии, Испании, Румынии, Болгарии, Германии, Мексике, Уругвае, Колумбии, Гондурасе, на Филиппинах и в

Индонезии, всего в 18 странах, заметную долю которых составляют развивающиеся страны. Практически во всех перечисленных странах в 2003 г. имел место значительный рост площадей под трансгенными культурами по сравнению с 2002 г.: в Китае и Южной Африке – 33 %, Канаде – 26, в США – 10, Индии – 100, в Испании – 33 %. Заметим, что Бразилия начала выращивать генетически модифицированные сорта (сою, толерантную к гербицидам) именно в 2003 г., и сразу на 3 млн. га.

В нашей стране ставится задача получить сорт картофеля, который бы не повреждался колорадским жуком за счет привнесения в его геном гена бактерии *B. thuringiensis*, отвечающего за выработку Вt-токсина (эндотоксин бактерии *B. thuringiensis*). Исследованиями ученых из США установлено, что образующийся в тканях трансгенных растений риса, картофеля, кукурузы Вt-токсин в концентрации 0,02 % от общего белка растения убивает менее 85 % целевых вредителей (О. А. Монастырский, 2000).

В Институте картофелеводства НАН Республики Беларусь проводят исследования по генетически измененному картофелю в плане его устойчивости к вирусным заболеваниям.

Наиболее активно работы в этом направлении ведут в США. Из всех выращиваемых в этой стране растений 28,4 % занимают гербицидоустойчивые культуры, 23,4 % – устойчивые к насекомым, 25,4 % – растения с улучшенным качеством продукта.

По видам культур из всех трансгенных растений кукуруза составляет здесь 39 %, томаты – 15, соя – 12, картофель – 11, хлопчатник – 9 %.

В Российской Федерации к началу 1998 г. было проведено около 30 опытов с трансгенными растениями. Один из сортов картофеля, обладающий устойчивостью к  $\gamma$ -вирусу, в этот же год был передан в Государственную комиссию по охране селекционных достижений Российской Федерации.

**Методы оценки растений на устойчивость.** При выведении сортов сельскохозяйственных культур крайне важным является оценка их на устойчивость к вредителям и болезням, что дает возможность в последующем прогнозировать необходимость определенных мероприятий по защите данной культуры.

При оценке растений на устойчивость используют естественные и искусственные источники инфекции.

Недостатки естественных инфекционных источников состоят в следующем:

а) в полевой популяции данной местности могут отсутствовать ра-сы вредных организмов, способных поражать испытываемые растения;

б) трудно добиться равномерного распределения инфекционной нагрузки.

При оценке растений на искусственных инфекционных фонах инфекцию заносят на растения посредством ряда приемов:

- заражение через почву;
- заражение семян, листьев, стеблей, цветков.

Устойчивость испытуемых растений характеризуют количественными показателями, а ее степень выявляется самыми разными методами.

1. Метод учета пораженных растений по типу реакции (увядание, вирусозы, виды головни).

2. Метод учета степени поражения или повреждения (виды ржавчины, парши, объедания листьев). Учет производят путем определения занятой болезнью (или поврежденной вредителем) поверхности растения. При этом используют разные шкалы, эталоны.

3. Методы учета по степени вредоносности. Они отражают степень выносливости (или устойчивости) к болезням и вредителям через определение их вредоносности на культурах. При статистическом учете по результатам оценки каждого растения вредоносность определяют по формуле

$$P = \frac{\Sigma(ab) \cdot 100}{Nk},$$

где P – развитие болезни, %;

$\Sigma(ab)$  – сумма произведений числа больных растений на соответствующий им балл поражения;

N – общее количество учтенных растений (здоровых и больных);

k – высший балл шкалы учета.

4. Метод учета устойчивых растений по физиолого-биохимическим изменениям в их тканях.

**Использование устойчивых сортов, сортообновление.** Семеноводство – это наука о сохранении чистосортности сортов, их размножении и производстве оригинальных, элитных семян с высокими сортовыми, посевными качествами и урожайными свойствами.

Через систему семеноводства осуществляют сортообновление. Первое понятие подразумевает замену старых, возделываемых в производстве сортов новыми, обладающими более высокой урожайностью, улучшенным качеством продукции или другими хозяйственно полезными признаками и свойствами, занесенными в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород.

Второе понятие подразумевает плановую замену в производстве семян низших репродукций, ухудшивших свои сортовые и биологические свойства в процессе размножения, на семена элиты или высших репродукций.

Периодичность сортообновления зависит от условий выращивания, уровня проведения мероприятий, предотвращающих биологическое и механическое засорение сортовых посевов, предупреждающих засорение сортов вредителями и болезнями, которые приводят к ухудшению сортовых, посевных, урожайных и других хозяйственно-биологических признаков и свойств.

***Устойчивые сорта как основа защитных мероприятий.*** В основе защитных мер лежит возделывание устойчивых сортов сельскохозяйственных культур, которые обладают в той или иной степени способностью противостоять поражению вредителями или же развитию тех или иных заболеваний. Тетраплоидные сорта Пралеска и Зазерская-3 являются зимостойкими, засухоустойчивыми и относительно устойчивыми к полеганию.

Так, например, у озимой ржи диплоидный сорт Офелия характеризуется хорошей зимостойкостью и устойчивостью к засухе, снежной плесенью поражается слабее контроля.

Сорта озимой мягкой пшеницы Асима и Варя характеризуются высокой зимостойкостью, сорт яровой мягкой пшеницы Знамя слабо восприимчив к мучнистой росе и фузариозу колоса.

Сорт овса Фристайл слабовосприимчив к красно-бурой пятнистости.

У озимого рапса сорт Медей отличается зимостойкостью, устойчивостью к полеганию, осыпанию, фомозу. Сорт Северин отличается высокой зимостойкостью, устойчивостью к бактериозу и пероноспорозу. Сорт Золотой отличается устойчивостью к альтернариозу и склеротиниозу.

Для люпина узколистного сорта Ярык характерны устойчивость к загущению, полеганию, осыпанию, толерантность к антракнозу.

Сорт ярового ячменя Адамант устойчив к стеблевой ржавчине, мучнистой росе и ринхоспориозу, слабовосприимчив к пыльной головне.

Гибрид сахарной свеклы Людмила КВС характеризуется устойчивостью к ризомании, церкоспорозу, толерантностью к мучнистой росе и рамуляриозу. Гибрид Толеранца КВС устойчив к свекловичной нематоде.

Гибрид кукурузы Роналдинио характеризуется холодостойкостью, устойчивостью к пузырчатой головне, фузариозу зерна и стебля.

Сорт картофеля Вектор характеризуется комплексной устойчивостью к раку картофеля, сухой фузариозной гнили, ризоктониозу, антракнозу, вирусным заболеваниям.

Именно исходя из этих качеств сортов необходимо строить защитные мероприятия.

***Значение семеноводства в повышении устойчивости к вредным организмам.*** Семеноводство – это отрасль сельскохозяйственной науки и производства, призванная обеспечить хозяйство высококачественными семенами возделываемых культур.

Одной из важных задач семеноводства является сохранение и в ряде случаев повышение устойчивости сортов к вредным организмам. По каждой культуре разработана своя схема семеноводства. В процессе осуществления этих схем отбирают лучшие растения и бракуют растения с отрицательными признаками, в том числе по устойчивости к вредным организмам. При этом достигают эффекта в улучшении свойств самого сорта. При разведении семян в элитхозах худшие бракуют. Существуют требования к наличию инфекционного начала на семенах. Лучших результатов достигают с сортами-популяциями, перекрестно опыляющимися растениями и гибридными сортами.

#### **4.9. Химический метод**

Применение химических средств защиты растений является самым радикальным методом борьбы с вредными объектами. Оно имеет ряд преимуществ.

