

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Ю.В. Максимова**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЛЕСА**

*Учебное пособие*

Томск  
2014

**УДК 630\*4**  
**ББК 44.966**  
**М171**

**Максимова Ю.В.**

Биологические методы защиты леса: учебное пособие. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 172 с.

В учебном пособии рассматриваются основные методы защиты леса от вредителей и болезней с позиции классического биометода. Показана роль энтомопатогенов в динамике численности лесных насекомых. Дается характеристика биологических препаратов, технология и стратегия их применения.

Пособие предназначено для студентов и аспирантов, слушателей ФПК, а также специалистов по защите леса и декоративного растениеводства.

Разработано в соответствии с ФГОС ВПО, утвержденного приказом № 101 от 4 февраля 2010 г., по направлениям подготовки «Лесное дело» и «Ландшафтная архитектура», квалификация «бакалавр», на основе программ дисциплин «Биологические методы борьбы с вредителями и болезнями леса», «Методы защиты растений и древесной продукции», «Теоретические основы регуляции численности организмов».

**УДК 630.4**  
**ББК 44.966**

***Рецензент:***

*В.Н. Романенко*, доктор биологических наук, профессор

© Ю.В. Максимова, 2014  
©Томский государственный университет

## ВВЕДЕНИЕ

Биологические методы защиты леса основаны на использовании существующих в природе антагонистических межвидовых взаимоотношений между группами живых организмов. Против вредных организмов при этом используют сами живые организмы, продукты их жизнедеятельности или их аналоги. В классическом виде биологический метод подразумевает использование против вредных организмов их паразитов, хищников и патогены. Их называют агентами биологической борьбы. В результате применения этих агентов удастся уменьшить плотность популяции вредителей и возбудителей болезней и тем самым снизить их вредоносность.

Биологические методы борьбы имеют преимущества перед химическими: они не загрязняют окружающую среду, не оказывают отрицательное влияние на человека, растения и лесной биоценоз, в течение долгого времени сдерживают рост численности вредных организмов. Биологические методы борьбы требуют от специалистов точных и обширных знаний, внимания и аккуратности. Их применение возможно только в лесах, где выполняют все основные лесохозяйственные мероприятия.

Начать следует с пояснения некоторых понятий, которые будут встречаться в курсе постоянно:

**Вредитель** – организм, который оказывает отрицательное влияние на выживание или благополучие человека.

---

«Вредитель» – понятие, неразрывно связанное с деятельностью человека. В природных системах вредителей нет!

---

**Естественные враги** (в широком смысле) – паразиты, хищники и патогены, вызывающие гибель или повреждение особей вредителя

---

Строгое определение естественных врагов включает положение об естественной ассоциированности, т.е., например, интродуцированные энтомофаги таковыми не являются. Далее понятие «естественные враги» будет употребляться в широком смысле.

---

**Биологическое подавление вредных насекомых** – использование человеком живых организмов или продуктов их жизнедеятельности для уменьшения популяции вредных насекомых и создание этим организмам условий, благоприятных для их полезной деятельности.

**Биологический метод борьбы** (Смит, 1919) – введение человеком паразитов, хищников и (или) патогенных микроорганизмов в популяцию вредителя для её подавления.

---

«Биологический метод борьбы» – более узкий термин, чем "биологическое давление вредных насекомых", но далее для краткости будет употребляться именно он.

---

## ИСТОРИЯ

В начале, как нередко бывало в истории, практические разработки опережали научные. Китайские источники фиксируют применение для защиты citrusовых муравья *Oecophylla smaragdina* (Китай, около 900 г. н. э.). Муравьи для этого просто переносились в сады. Хотя этот пример надолго опередил все аналогичные, в дальнейшем, когда уже были заложены научные основы современного биометода, наиболее успешные прикладные методики довольно долго опирались только на эмпирический опыт.

---

Защита citrusовых при помощи *Oecophylla smaragdina* была окончательно вытеснена современными методами защиты растений только в 30-х гг. XX века.

---

Основа современного биологического метода борьбы – точнее, классического биометода, одного из его разделов – были заложены в XVII в. такими европейскими естествоиспытателями, как Гесснер, Альдрованди, Муффе, Реди, оставившими первые описания паразитизма. Уже в 1701 г. отец-основатель микроскопии А. ван Левенгук опубликовал результаты микроскопирования паразитов. А в 1706 г., пять лет спустя, Валлиснери дал этим описаниям верное истолкование.