Прежде всего они отличаются большой универсальностью, т. е. применяются в защите сельскохозяйственных растений от вредных грызунов, насекомых, клещей, нематод, возбудителей болезней и сорняков. Их успешно применяют также в борьбе с переносчиками инфекционных болезней человека, с членистоногими в быту, вредителями запасов сельскохозяйственной продукции. Химические средства используют и для облегчения трудоемких работ при уборке урожая для подсушивания стеблей и листьев. К ядохимикатам относят и препараты для борьбы с полеганием сельскохозяйственных культур при повышенной влажности, а также соединения, ускоряющие созревание культур.

Применение пестицидов можно механизировать с использованием средств личной и общественной безопасности. Высокопроизводительные опрыскиватели, протравливающие установки и другие средства

механизации позволяют за короткое время провести большой объем работы, что необходимо при угрозе полной потери сельскохозяйственной продукции.

Химический метод отличается высокой технической эффективностью, т. е. применение химических средств защиты растений позволяет добиться более 80–90 % гибели вредных организмов.

Химические средства защиты растений обеспечивают высокую окупаемость дополнительных затрат.

Однако наряду с большими достоинствами химических средств защиты растений следует отметить и их недостатки: прежде всего, токсичность химических средств защиты растений для теплокровных животных и человека, но постепенное изменение ассортимента применяемых ядов привело к резкому снижению их токсичности.

Современные пестициды представлены синтетическими соединениями, чужеродными для агрофитоценозов, которые не участвуют в жизнеобеспечении растительных организмов и могут оказывать отрицательное влияние на биоту и человека.

Вопрос о загрязнении окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека – это важнейшая проблема современности, имеющая большое социальное значение. Однако мнения об опасности ядохимикатов часто не обоснованы. По сравнению с другими веществами, которыми человек загрязняет природу, роль ядохимикатов невелика, доля их составляет 0,2–0,3 % всех загрязнений, вносимых в природу в результате деятельности человека.

Однако отказаться от применения пестицидов в настоящее время нет возможности. Согласно исследованиям, проведенным в нашей стране Национальным институтом защиты растений, применение комплексной защиты растений от вредителей, болезней и сорняков позволяет сохранить урожай ячменя – 10,6 ц/га, овса – 8,2 ц/га, картофеля – 80 ц/га, сахарной свеклы – 60,8 ц/га, льна-долгунца – 11,9 ц/га (табл. 18).

**Таблица 18. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур при отказе от проведения мероприятий по борьбе с вредителями, болезнями и сорняками**

Культура	Урожайность, ц/га		Снижение урожайности, ц/га
	при комплексной защите от вредных организмов	без проведения защитных мероприятий	
Ячмень	35,3	24,7	10,6
Овес	30,1	21,9	8,2
Картофель	176,2	96,2	80,0
Сахарная свекла	296,0	228,0	68,0
Лен-долгунец	37,8	26,9	11,9

При проведении защитных мероприятий соотношение затрат на минеральные удобрения и защиту растений разнится в зависимости от урожайности сельскохозяйственной культуры и при увеличении урожайности сельскохозяйственной культуры возрастает (табл. 19).

**Таблица 19. Соотношение затрат на защиту растений и минеральные удобрения при различных уровнях урожайности**

Культура	Урожайность, ц/га	Затраты на защиту растений, у. е/га	Затраты на минеральные удобрения, у. е/га	Отношение затрат на защиту растений к затратам на минеральные удобрения
Озимая пшеница	35	54	69	0,7
	50	94	102	0,9
Озимая рожь	30	40	60	0,6
	40	65	98	0,7
Ячмень	35	33	60	0,5
	50	62	86	0,7
Картофель	200	107	71	1,5
	250	141	98	1,4
Сахарная свекла	250	51	81	0,6
	400	122	144	0,8

Так, у озимой пшеницы при урожайности 35 ц/га затраты составляют 54 у. е/га по пестицидам и 69 у. е/га по минеральным удобрениям. При этом поддерживается отношение затрат 0,7. Увеличение урожайности культуры до 50 ц/га влечет и увеличение затрат на агрохимикаты. Здесь соотношение возрастает до 0,9.

У озимой ржи при урожайности 40 и 65 ц/га показатель соотношения соответственно составил 0,6 и 0,7.

При выращивании картофеля с урожайностью 200 ц/га затраты на минеральные удобрения составили 71 у. е/га, на средства защиты растений – 107 у. е/га, при этом поддерживается соотношение 1,5. Увеличение урожайности картофеля до 250 ц/га меняет соотношение до 1,4. При этом затраты на защиту растений возрастают до 141 у. е/га, а на минеральные удобрения – до 98 у. е/га.

Преобладающими затратами при выращивании сахарной свеклы являются затраты на минеральные удобрения. Они составляют 81 у. е/га при урожайности 250 ц/га и 144 у. е/га при урожайности 400 ц/га. Отношение затрат на защиту растений и удобрения соответственно составляют 0,6 и 0,8 при заданных уровнях урожайности культуры.

Ассортимент пестицидов довольно большой и характеризуется значительным разнообразием по свойствам, назначению, особенностям действия, влиянию на человека, теплокровных животных и полезные организмы, поведению в биосфере и последствию. При применении химических средств защиты растений требуется строгое соблюдение соответствующих инструкций и указаний, регламентирующих правильное и безопасное их применение.

В нашей стране, согласно Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь и приложениям к нему, зарегистрировано 947 средств защиты растений. Из них 35,4 %, или 335 торговых названий, составляют гербициды (табл. 20). Фунгициды занимают 22,7 % ассортимента, а инсектициды и акарициды – 108 торговых названий, или 11,4 %.

Таблица 20. Количество препаратов, зарегистрированных в Республике Беларусь на 2020 г.

№ п/п	Группа препаратов	Количество торговых названий	Процент от общего числа
1	Гербициды	335	35,4
2	Фунгициды	215	22,7
3	Инсектициды и акарициды	108	11,4
4	Протравители семян	90	9,5
5	Регуляторы роста и ретарданты	75	7,9
6	Дефолианты и десиканты	29	3,1
7	Биопрепараты	34	3,6
8	Родентициды	2	0,2
9	Нематициды	1	0,1
10	Биотехнические средства	34	3,6
11	Феромоны и репелленты	24	2,5
	Всего	947	100

Анализ структуры применяемых в Беларуси средств защиты растений указывает на тенденцию роста общей стоимости проведения защитных мероприятий в условиях республики. При этом в 2020 г. общая стоимость применяемых в Республике Беларусь пестицидов составила 252,2 млн. долл. США (табл. 21).

Таблица 21. Структура средств защиты растений (по группам препаратов), применяемых в Беларуси, 2011–2020 гг.

Группа препаратов	Стоимость применяемых пестицидов, млн. долл. США				
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Протравители	17,8	21,5	20,6	26,4	20,8
Фунгициды	30,4	39,3	41,8	44,0	32,0
Гербициды	116,4	133,5	140,4	147,0	106,2
Инсектициды	3,9	5,6	7,5	7,4	6,1
Прочие	6,7	9,1	8,9	9,2	8,7
<b>Итого...</b>	<b>175,2</b>	<b>209,0</b>	<b>219,2</b>	<b>234</b>	<b>173,8</b>
Группа препаратов	Стоимость применяемых пестицидов, млн. долл. США				
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Протравители	16,5	20,0	19,9	21,3	21,6
Фунгициды	29,3	36,6	37,1	45,3	51,0
Гербициды	114,0	139,2	137,3	141,2	152,0
Инсектициды	7,1	8,7	10,7	12,0	13,4
Прочие	6,2	5,5	8,3	9,6	14,2
<b>Итого...</b>	<b>173,1</b>	<b>210,0</b>	<b>213,3</b>	<b>229,4</b>	<b>252,2</b>

При оценке объемов применяемых средств защиты растений за 2007–2020 гг. не установлена закономерность по общему тоннажу применения, вместе с тем, как указано выше, отмечается рост суммарной стоимости пестицидов в изучаемый период. К 2020 г. общий объем применяемых пестицидов достиг 11157 т при 4566 т отечественного производства (41 %). Стоимость отечественных средств защиты растений составила свыше 78 млн. долл. США, или 31 % от общей стоимости всех применяемых средств защиты растений на территории Республики Беларусь (табл. 22).

**Таблица 22. Структура средств защиты растений  
(по объемам применения препаратов), применяемых в Беларуси, 2007–2020 гг.**

Годы	Объемы применения средств защиты растений					
	тонн пестицидов		% к общему объему, всего	на сумму, млн. долл.		% к общему объему, всего
	всего	в том числе отечественного производства		всего	в том числе отечественного производства	
2007	11686	599	5	127	19	15
2008	12784	4959	39	180	44	25
2009	12949	5432	42	179	38	21
2010	14007	6711	48	206	55	27
2011	12410	5838	47	175	55	31
2012	14429	7427	51	209	77	37
2013	13676	6308	46	219	77	35
2014	12287	5889	48	234	90	38
2015	8630	3798	44	174	58	33
2016	8267	3904	47	173	35	20
2017	9113	4337	48	210	45	21
2018	9648	3906	40	213	70	33
2019	10619	4221	40	229	70	31
2020	11157	4566	41	252	78	31

Таким образом, применение пестицидов в нашей стране занимает довольно большие объемы в защитных мероприятиях, проводимых при выращивании сельскохозяйственных культур.

Однако первостепенное значение при применении пестицидов должно занимать безопасное применение ядохимикатов при не нарушении существующих связей в агрофитоценозе.

## **5. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ**

В настоящее время сельское хозяйство является очень динамичной отраслью, которая впитывает в себя самые последние достижения современной науки. Современное сельское хозяйство активно использует спутниковый мониторинг для прогнозирования урожая и развития, распространения и вредоносности вредных организмов сельскохозяйственных культур, а также последние достижения биотехнологии. В этом нет ничего удивительного, ведь население земного шара стремительно растет и, следовательно, нуждается в дополнительных ресурсах – в первую очередь в продуктах питания. Следовательно, по-

вышение урожайности сельскохозяйственных культур возможно за счет внедрения инновационных технологий в растениеводстве.

Необходимость развития в республике рыночных отношений, основывающихся на производстве конкурентоспособной продукции, что очень важно в условиях резкого увеличения стоимости энергоресурсов, требует оптимизации имеющихся интенсивных технологий и разработки и внедрения новых инновационных технологий. Это позволит существенно сократить потребление в растениеводстве техногенной энергии, обеспечит получение более дешевой продукции в требуемом объеме и уменьшит загрязнение окружающей среды остатками средств интенсификации сельскохозяйственного производства.

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур принадлежит селекции за счет внедрения высокоурожайных сортов и гибридов, а также внедрения энергосберегающих, экологобезопасных технологий, в том числе цифровизации защиты растений, интегрированной защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности, технологии возделывания культур по системе Clearfield (Клеарфилд, Чистое поле), технологии точного земледелия и др.

**Цифровые технологии и роботизированные комплексы.** Цифровые технологии и автоматизированные роботизированные системы приносят в сельское хозяйство наиболее желаемую эксплуатационную гибкость и экономию средств и времени, они позволяют исключить рутинно повторяющуюся и часто тяжелую ручную работу. Роботы могут полностью автономно поддерживать или выполнять посев, уход за растениями, фитосанитарный контроль за развитием и распространением вредных организмов, сбор урожая или другие агроприемы.

Интегрированные решения в области устойчивого ресурсосберегающего растениеводства обретают массовое применение посредством объединения различных типов сенсоров, IoT-технологий, автоматизированной и беспилотной техники, роботизированных производственных систем. Платформенные решения, технологии обработки больших данных и машинного обучения позволяют перейти к глубокой реорганизации бизнес-процессов в сельском хозяйстве.

Искусственный интеллект в сельском хозяйстве с помощью анализа показаний сенсорных датчиков предупреждает о заморозках и влагообеспеченности почвы, отражает климатические данные, фиксирует условия роста вегетативной массы. Цифровые технологии помогают выявить распространение и развитие вредных организмов в посевах и предпринять необходимые действия для обработки полей.

Технологии искусственного интеллекта помогают в прогнозировании урожая, распространения и развития вредных видов в посевах. Для качественного прогноза нужны хорошие исторические данные, на основе которых можно построить карту урожайности (с учетом рельефа поля, географии и других характеристик), чтобы опираться на них при планировании посева.

Искусственный интеллект приходит на помощь при выявлении проблемных мест в растениеводстве: большие площади сложно и дорого объезжать, а информация со спутниковых снимков и беспилотников позволяет своевременно обнаружить проблему, оперативно среагировать и принять меры, чтобы минимизировать ущерб. Позволяет обнаружить заболевание на ранней стадии или распознать вредителей и сорняки, пока они не распространились по полю, сохранить урожай и даже спрогнозировать появление вредных объектов на поле. В качестве базы используются либо метеоданные – они позволяют узнать, что вредные организмы могут появиться, либо информация с датчиков, камер, дронов с высоким разрешением – для обнаружения их.

Единая система управления агрономической службой предприятий сельского хозяйства позволяет обеспечивать полноту картины состояния культур на основе данных, собранных как вручную, так и автоматически за счет комплекса, в состав которого входит несколько полезных для агрономов сервисов: мониторинг полей в режиме онлайн при помощи спутникового наблюдения, высокоточное прогнозирование погоды и подсчет выпавших осадков, предупреждение о рисках, например, проблемных участках с низкой урожайностью или признаками развития заболеваний, вредителей и сорняков, возможность получить консультацию экспертов, составление отчетов. Разработчики утверждают, что приложение помогает сократить расходы за счет правильной расстановки приоритетов и оптимизации процессов.

Отрасль растениеводства является перспективным рынком для внедрения разработок в области робототехники, поскольку использование подобных машин позволяет создавать высокоинтеллектуальное производство. В связи с этим в последние годы в агросекторе активизировалась работа по конструированию робототехнических устройств.

В основном такая техника предназначена для выполнения повторяющихся операций при возделывании различных сельскохозяйственных растений. При этом главная цель ее применения в аграрной отрасли состоит в замене человеческого труда, минимизации вредного воздействия химических средств на людей и окружающую среду, а также

в повышении производительности предприятий и урожайности возделываемых культур.

Аналитика больших данных позволяет своевременно выявлять проблемы на поле (наличие вредителей, болезней, неблагоприятные погодные условия и т. д.) без его регулярного осмотра, снижает потребность в рабочей силе. Специальные программы на основе данных о погоде, состоянии почвы и растений помогают сельхозтоваропроизводителям принять решения по оптимальным срокам посадки и уборки, способам полива, дозам внесения удобрений и средств защиты растений. Точное внесение макро-, микроудобрений, регуляторов роста растений, пестицидов при посеве экономит 30 % средств, использование пестицидов для борьбы с болезнями, вредителями и сорняками дифференцированно экономит миллионы рублей.