Другой раздел биологической защиты растений – микробиологический метод – был заложен в этот же период развития науки. Пожалуй, именно он сейчас наиболее востребован в лесном хозяйстве. А начался он с описания Реомюром (Франция, 1726 г.) гусеницы, заражённой грибом *Cordiceps*.

---

Ещё одно открытие, не такое значительное для науки, но весьма важное в практическом плане, было сделано тем же Реомюром, описавшем в 1734 г. энтомопатогенных нематод, ныне довольно широко применяющихся в защите растений (в том числе и древесных).

---

Эти успехи привели к тому, что Реомюр (1734) в фундаментальных «Мемуарах к истории насекомых» предлагает вносить яйца сетчатокрылых в теплицы для борьбы с тлями. Это является первой для науки попыткой ввести в практику биологический метод борьбы с вредителями.

В это же примерно время (письменный источник датируется 1841 годом) в Йемене (Ближний Восток) для защиты финиковых рощ весьма масштабно применяются муравьи (вид не установлен). Принцип был сходен с тем, что использовался в Китае, но переселялись не отдельные особи, а целые гнёзда. Характерно полное отсутствие связи этой разработки с современной ей наукой: Ближний Восток того времени являлся одним из самых отсталых регионов мира.

Первым теоретическую базу под наблюдения конца XVII – начала XVIII веков подвёл шведский учёный Карл Линней. Заметив увеличение численности хищников вслед за таковым у жертв, он впервые выдвинул идею о «природном равновесии» (1760). В том же году он применил её на практике, переселяя жужелиц для борьбы с вредителями сада (результат неизвестен).

---

Именно эта концепция, разумеется, сильно развитая и дополненная, лежит сейчас в основе одной из базовых теорий развития всплеск численности вредителей леса. Практические же методики направлены на то, чтобы так или иначе вернуть "природное равновесие" в норму до того, как всплеской будет разрушено насаждение.

---

К этому же времени относится последняя из крупных и успешных программ биологической борьбы с вредителями, не опиравшаяся на науку. Для борьбы с красной саранчой, сильно повреждавшей плантации сахарного тростника, на о. Маврикий (Индийский океан) была проведена интродукция скворца-майны *Acridothores tristis* (1762); к 1770 г. вредитель перестал представлять опасность.

---

Несмотря на полный успех, современники практически не обратили внимания на этот опыт и не оценили его по достоинству.

---

Важное для развития микробиологического метода наблюдение сделал Пек (САСШ, 1795). Он приводит описание болезни открытой им пяденицы; судя по симптомам, это был полиэдроз (вирусное заболевание).

Прорыв, обеспечивший широкое применение биометода в защите растений, был сделан в середине XIX века. Он обеспечивался трудами как энтомологов-наблюдателей (особенно немецкой школы лесной энтомоло-

гии, самой сильной на тот момент), так и экологов-теоретиков (в основном, англичан).

Из первых стоит упомянуть описание Хартигом (Германия, 1827) выведения наездников из заражённых гусениц (на основе этих работ им была рекомендована методика подавления вредителей путём разведения и выпуска наездников), публикацию Кёлларом (Австрия, 1840) описание жизненного цикла ряда видов паразитов вредителей леса, издание книги Ратцебурга (Германия, 1844) «Наездники лесных насекомых». В этот же год Буажиро (Франция) сообщает об успешном подавлении очагов непарного шелкопряда в придорожных полосах с помощью собранного в природе красотела (*Calosoma*).

Делались в это время и наблюдения за возбудителями болезней насекомых, хотя и не столь обильно – в силу нужды в более сложной приборной базе. Но всё же были опубликованы наблюдения Систа (САСШ, 1824) над поражением западного майского хруща грибом *Cordyceps* и работа Басси (Италия, 1835), в которой он приводит доказательства грибковой природы мюскардинной болезни тутового шелкопряда.

Не затрагивая подробно теоретические работы, важные для становления биометода, следует всё же вспомнить о появлении в середине XIX века концепций пищевых сетей, экосистем, борьбы за существование (Дарвин, Уоллес, Кертис).

Эти и другие работы и обеспечили тридцатью-сорока годами позже развитие первых научно обоснованных программ практической защиты растений с помощью биометода. Начало их было положено серией работ Фитча и Уэлша (США, 1860-е гг.) о необходимости ввоза энтомофагов для защиты сельскохозяйственных культур от европейских вредителей и предложением Басси (Франция, 1863) применять болезни насекомых в защите растений.