Применение беспилотных летательных аппаратов в растениеводстве с мультиспектральными и гиперспектральными камерами для удаленного мониторинга состояния полей, плодородия почвы позволяет осуществить быстрый переход к цифровой трансформации земледелия. В сочетании с применением спутниковых систем для формирования электронных карт подобные технологии помогают проанализировать экологическую ситуацию, рост сельскохозяйственных культур, определить вегетационный индекс и осуществить раннюю диагностику развития заболеваний, вредителей и сорняков в посевах.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) позволяют товаропроизводителям получать более точные данные о состоянии посевов, почвы, наличии вредных видов и т. д. По снимкам с БПЛА или спутников можно рассчитать индекс NDVI (нормализованный вегетационный индекс). Он показывает, в каком состоянии находятся растения на разных участках поля. На его основе разрабатывают карты дифференциальной обработки полей. В традиционном подходе, когда поле рассматривают равномерным единым пространством, его обработка происходит равномерно. Инновационные технологии учитывают состояние почвы, осуществляют фитосанитарный контроль в посевах вредителей, болезней и сорняков и создают наиболее оптимальные модели обработки полей.

Данные, полученные с БПЛА, так же точны, как и результаты космической фотосъемки, поэтому позволяют получать информацию о полученных всходах, сроках созревания и предварительной урожайности культур. На этой основе анализируют информацию, и принимают решения о сроках и методах осуществления агротехнологической операции.

Одним из интересных проектов в области беспилотной авиации в Республике Беларусь в настоящее время является работа по созданию инновационного комплекса для защиты растений в сельском хозяйстве на базе беспилотного летательного аппарата, которая осуществлялась в рамках Государственной научно-технической программы «Цифровые технологии и роботизированные комплексы» на 2021–2025 годы (подпрограмма «Роботизированные комплексы и системы»).

В рамках данной программы разработан беспилотный авиационный комплекс «Агродрон А60-Х» на базе БЛА мультироторного типа, предназначенный для внесения средств защиты растений по технологии ультрамалообъемного опрыскивания (УМО 5–10 л/га).

В Республике Беларусь осуществлено серийное производство беспилотного авиационного комплекса «Агродрон А60-Х», разработанного компанией «Авиационные технологии и комплексы» и получен патент Евразийского патентного ведомства (ЕАПВ) на промышленный образец.

В Союзном государстве и странах СНГ это первое серийное производство изделий данного типа.

Среди его преимуществ – быстрая зарядка батарей. Конструкторы также предусмотрели в «Агродрон А60-Х» интеллектуальное программное обеспечение, которое позволяет осуществлять создание и настройку полетных заданий прямо на экране пульта управления без использования ПК и без выхода в поле.

В настоящее время на рынке много разработок, которые похожи на на указанный проект, в основном зарубежных, однако, белорусский комплекс учитывает все достоинства и недостатки аналогичных продуктов, которые есть на рынке. «Агродрон А60-Х» – это умное изделие и ключевой элемент технологии точного земледелия в области защиты растений. Он создан для повышения производительности труда и качества агрохимической защиты сельскохозяйственных культур, в том числе в условиях, когда применение наземной техники затруднено или нецелесообразно, особенно при поведении десикации подсолнечника и других высокорослых культур.

Комплекс предназначен для работы с высокими культурами (рапс, кукуруза, подсолнечник и др.), где не хватает клиренса наземного опрыскивателя. Он не оставляет технологической колеи, которая сокращает урожайность минимум на 10 % и уплотняет почву, может работать по сильно увлажненным почвам не только в дневное, но и в ночное время. БПЛА производит обработку заданных посевов с произ-

водительностью 8–10 га/ч, имеет быструю зарядку батарей, более мощное распыление за счет вращения форсунок роторного типа, расширенный диапазон размера капель, оптимальную ширину эффективного распыления – от 7 м, наличие радиовысотомера для контроля высоты полета, интеллектуальное программное обеспечение, позволяющее осуществлять создание и настройку полетных заданий прямо на экране пульта управления без использования персонального компьютера и без выхода в поле, управление с помощью встроенного в пульт управления сенсорного экрана.

Технология применения комплекса защиты растений на базе БПЛА достаточно проста. Для применения требуется только информация о сельскохозяйственной культуре, которую необходимо обработать, и о границах поля. После ввода исходных данных агродрон самостоятельно определяет свою миссию, включая порядок использования целевой аппаратуры и оборудования для опрыскивания растений. Фактически это робот-опрыскиватель для аграриев.

Производственный опыт подтверждает, что использование данных технологий позволяет увеличить урожайность; значительно уменьшить количество горюче-смазочных материалов; сократить потери урожая из-за вредных организмов. За 2022 г. было обработано порядка 10000 га полей в Республике Беларусь (ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский», Филиал ОАО «БЕЛАЗ» СПК «Первомайский» и др.). Ориентировочный срок окупаемости данного изделия – 1–2 года.

Эффективность Агродрона А60-Х подтверждена РУП «Институтом защиты растений» НАН Беларуси. Внедрение систем точного земледелия с использованием БАК позволяет более точно прогнозировать урожайность с учетом расхода удобрений, пестицидов, посевного материала, топлива, затрат труда, а также оптимизировать структуры пахотных и посевных площадей, севооборота.

Опыт применения агродрона также показывает ряд преимуществ перед традиционными (наземными) средствами: невысокие затраты по использованию и наземному обеспечению, высокая производительность и точность обработок, простота использования. Комплекс идеален для обработки мелкоконтурных полей и полей со сложной геометрией, которые преобладают в Республике Беларусь.

Агродрон А-60Х был впервые представлен на Международной выставке «Белагро – 2022», на российско-белорусской выставке, посвященной Дню единения России и Беларуси, а также в рамках практических семинаров «День поля – 2022» и Международной недели бизнеса

в Республике Башкортостан. Агродрон А60-Х признан победителем Республиканского конкурса «Лидеры цифровой экономики – 2022» в номинации «Программно-аппаратный продукт года». Эксперты конкурса высоко оценили разработку компании «Беспилотный авиационный комплекс «Агродрон А60-Х» на базе БЛА мультироторного типа». Было отмечено, что отличительной особенностью продукта является применение технологии ультрамалообъемного опрыскивания (УМО 5–10 л/га), что бесспорно способствует улучшению экологической обстановки на сельскохозяйственных полях и экономии химических средств. Другие особенности использования данного решения являются следствием широко применяемых в точном земледелии БПЛА.

В настоящее время основным методом борьбы с сорными растениями и паразитами является обработка полей специальными химическими веществами. Однако они оказывают воздействие не только на вредные элементы, но и на обычные культуры, попадают в почву, а вместе с сельхозпродукцией – в пищу человека. Поэтому естественным и экологически чистым способом их уничтожения является традиционная прополка, подразумевающая вырывание сорняков из земли с корнем. При этом существует возможность удалить их другим методом – предварительно порезав и забив в почву.

Для облегчения данного процесса компании Amazone и Bosch совместно с двумя европейскими университетами разработали автономную робот-платформу BoniRob, оснащаемую, в том числе, модулем для механического уничтожения сорняков. Основной целью машины при функционировании являются молодые побеги сорных растений, которые она при помощи камеры с высоким разрешением определяет по форме листа. Однако робот может справиться и со взрослыми экземплярами. В автоматическом режиме он обнаруживает сорняки и с помощью ударного инструмента диаметром 1 см загоняет их в землю на глубину в 3 см, тратя на одно растение около десятой доли секунды. Кроме того, аппарат предназначен для измерения состояния почвы и опрыскивания растений. В зависимости от вида работ на платформе может быть размещен один из модулей. Устройство имеет собственную систему навигации, способно определять GPS-координаты сельскохозяйственных видов, создавать карты проведенных работ и подготавливать необходимую документацию. Робот BoniRob уже был испытан на ширококорядных культурах, где расстояние между растениями достигало 2–5 см, а плотность сорняков – 20 раст/м<sup>2</sup> и более. В таких сложных условиях машина не испытывала никаких затруднений. Мак-

симальная скорость работы составила 1,75 раст/с при движении агрегата со скоростью 3,7 см/с.