---

Рекомендации Фитча и Уэлша основывались на том, что в США давали крайне сильные вспышки завезённые европейские выходы, безвредные на родине. Американские энтомологи обратили внимание на отсутствие у них паразитов на Американском континенте.

---

Попытка реализовать на практике теоретические построения Фитча и Уэлша, предпринятая их последователем Райли (США), и его коллегами Планшоном и Фоз (Франция), предпринятая в 1873 г. успеха не имела. Они попытались акклиматизировать для борьбы с филлоксерой во Франции североамериканского хищного клеща. Клещ прижился, но роли в подавлении филлоксеры не сыграл.

---

Проблема была решена за счёт введения в культуру устойчивых сортов винограда.

---

В это время американский энтомолог Леконт (1874) разрабатывает целостную теорию сдерживания вредителей, в которую входит и применение их болезней, а знаменитый микробиолог Пастер (Франция, 1874) рекомендует применять болезни насекомых для защиты винограда от той же филлоксеры.

Примерно десять лет спустя после этого, теоретические построения Фитча, Уэлша, Леконта и Пастера начали давать первые практические плоды. Уже упомянутый Райли, который к тому моменту стал влиятельным чиновником, но не разочаровался после первой неудачи и не оставил опытов, провёл в 1883 г. успешную интродукцию в США наездника для борьбы с репницей *Pieris rapae*. Но настоящее признание было получено после интродукции родолии для борьбы с желобчатым червецом (1889).

Червец *Icerya purchasi*, завезённый из Австралии, стал сущим бедствием цитрусоводов южных штатов. Когда Райли предложил программу акклиматизации, вопрос стоял уже о существовании самой отрасли в США. В конце концов, из серии завезённых австралийских врагов червца наибольший эффект дала божья коровка *Rodolia cardinalis*, с помощью которой сады очистились от ицеры буквально на следующий год после появления в них коровки (рис. 1).

---

Именно после этого борьба с вредителями при помощи акклиматизации их врагов получила название классического биометода и начала широко распространяться по всему земному шару.

---

Годом позже опытов Райли с подавлением репницы, ученик Пастера и будущий нобелевский лауреат И. И. Мечников предложил использовать гриб рода *Metarrhizium* для защиты злаков от жука-кузьки *Anisoplia* (1884). Чётко разработанная технология позволила начать выпуск препарата в промышленных масштабах. Хотя опыты по его применению были вполне успешны, но для производства в количествах, достаточных для массового его применения, не хватило денег.

Примерно в то же время были проведены и первые опыты по использованию в защите растений феромонов насекомых. В отличие от описанных выше программ, рассчитанных на сельское хозяйство, феромон был применён против лесного вредителя. При помощи феромонных ловушек попытались бороться с непарным шелкопрядом *Lymantria dispar*. В каче-

стве приманки использовались самки бабочки. Сведений о результатах найти не удалось, но они наверняка были отрицательными.

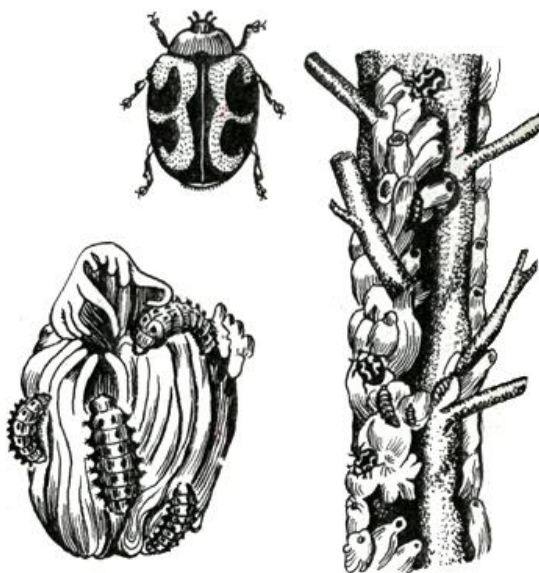


Рис. 1. Коровка родолия и её личинки на ицери

---

Действие феромонов было открыто на примере медоносной пчелы (Буглер, 1609)

---

Успехи классического биометода быстро привлекли внимание лесозащиты. Первые и наиболее успешные опыты были проведены на северо-американском континенте, ситуация там складывалась такая же, как и в сельском хозяйстве. Говард, Фиске и Хьюитт провели в США и Канаде масштабные программы интродукции естественных врагов непарного шелкопряда (1905–1914, 1922–1923) и златогузки *Euproctis chrysorrhoea* (1909–1911); в результате удалось снизить ущерб от шелкопряда и полностью подавить очаги златогузки.