Помимо этого универсальная платформа способна перемещать полезный груз массой до 150 кг, а ее генератор – обеспечивать энергией непрерывную работу в течение 24 ч при одной заправке топливом. Основная идея создания такого устройства заключается в том, что сельскохозяйственная организация может купить только одну платформу и несколько необходимых ему модулей, а другие дополнения он сможет брать в аренду у специализирующейся на этом организации. В настоящее время фирма-изготовитель проводит испытания робота в реальных условиях, а также осуществляет разработку варианта универсальной платформы меньшего размера и набора сменных модулей к ней.

Сельскохозяйственный робот Solix Sprayer автономно ищет и уничтожает сорняки и успешно заменяет гербициды, которые не только дороги, но и могут нанести вред окружающей среде. Эффективнее применять их точечно на тех участках, где есть сорняки, а не опрыскивать весь урожай. Именно такая мысль лежит в основе робота Solix Sprayer, который автономно распознает и опрыскивает сорняки на фермерских полях. По мере того, как робот автономно прокладывает свой путь по засеянным полям, он использует набор встроенных датчиков для сканирования каждого растения, над которым он проезжает, от корня до листа. Бортовая система искусственного интеллекта определяет, является ли растение сорняком, избирательно наносит гербицид. Робот также создает цифровую карту поля, показывая, где были обнаружены и обработаны сорняки. Один робот способен обрабатывать до 40,5 га сельскохозяйственных угодий в день в зависимости от формы и рельефа поля. Благодаря системе освещения и аккумулятору, заряжаемому от солнечных батарей, робот может работать 24 ч в сутки. А поскольку робот намного легче, чем трактор, буксирующий «умный» опрыскиватель для удаления сорняков, следовательно, уплотнение почвы должно быть минимальным.

Автономная машина швейцарской компании Ecorobotix также признана эффективной для борьбы с сорняками в посевах сельскохозяйственных культур с широкорядным способом возделывания. Машина обрабатывает поля от сорняков методом микровпрыскиваний, сокращающим объем используемых гербицидов до 90 %. Устройство имеет массу всего 130 кг, работает на солнечной энергии и не нуждается в контроле оператора.

*Технологии возделывания сельскохозяйственных культур по системе Clearfield (Клеарфилд, Чистое поле).* Современные системы защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорняков позволяют решить большинство проблем, связанных с засоренностью. При выборе стратегии защиты необходимо в первую очередь отталкиваться от фитосанитарного состояния полей, видового состава сорняков, наличия проблемных видов, уровня засоренности и т. д. Для этого в каждом хозяйстве должна быть и ежегодно регистрироваться карта засоренности полей. Опираясь на нее, можно прогнозировать не только видовой состав сорняков, но и количественный. Это позволит заранее и более точно определиться с технологией возделывания и системой защиты культуры от вредителей, болезней и сорных растений.

При возделывании сельскохозяйственных культур, как правило, используют традиционную систему защиты посевов от сорной растительности, которая включает применение почвенных гербицидов и химической прополки в период вегетации сельскохозяйственных культур или использование механической обработки почвы и направлена на подавление в основном однолетних злаковых и двудольных сорняков. Наибольший вред сорняков отмечен на ранних этапах развития культуры.

Широкое применение традиционной технологии борьбы с сорной растительностью привело к ухудшению фитосанитарной обстановки, засорению посевов и прогрессивному возникновению новых видов сорных растений.

Ввиду обстоятельств, описанных выше, в настоящее время в качестве альтернативы традиционной системе защиты посевов от сорняков предлагают новые производственные системы, представляющие собой комбинацию высокоэффективного гербицида и гибрида сельскохозяйственной культуры, устойчивого к его действию: Clearfield, Express, КОНВИЗО® СМАРТ и др.

Основное различие данных систем обусловлено воздействием действующих веществ гербицидов на основе их и соответствующим им устойчивым гибридам культуры.

В отличие от классической системы защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорняков технологии Clearfield, Express и КОНВИЗО® СМАРТ решают вопрос засоренности в один этап: обработка посевов устойчивых гибридов гербицидами из класса имидазолинонов при выборе технологии Clearfield; на основе трибенурон-метила в случае технологии Express; на основе форамсульфурон + тиенкарбазон-метил по системе КОНВИЗО® СМАРТ.

Каждая из этих технологий решает свои задачи и зависит в первую очередь от видового состава сорняков на поле.

**Особенности возделывания подсолнечника по производственной системе Clearfield.** Данную систему разработала компания BASF. Основным действующим веществом системы Clearfield является химическое вещество из класса имидазолинонов.

После обнаружения растений с устойчивостью к гербицидам группы имидазолинонов они были использованы в качестве доноров этого признака. Методами традиционной селекции этот ген был передан культурным растениям для создания гибридов промышленного подсолнечника, в настоящее время известного под названием подсолнечник Clearfield. Гибриды подсолнечника, устойчивые к гербициду системы Clearfield, не трансгенные.

Гербициды на основе имидазолинонов обладают избирательным действием и способны контролировать как однолетние двудольные, так и злаковые сорняки. Для достижения лучших результатов препараты необходимо использовать в фазе активного роста сорняков. При этом двудольные сорняки не должны перерасти фазу 6 листьев, злаковые – 4 листьев. Растения подсолнечника в этот период, как правило, находятся в стадии 1–3 пар настоящих листьев.

В соответствии с механизмом действия гербициды системы Clearfield обладают не только листовым, но и почвенным действием, образуя высокоэффективную защиту.

Гербициды способствуют не только гибели взошедших сорняков, но и проростков. Благодаря такому механизму действия гербициды данной группы обеспечивают надежный контроль сорняков в посевах подсолнечника на протяжении всего периода вегетации.

Кроме того, данные препараты способны снижать пораженность подсолнечника болезнями. Эффективность их действия против этого сорняка оценивается в 30–45 %. Для более эффективного контроля заразы гербициды нужно применять в фазе 8–10 листьев у культуры. В этом случае возможно незначительное снижение эффективности препаратов против переросших однолетних сорняков, но обеспечивается противодействие поражению растений подсолнечника болезнями.

При попадании на сорные растения действующее вещество быстро поглощается через листья, а также проникает через корни, ксилему и флоэму в ткани растений и проявляет эффект в качестве ингибиторов фермента ацетолактатсинтазы (ALS). Этот фермент имеется только у растений и бактерий, его нет у животных. ALS является катализатором био-

синтеза незаменимых аминокислот: валина, лейцина и изолейцина. Подавление образования ALS имидазолинонами блокирует образование этих незаменимых аминокислот и синтеза белка, что, в свою очередь, приводит к гибели сорных растений.

Также необходимо отметить, что фирма-изготовитель не рекомендует применять препараты из группы имидазолинонов в смеси с фосфорорганическими инсектицидами из-за возможного сильного повреждения растений подсолнечника. Интервал применения препаратов должен составлять не менее 14 дн.

Препараты из группы имидазолинонов длительно сохраняют свою активность в почве и обладают эффектом последействия на целый ряд культур. Поэтому при их применении необходимо соблюдать ограничения посевов в севообороте и выдерживать безопасный интервал для посевов чувствительных культур.

После уборки подсолнечника, выращенного по системе Clearfield, следующей культурой в севообороте рекомендуется размещать: озимую и яровую пшеницу, рожь, горох, овес, яровой ячмень, сою или кукурузу с учетом ограничений по срокам посева от производителя гербицида.

В посевах этих культур может возникнуть необходимость борьбы с падалицей подсолнечника, которая будет устойчива к гербицидам ингибиторного способа действия. К таким относят: триазолпиримидин, имидазолин и сульфонилмочевины.