---

В настоящий момент непарный шелкопряд на территории Северной Америки продолжает давать вспышки численности, хотя и менее масштабные, и расширять ареал. Златогузка своё значение в качестве вредителя практически потеряла.

---

Логическим завершением раннего этапа применения классического биометода в лесозащите стало создание «Паразитологической лаборатории Канадского доминиона» (1929) и проведение ей (в сотрудничестве со специалистами США) успешной борьбы с общественным еловым пилильщиком *Diprion hercynae* (под руководством Суэйна, 1933).

Несколько позже (СССР, 1933 и далее) классического биометода началось развитие метода сезонной колонизации. В отличие от первого, сезонная колонизация подразумевала искусственное разведение энтомофага на всех этапах проведения борьбы. Первые эксперименты, в том числе и на лесных вредителях, проводились с использованием яйцееда трихограммы (*Trichogramma*), и завершились, в основном, неудачно (что не помешало в дальнейшем успешно применять этот метод в сельском хозяйстве).

Развивались в это время и прикладные разработки, основанные на микробиологическом методе. Программной стала работа Д'Эрреля по использованию *Coccobacillus acridiorum* для подавления саранчи (1911–1915). А прорыв к массовому использованию микробных препаратов в защите растений обеспечило открытие Берлинером (США, 1915) энтомопатогенной тюрингской палочки *Bacillus thuringiensis*. По ряду причин именно на основе её или продуктов её жизнедеятельности сейчас выпускается основная масса биоинсектицидов. На её же основе во Франции в середине 30-х гг. был произведён первый из них – спореин.

До начала 40-х годов был выполнен ряд теоретических работ, позволивших как лучше понять механизмы действия уже существующих методик защиты растений, так и разработать новые. Основывались они на успехах физиологии, генетики и математических методов в экологии.

Так, физиолог Уиглсуорс (Англия, 1935, 1937) доказал присутствие и активность гормонов насекомых; ныне гормоноподобные препараты успешно применяются в лесозащите. Генетик А.С. Серебровский предложил использовать выпуск вредных насекомых с генетическими дефектами для подавления их природных популяций (СССР, 1929); несколько позже (1940) им и Ниплингом (США) были независимо представлены разработанные в деталях программы применения генетического метода. Целый же ряд экологов – Говард и Фиске (1911), Тэйлор (1924), Лотка (1926), Вольтерра (1927), Гаузе (1934), Никольсон и Бейли (1935) – внесли вклад в объяснение динамики природных популяций вредных насекомых.

Золотой век биометода закончился с открытием Паулем Мюллером высоких инсектицидных свойств ДДТ (1937). Испытания его в Швейцарии на колорадском жуке были проведены в 1939 г., а первые закупки Великобританией и США сделаны в 1942 г. Вслед за этим началось подав-

ляющее преобладание химических методов защиты растений, в том числе и лесных, продлившееся до 1970-х гг.

---

Иллюстрацией упадку биометода могут послужить два факта. Количество научных работ, посвящённых пестицидам и биометоду, соотносилось в то время как 20:1, а штат энтомологов при Министерстве сельского хозяйства США сократился в 8 раз (с 40 до 5 человек).

---

Однако, даже во время преобладания химических инсектицидов, развитие биологического подавления вредных насекомых не прекращалось. В целом ряде направлений в этот период были сделаны крупные успехи.

Ряд исследований был сделан в изучении членистоногих паразитов и хищников вредителей. Продолжались программы интродукции энтомофагов садовых (СССР, США) и сельскохозяйственных (США) культур. Разрабатывался метод внутриареального переселения энтомофагов (СССР, Польша, Германия), в том числе, и врагов вредителей леса (особенно широко – на примере муравьёв). Было внесено (а позже – и реализовано на практике) предложение Уилкса (Канада, 1942) использовать принципы генетики в разведении энтомофагов.

---

В настоящее время имеются опыты по применению генетических принципов. Выведены расы, приспособленные к пониженным температурам (наездники), пестицидоустойчивые (наездники, клещи) высоковирулентные штаммы бактерий и вирусов.