Чтобы уничтожить падалицу, следует применить пестицид иного способа действия. Как вариант – регуляторы роста: МЦПА, клопиралид, дикамба, 2,4-Д и т. п.

***Особенности технологии возделывания подсолнечника по производственной системе Express.*** Технология Express – это новейшая технология выращивания подсолнечника, которая заключается во взаимодействии гибрида и гербицида и позволяет контролировать процесс появления сорняков на всех этапах вегетационного периода. Производственная система Express использует аналогичный принцип «гербицид + устойчивый гибрид». В данной системе используют гибриды подсолнечника с геном устойчивости к действующему веществу трибенурон-метил и гербицидам на его основе.

Следует заметить, что гербициды на основе трибенурон-метила контролируют только двудольные виды сорных растений и уничтожают лишь взошедшие на момент обработки экземпляры, но при этом помимо однолетних сорняков гербициды данной системы способны

контролировать и некоторые многолетние виды, такие как осот полевой и бодяк полевой.

Однолетние сорняки наиболее эффективно подавляются обработкой в фазе 2–6 листьев, многолетние – в фазе розетки.

Использование производственной технологии Express позволяет эффективно контролировать однолетние и многолетние двудольные сорняки в посевах подсолнечника независимо от условий увлажнения и является более эффективной, чем традиционное применение почвенных гербицидов, которые не обеспечивают необходимую чистоту посевов при высокой численности однолетних и наличии многолетних сорняков, особенно в засушливых условиях.

Гербициды, адаптированные к технологии Express, уничтожают только взошедшие на момент обработки сорняки. Наиболее эффективно они подавляются при обработке в фазе 2–4 листьев однолетних (амброзия полыннолистная в фазе 2-го листа) и в фазе розетки многолетних сорняков. Спектр контролируемых сорняков, в том числе трудноискоренимых, следующий: амброзия (виды), вьюнок полевой, горец вьюнковый, горчица полевая, дурнишник обыкновенный, дымянка лекарственная, звездчатка средняя, марь белая, молочай (виды), овсюг, осот (виды), пастушья сумка, паслен черный, пикульник обыкновенный, подмаренник цепкий, просо (виды), редька дикая, ромашка (виды), щетинник (виды), щирица (виды), ярутка полевая, заразиха (все расы) и др.

Преимуществом данной системы является ее полная безопасность для последующих культур. Участвующие в севообороте гербициды на основе трибенурон-метила имеют кратковременное остаточное действие и быстро разлагаются в почве. Поэтому использование препаратов на его основе не имеет ограничений для чередования культур в севообороте.

Также необходимо отметить, что гербициды на основе трибенурон-метила не рекомендуется применять в баковых смесях с противозлаковыми гербицидами, фосфорорганическими препаратами и микроудобрениями. Внекорневая подкормка микроудобрениями будет наиболее эффективна через 5–7 дн. после применения гербицидов группы трибенурон-метил.

В случае необходимости противозлаковые гербициды или фосфорорганические удобрения следует вносить за 7–10 дн. до обработки трибенурон-метилом либо через 7–10 дн. после применения гербицидов на основе трибенурон-метила.

Чтобы не повредить следующие культуры, используемые в севообороте, следует слить остатки рабочего раствора и несколько раз тща-

тельно промыть бак чистой водой. Запрещается чистить и промывать оборудование вблизи водоемов и источников питьевой воды, а также у полей с вегетирующими растениями.

Падалица подсолнечника, которая устойчива к гербициду на основе трибенурон-метила, является также устойчивой к гербицидам-ингибиторам, например, это производные имидазолинов, сульфонил-мочевин, триазолпиримидинов. Чтобы уничтожить падалицу такого подсолнечника, следует на последующей культуре применять препараты, которые имеют другой механизм действия, например, препараты на основе флуроксипира, 2,4-Д, МЦПА, клопиралида.

**Технология возделывания рапса по системе Clearfield.** С помощью гербицидов Нопасаран, Нопасаран Ультра, на основе действующих веществ гербицида метазахлор и имазамокс осуществляют контроль как злаковых, так и широколиственных сорняков, в том числе капустных (крестоцветных), благодаря уменьшению количества глюकोзинолатов, а также падалицы зерновых культур.

Благодаря сочетанию в формуляции двух действующих веществ, которые влияют на вредоносный объект как через почву, так и через листовую поверхность.

В системе Clearfield высевают отдельные специальные гибриды, которые в процессе мутационной селекции приобретают устойчивость к гербицидам группы имидазолинонов (*озимый рапс* – ИнВ1165, Сафер, ИнВ1024, ИнВ1166КЛ, Элмер КЛ; *яровой рапс* – Билдер, Брандер, Перформер, ИнВ110КЛ).

Благодаря этому, поля, засеянные гибридами Clearfield, можно обрабатывать гербицидами, которые повреждают обычные культуры этого вида. В то же время гибриды Clearfield не считают генной модификацией культурных растений.

*Panc Clearfield* в севообороте стоит возвращать на прежнее место не ранее чем через три (лучше четыре) года без посева промежуточных крестоцветных культур. Также препараты группы имидазолинонов нецелесообразно применять на одном поле чаще одного раза в 3 года.

Обработку препаратом осуществляют в зависимости от фазы развития сорняков, а не рапса, эффективным будет применение гербицида в начале периода активного роста сорняков. Сорняки не должны перерасти фазу 1–4 настоящих листьев. К тому же фаза развития рапса должна соответствовать фазе от 2 до 6 настоящих листьев. Устойчив к смыванию через 1 ч после опрыскивания.

Действующие вещества гербицида, метазахлор (375 г/л) + имазамокс (25 г/л), проникают в сорняки как через побеги и листья, так и через корневую систему из почвы.

Устойчивую к имидазолинонам падалицу не удастся уничтожить с помощью препаратов, которые являются эффективными для контроля самосейного рапса обычных сортов и гибридов. Для эффективного контроля падалицы CL-рапса посева озимой пшеницы рекомендуют опрыскивать осенью гербицидом на основе метрибузина.

**Технология возделывания сахарной свеклы по системе КОНВИЗО® SMART.** КОНВИЗО® SMART – послевсходовый гербицид против однолетних злаковых и двудольных, а также некоторых многолетних сорняков в посевах сахарной свеклы. Используют как один из компонентов системы КОНВИЗО® Смарт, в которую также входят SMART-гибриды сахарной свеклы, устойчивые к гербициду. Действующим веществом гербицида является форамсульфурон, 50 г/л + тиенкарбазон-метил, 30 г/л.

Основные преимущества данной технологии – контроль широкого спектра сорняков, в том числе *падалицы рапса, ромашки, видов горцев, мари, щирицы, проса куриноного, пырея* и др.

КОНВИЗО® SMART – это единственное решение против *падалицы «дикой» свеклы*. Позволяет снизить кратность обработок посевов (в большинстве случаев достаточно 2 обработок вместо 3–6). Имеет минимальную фитотоксичность для SMART-гибридов.

## **6. ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

Применение пестицидов позволяет максимально снизить потери урожая сельскохозяйственных культур от вредных организмов, однако порождает серьезные проблемы. К их числу можно отнести возникновение устойчивых к действию пестицидов фитофагов и патогенов, загрязнение различных объектов агроэкосистемы, изменение качества растениеводческой продукции и многие другие. Обработка растений, как нектароносных культур в период бутонизации и цветения, инсектицидами осложняется тем, что на нем обитает множество хозяйственно ценных видов, которые являются опылителями и энтомофагами. В результате возможно полное уничтожение в агроценозе подсолнечника как полезных, так и нейтральных по отношению к культуре видов.

Агроэкологический подход в выборе химических и биологических средств защиты любой сельскохозяйственной культуры позволяет осуществить управление численностью, интенсивностью развития и распространенностью вредителей, болезней и сорняков, используя естественные механизмы регуляции, и снизить пестицидную нагрузку на окружающую среду.

Именно соображениями экологической безопасности обусловлен ряд требований, предъявляемых к пестицидам. Они должны обладать высокой биологической и экономической эффективностью, а также достаточной селективностью, не оказывать отрицательного последствия на последующие культуры в севообороте, обладать персистентностью, не превышающей длину одного вегетационного периода защищаемой культуры, быть минимально ядовитыми и максимально безопасными для человека и теплокровных животных, а также для полезной фауны и флоры. Сроки проведения химических обработок должны быть основаны на данных прогноза и экономически оправданы.

В связи с этим возникает проблема поиска наиболее безопасных для окружающей среды препаратов, их агроэкологической оценки с учетом экологических последствий.

Практика показала, что применение пестицидов не всегда способствует эффективному снижению количества вредных организмов. Напротив, использование препаратов с большими нормами расхода без соблюдения регламентов применения ведет к увеличению пестицидной нагрузки на элементы агрофитоценоза и обострению экологических проблем окружающей среды.

Остаточные количества препаратов, например хлорсульфурона, имеющего достаточно длительное время разложения, могут оказаться фитотоксичными для последующих культур. Пшеница, ячмень, овес устойчивы к хлорсульфурону вплоть до норм 160 г/га. Вместе с тем целый ряд пестицидов характеризуется высокой персистентностью в почве, что создает предпосылки для возможного загрязнения внешней среды.

Широкое применение гербицидов группы 2,4-Д способствует изменению фитоценоза отдельных сельскохозяйственных культур. Повсеместно отмечается увеличение видов сорняков, малочувствительных и устойчивых к производным феноксиуксусной, масляной кислот (2,4-Д, 2М-4Х и др.). Кроме того, гербициды этих производных применяются при нормах расхода 1,5–2,0 кг/га и более при среднем уровне токсичности (ЛД – 980–1020 мг/кг), оказывают достаточно высокую экологотоксикологическую нагрузку на почву.

В настоящее время нет единого методологического подхода к оценке степени опасности пестицидов для агроценоза и окружающей среды. Трудность такой оценки состоит в многообразии взаимосвязанных факторов, влияющих на поведение препаратов в объектах окружающей среды, и в отсутствии надежных достоверных количественных нормативов для характеристики этого процесса.

Выбор ассортимента и оптимизация сочетания пестицидов в смесях в рамках современных представлений адаптивного эколого-сберегающего земледелия должны проводиться с обязательным учетом их эффективности и соответствующей эколого-токсикологической оценки. Наряду с этим важной задачей становится выявление экологических последствий использования пестицидов, в частности их влияние на полезную биоту. Нередко применяемые инсектициды и гербициды оказываются во много раз более токсичными для энтомофагов, чем для вредных объектов. Даже незначительное снижение численности или изменение условий обитания полезной энтомофауны может вызвать уменьшение популяции и изменение ее видового состава в последующих поколениях. Гибель паразитических и хищных насекомых может привести к тому, что вредитель в отсутствие своих естественных врагов быстро возобновит свою прежнюю численность.

Однако при этом необходимо учитывать и их влияние на огромное количество других объектов, для которых они являются местом резервации, в частности на энтомофагов и опылителей.

Пестициды являются физиологически активными веществами, безразличными для агроценоза, поэтому их применение требует постоянного жесткого экологического контроля с учетом влияния препаратов на почву, воду, воздух, растения, животных и человека.

В Беларуси принята гигиеническая классификация пестицидов, в которой использованы следующие основные показатели: токсичность при введении в желудок, токсичность при поступлении через кожу, степень летучести, свойство кумуляции, степень стойкости.

Однако для комплексной оценки опасности пестицидов для биосферы и продуктов урожая этого уже недостаточно.

По наблюдениям многих ученых жесткие регламенты работы и соблюдение техники безопасности при применении всех пестицидов снижают угрозу отдаленных последствий.

В настоящее время нет единого методологического подхода к оценке степени опасности пестицидов для агроценоза и окружающей среды. Трудность такой оценки состоит в многообразии взаимосвязанных фак-

торов, влияющих на поведение пестицидов в объектах окружающей среды, и в отсутствии надежных достоверных количественных нормативов для характеристики этого процесса.

Помимо потенциальной возможности циркуляции пестицидов в биосфере, необходимо учитывать их токсичность и другие свойства, определяющие степень угрозы губительного действия на полезную фауну, флору, наземные и водные экосистемы, а также опасности загрязнения продуктов питания.

Для правильного выбора менее вредных препаратов целесообразно пользоваться общей оценкой их соответствия конкретным условиям применения. С этой целью предложены различные шкалы классификации уровней эколого-токсикологической опасности по баллам.

Для эколого-токсикологической оценки пестицидов М. С. Соколовым и Б. П. Стрекозовым предложен интегральный критерий, выраженный суммой оценочных баллов для различных классов опасности по ряду показателей. Пестициды, суммарный оценочный балл которых не превышает 13, относят к группе малоопасных, 14–21 – среднеопасных и более 21 – к группе опасных (табл. 23).

Таблица 23. Эколого-токсикологическая шкала для определения уровней опасности пестицидов

Показатель	Класс опасности, балл	Параметры класса	Оценочный балл
1	2	3	4
Персистентность в почве	1	До 1 мес	2
	2	1–6 мес	4
	3	0,5–2,0 года	6
	4	Более 2 лет	8
Действие на почвенные ферментативные процессы и биоту	1	Не влияет	0
	2	Действует на единичные процессы и популяции	1
	3	Действует на несколько процессов и популяций	2
Миграция по почвенному профилю, см	1	Не мигрирует	0
	2	Мигрирует до 15	1
	3	» до 50	2
	4	» более 50	3
Транслокация в культурные растения	1	Не поступает в растения	0
	2	Поступает, но отрицательно не действует	1
	3	Поступает в продукты урожая	2
	4	Проявляет фитотоксическое действие	3

1	2	3	4
Реакция на инсоляцию	1	Подвержен фитохимическому разложению	0
	2	Не подвержен	1
ДОК для продуктов урожая, мг/кг	1	Более 1	0
	2	1,0–0,1	1
	3	0,20–0,01	2
	4	До 0,01	3
ПДК для воды водоемов, мг/л	5	0	4
	1	Более 1	0
	2	1,0–0,1	1
	3	0,20–0,01	2
Пороговая концентрация для питьевой воды, мг/л	4	До 0,01	3
	5	0	4
	1	0,1	0
Действие на органолептические качества продуктов урожая	2	0,10–0,01	1
	3	0,010–0,001	2
Действие на органолептические качества продуктов урожая	1	Не ухудшает	0
	2	Ухудшает	1
Летучесть	1	Нелетучее вещество	0
	2	Насыщающая концентрация ниже пороговой	1
	3	Насыщающая концентрация равна пороговой	2
	4	Насыщающая концентрация выше пороговой	3
Токсичность для теплокровных (СД <sub>50</sub> ), мг/кг	1	Более 1000	1
	2	201–1000	2
	3	50–200	3
	4	До 50	4
Коэффициент кумуляции в организме теплокровных	1	5	0
	2	3–5	1
	3	1–3	2
	4	1	3

Н. Н. Мельниковым, М. С. Соколовым, О. А. Монастырским и Э. А. Пикушкевой предложена более объективная и всесторонняя методика определения экологической опасности, которая характеризует опасность пестицидов для окружающей среды, и в частности, живых организмов, включает комплекс экологических показателей: гектарная «экологическая» нагрузка (ГЭН), эколого-токсикологическая опасность (Э), количество среднетельных доз в гектарной норме препарата (К) пестицидов.