---

Активно велась разработка принципов использования в защите леса позвоночных животных, главным образом, птиц (Европа, СССР) и млекопитающих (США).

---

Разработанные методики дали ряд удачных практических результатов (разведение птиц в популяциях насаждений СССР, расселение бурозубок на Ньюфаундленде).

---

В 50-х и 60-х годах был широко введён в практику лесозащиты микробиологический метод. В СССР под руководством иркутского учёного Талалаева было начато в 1957 году промышленное производство дендробациллина – препарата *Bacillus thuringensis* для защиты леса от сибирского шелкопряда. Берд (Канада) вёл изучение вирусов насекомых; ему обязана созданием лаборатория патологии насекомых (Солт-Сент-Мери и Белвилл, Канада, 1950). Первые опыты были проведены по подавлению ры-

жего соснового пилильщика в Канаде. В СССР практически одновременно проходили опыты Чугунина и Гайченя (1954) по борьбе с непарным шелкопрядом.

---

Эксперименты Берда сначала проводились на основе американских штаммов полиэдроза елового общественного пилильщика. Впоследствии использовались и завезённые штаммы (Швеция). Обработки проводились с использованием суспензии из инфицированных личинок. В опытах отечественных исследователей применялась суспензия из погибших от болезней (как бактериальных, так и вирусных) гусениц.

---

Вошёл в это время в практику и генетический метод подавления популяций вредителей. Были проведены удачные опыты одного из его основателей Ниплинга по подавлению мясной мухи на о. Кюрасао (Карибское море, 1955) и в США. Несколько позже (начало 1960-х) прошла ликвидация Хорбером популяций майских хрущей *Melolontha* в нескольких долинах Швейцарских Альп.

---

Мясная муха – один из опаснейших вредителей животноводства. На Кюрасао она была уничтожена полностью, на юго-востоке США обработки периодически повторяются (для создания барьера на мексиканской границе).

---

Из теоретических разработок можно отметить выделение Уильямсом (1956) гормона насекомых в чистом виде и предложение использовать его в защите растений и расшифровку Бутенандом (1959) структуры феромона тутового шелкопряда. Эти работы легли в основу практического использования феромонов и гормоноподобных веществ в защите леса. Немногим позже появились первые работы по восприимчивости генетических линий деревьев к вредителям (США, начало 1960-х). В Советском Союзе была разработана ступенчатая схема регуляции популяций Викторова (СССР, 1967) – основа для разработки моделей управления популяциями вредителей.

Сочетание широкого применения пестицидов с разработками по биометоду защиты растений привело к появлению концепции интегрированной борьбы (США, 1947–1959). Основана она была на опыте «контролируемой борьбы» с люцерновой желтушкой (1940-е гг.). Вопрос приоритета окончательно не решён, но, видимо, впервые концепция интегрированной борьбы была разработана Аллиэтом (1947). Термин введён Кеннеди (1953). Сущность её состоит в гармоничном сочетании химических, био-

логических и иных методов, позволяющих добиться результата при минимальном ущербе для окружающей среды.

В начале 70-х гг. биологический метод борьбы с вредителями леса в целом оформился в современном виде. Были проведены опыты Берозы и Стивенса по подавлению вспышки непарного шелкопряда методами отлова и дезориентации (США, 1970-е гг.) при помощи феромонов и эксперимент Ретнакарана по обработке очага пяденицы *Lambdina fiscellaria* ювенидом метопреном (начало 1970-х гг.). В Испании были зарегистрированы первые препараты на основе вирусов (1973).

---

Метод отлова успеха не имел; необходимо отловить не менее 95 % самцов, чтобы снизить объедание до 50 %, что невыполнимо. Лучшие результаты показал метод дезориентации (рассеяние капсул с феромоном для отвлечения самцов от самок). Хотя в целом борьба с вредителями леса при помощи феромонов оказалась невозможна, эти опыты показали возможность их применения для мониторинга.

Обработка метопреном оказалась удачной, хотя результаты её сказались лишь на следующий сезон.

---

Развитие международных организаций, занимающихся биологическим подавлением вредителей, отмечено следующими основными вехами:

1952 г. – создание МКББ (Международная комиссия по биологической борьбе),

1971 г. – реорганизация МКББ в МОББ (Международная организация по биологической борьбе),

1974 г. – вступление СССР в МОББ,

1977 г. – организация Восточно-Палеарктической секции МОББ, в которой ныне состоит Россия.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

При планировании и проведении лесозащитных работ, особенно с использованием биометода, необходимо учитывать, что вредитель взаимодействует с агентом биологической борьбы не сам по себе, а как часть экосистемы. Только в этом случае меры по его подавлению будут применяться осознанно, с достижением наивысшего результата.

**Экосистема** – природный (природно-антропогенный) комплекс, образованный организмами и средой обитания, члены которого связаны между собой.

---

К пониманию экосистем наука пришла в середине XIX в. Сам термин «экосистема» был введён английским геоботаником Тенсли в 1935 г. Связи между компонентами экосистем делятся на причинно-следственные, связи через обмен веществ и связи через распределение потока энергии.

---

Поскольку сущность лесозащиты состоит в управлении численностью популяций вредителей, то биологическое подавление вредных насекомых в той или иной степени моделирует эти же процессы в природе. Следовательно, необходимо хотя бы в общих чертах представлять ход этих процессов без вмешательства человека.

Баланс любой животной популяции определяют следующие показатели: рождаемость (число потомков на самку за единицу времени), смертность (доля погибших за единицу времени особей) и миграционная активность (рис. 2). Некоторая часть программ по биологической защите леса направлена на снижение рождаемости вредителей (применение нематоды *Deladenus siricidicola* против рогохвоста *Sirex noctilio* в Австралии). Нередко используются приёмы, позволяющие поднять рождаемость полезных организмов (например, подсев нектароносов, на которых питаются энтомофаги). Множество программ разработано для повышения смертности вредителя. Предложены способы снижения смертности энтомофагов (сохранение мест зимовок хищников – врагов стволовых вредителей). Влияние на миграционную активность используется для отпугивания вредных насекомых (успешное применение таллового масла для борьбы с лубоедом горной сосны *Dendroctonus ponderosae* в США). Хорошо разработана практика привлечения агентов биологической борьбы (устройство ремиз, искусственных гнездовий).

Огромное влияние на популяции вредителей и их естественных врагов оказывают биотические факторы. Для описания взаимоотношений хозяйственно важных видов друг между другом и с иными организмами разработаны соответствующие методики и термины. Один из основных методов такого описания – построение пищевой сети.

**Сеть пищевая** – всё разнообразие пищевых взаимоотношений между организмами в экосистеме.

Также пищевой сетью называют взаимоотношение одного (нескольких) видов с объектами питания; часть пищевой сети экосистемы.

---

В пределах экосистем происходят взаимодействия между всеми видами, в том числе и между вредителями и их естественными врагами. При помощи пищевых сетей даётся описание этих взаимоотношений.

---

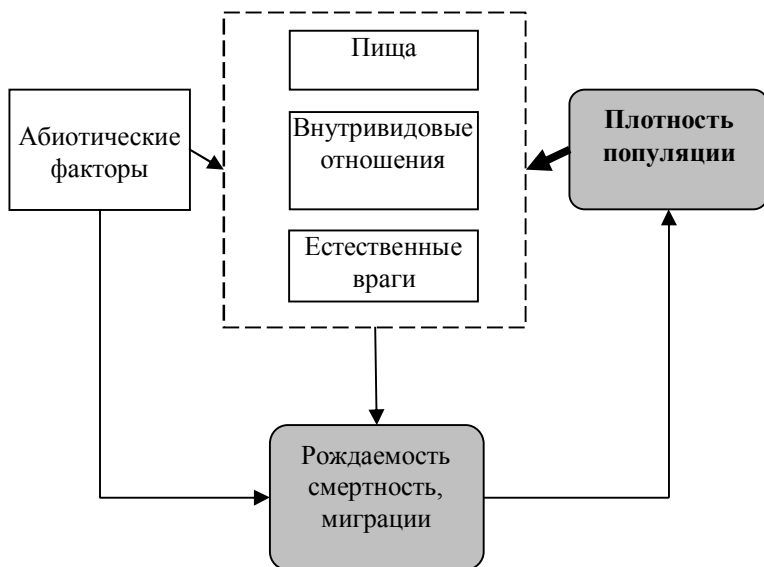


Рис. 2. Регуляция численности популяции вредителей в природе

Разумеется, для целей лесозащиты наибольший интерес представляют взаимодействие «хищник – жертва» или «паразит – хозяин», но для того, чтобы оценить возможное влияние среды на агент биологической защиты, приходится оценивать его взаимодействие с ней, протекающее по всем остальным типам (табл. 1).