По указанной методике расчет гектарной «экологической» нагрузки осуществляют по следующей формуле:

$$\text{ГЭН} = \frac{\text{НР} \cdot \text{П}^2}{T},$$

где ГЭН – гектарная «экологическая» нагрузка;

НР – норма расхода препарата по д. в., мг/га;

П – период полураспада препарата в окружающей среде, мес;

T – среднелетальная доза (ЛД<sub>50</sub>), мг/кг.

Расчет эколого-токсикологической опасности препаратов выполняют по следующей формуле:

$$\text{Э} = \frac{P \cdot \text{Н}}{T},$$

где Э – эколого-токсикологическая опасность препаратов, экотокс;

P – персистентность, нед;

Н – норма расхода кг/га;

T – среднелетальная доза (ЛД<sub>50</sub>), мг/кг.

Количество среднелетальных доз в гектарной норме препарата находят по формуле

$$K = \frac{\text{НП}}{T},$$

где НП – норма расхода пестицида мг (мл)/га;

T – среднелетальная доза (ЛД<sub>50</sub>), мг/кг.

Таким образом, выявление возможности защиты сельскохозяйственных культур от вредных объектов с учетом агроэкологических аспектов, которые позволяют достигнуть высокой биологической и хозяйственной эффективности с наименьшим отрицательным влиянием, является, несомненно, актуальным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроэкологические основы производства чистой продукции растениеводства: уч. пособие: в 2 ч. / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – Ч. 1. – 126 с.
2. Агроэкологические основы производства чистой продукции растениеводства: уч. пособие: в 2 ч. / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 2000. – Ч. 2. – 147 с.
3. Биологическая защита растений / И. Т. Король [и др.]. – Минск: Ураджай, 2000. – 414 с.
4. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Глав. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2020. – 742 с.
5. Ермишин, А. П. Генетически модифицированные организмы / А. П. Ермишин. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 118 с.
6. Жуленко, В. Н. Ветеринарная токсикология / В. Н. Жуленко, М. И. Рабинович, Г. А. Таланов. – Москва: Колос, 2001. – С. 98.
7. Защита растений в устойчивых системах землепользования: монография: в 4 ч. / под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2003. – Ч. 3. – 374 с.
8. Защита растений от болезней в теплицах: справ. / под ред. А. К. Ахатова. – Москва: Тов-во научн. изданий КМК, 2002. – 464 с.
9. Зенина, Т. Генетически-модифицированные продукты / Т. Зенина // Сов. Белоруссия. – 2004. – № 123. – С. 4.
10. Зерновые культуры: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
11. Интегрированная защита растений: учебник / под ред. Ю. Н. Фадеева, К. В. Новожилова. – Москва: Колос, 1981. – 325 с.
12. Интегрированная защита растений: учебник / Ю. А. Миренков [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 360 с.
13. Интегрированные системы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Несвиж: МОУП «Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного», 2012. – 176 с.
14. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2017. – 235 с.
15. Интегрированные системы защиты озимого и ярового рапса от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2016. – 124 с.
16. Интегрированные технологии защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: производ.-практ. изд. / Нац. акад. наук. Респ. Беларусь; РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Журнал «Белорус. сел. хоз-во», 2019. – 90 с.
17. Лесовой, Н. М. Удобрения как фактор индуцированного иммунитета, его роль в устойчивости озимой пшеницы против вредителей / Н. М. Лесовой, Н. В. Пономаренко // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–29 мая 2003 г.: в 3 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: Ю. А. Миренков [и др.]. – Горки, 2003. – Ч. 3. – С. 39–41.
18. Лунева, М. Безопасно. Внутригенно / М. Лунева // Аргументы и факты. – 2005. – № 32. – С. 14.

19. Майсеенко, А. В. Итоги работы государственной службы защиты растений в 2000 г. и задачи на 2001 г. / А. В. Майсеенко, С. В. Сорока // Ахова раслін. – 2001. – № 2. – С. 3–5.
20. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: произв.-практ. изд. / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2011. – 393 с.
21. Монастырский, О. А. Фитосанитарные проблемы производственного выращивания трансгенных растений / О. А. Монастырский // Защита растений и карантин. – 2000. – № 9. – С. 25–26.
22. Сахарная свекла: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 258 с.
23. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / М-во статистики и анализа Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 247 с.
24. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособие / Г. А. Зезюлина [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 584 с.
25. Снитко, М. Л. Документация в карантине растений: метод. указания к лабораторным занятиям: в 2 ч. / М. Л. Снитко. – Горки, 2004. – Ч. 1. – 52 с.
26. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Науч. практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
27. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
28. Сорока, С. В. Химический метод в интегрированной защите растений: лекция для студентов агроном. спец. / С. В. Сорока, Ю. А. Миренков, Л. В. Сорочинский. – Горки, 2005. – 12 с.
29. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
30. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие / под общ. ред. Д. Шпаара: в 2 кн. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2005. – Кн. 1. – 334 с.
31. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие / под общ. ред. Д. Шпаара: в 2 кн. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2005. – Кн. 2. – 510 с.
32. Саскевич, П. А. Технично-технологические инновации в растениеводстве / П. А. Саскевич, С. С. Камасин, А. С. Саскевич // Проблемы продовольственной безопасности: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки 19–21 янв. 2023 г.: в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 240–245.
33. Агродрон А60-Х [Электронный ресурс] // Авиационные технологии и комплексы. – Режим доступа: <https://aerotexsys.by/produktsiya/bespilotnye-aviatsionnye-kompleksy/multi-rotornogo-tipa/agrodron-a-60kh.html>. – Дата доступа: 10.03.2024.
34. Роботы для полей: обзор интеллектуальной сельхозтехники [Электронный ресурс] // Агробизнес. – Режим доступа: <https://www.agbz.ru/articles/robotyi-dlya-poley--obzor-intellektualnoy-selhoztekhniki/>. – Дата доступа: 16.03.2024.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	6
2. ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	9
3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	16
3.1. Понятие о фитосанитарном контроле и прогнозе развития вредных организмов..	16
3.2. Формы прогнозов фитосанитарной обстановки.....	18
3.3. Теоретические основы прогнозирования в защите растений.....	20
3.4. Виды и принципы сбора информации, используемой в защите растений для оценки фитосанитарного состояния и прогноза.....	23
3.5. Организация выявления и методы учета вредителей, болезней и сорняков.....	30
3.6. Фазы динамики популяции и классификация типов динамики популяции вредных видов .....	33
3.7. Основы разработки многолетнего, долгосрочного и краткосрочного прогнозов распространения и развития вредителей и болезней в защите растений .....	38
3.8. Основы прогноза распространения и развития сорной растительности в защите растений .....	49
3.9. Оценка целесообразности применения средств защиты растений. Пороги вредоносности .....	54
3.10. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур. Сигнализация в защите растений .....	62
3.11. Эффективность применения пестицидов.....	70
3.12. Понятие экологического, биологического и фитосанитарного мониторингов.....	73
3.13. Фитосанитарная диагностика посевов сельскохозяйственных культур.....	79
4. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ.....	104
4.1. Агротехнический метод .....	105
4.2. Биологический метод .....	115
4.3. Автоцидный метод .....	141
4.4. Генетический метод.....	154
4.5. Физический метод .....	156
4.6. Механический метод .....	159
4.7. Карантин растений .....	160
4.8. Селекционно-семеноводческий метод .....	164
4.9. Химический метод.....	171
5. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ.....	176
6. ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	189
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	195

Учебное издание

**Миренков Юрий Александрович**

**Дуктов Владимир Петрович**

**Саскевич Павел Александрович и др.**

## ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

### КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. Н. Минакова*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 29.10.2024. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Гаймс». Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 10,34.

Тираж 30 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.