На основании результатов опытов по выпуску энтомофагов непарного шелкопряда и златогузки, Говардом и Фиске было выделено три группы факторов (1911). Основное значение имеют две из них, которые различаются по типу обратной связи с популяцией вредителя:

**Факторы, не зависящие от плотности (модифицирующие)** – факторы, уничтожающие сравнительно постоянную долю популяции вне зависимости от изменений её плотности

**Факторы, зависящие от плотности (регулирующие)** – факторы, по мере роста плотности популяции жертвы уничтожающие больший процент её особей.

Таблица 1

## Классификация отношений в биоценозе

Тип взаимодействия	Влияние	
	первого вида на второй	второго вида на первый
Нейтрализм	0	0
Аменсализм	–	0
Комменсализм	+	0
Конкуренция	–	–
Хищник-жертва <i>или</i> паразит-хозяин	+	–
Мутуализм	+	+

+ – положительное влияние, – – отрицательное влияние, 0 – отсутствие влияния со стороны другого вида.

Как пример модифицирующего фактора можно привести абиотические факторы (погода). Регулирующим фактором, например, является плотность энтомофагов. Некоторые факторы могут переходить из одной группы в другую. Так, при низкой плотности популяции усача *Monochamus urussovii* количество деревьев, пригодных для заселения им, не зависит от плотности. При достижении порогового её значения, жуки получают возможность ослаблять деревья настолько, что те становятся пригодными к заселению. Таким образом, модифицирующий фактор становится регулирующим.

Реакции энтомофагов на изменение численности жертвы делятся на две группы: функциональная (каждая особь энтомофага отвечает на увеличение плотности популяции жертвы нападением на большее их число) и численная (возрастание численности природных врагов с увеличением плотности популяции жертвы). Среди численных реакций, в свою очередь, различаются репродукционная – увеличение продуктивности, и миграционная – перемещение в места с высокой плотностью популяции жертвы. Функциональная реакция по своей скорости опережает оба вида численной; задержка в скорости численной реакции и является причиной колебаний плотности популяций вредителей (рис. 3).

Согласно этой модели, а также ряду не рассматриваемых здесь математических (Лотки, Вольтерры, Никольсона-Бейли), рост численности естественных врагов запаздывает по сравнению с таковым фитофагов, т. е. естественные враги представляют **инерционный** механизм регуляции численности. Собственно, основная масса методик биологического подавления вредных насекомых и направлена на уменьшение этой задержки.

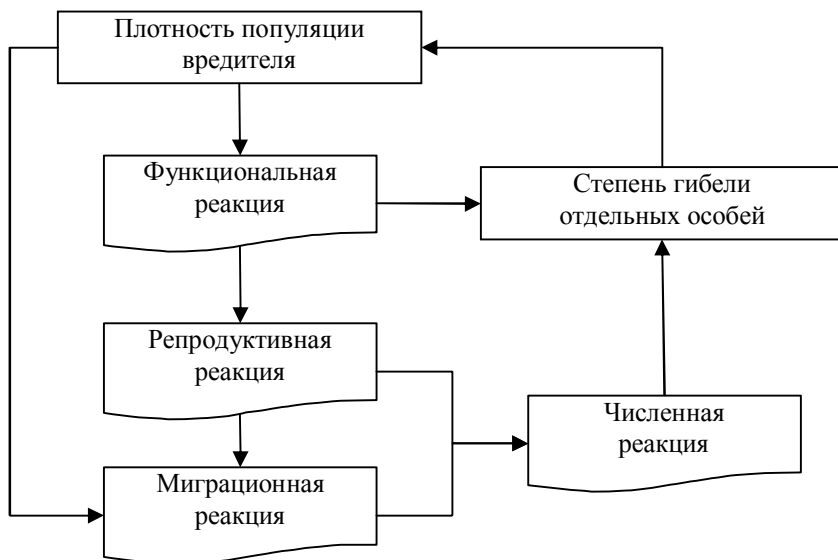


Рис. 3. Схема взаимодействия популяций вредителей и их естественных врагов

Отдельно стоит остановиться на принципе Гаузе, названном так в честь советского эколога Г.Ф. Гаузе. Развивая идеи Лотки и Вольтерры, серией опытов в 1931–1935 он показал, что два вида не могут существовать в одной местности, если их экологические потребности идентичны.

---

В качестве примера можно привести следующую систему «хозяин – паразит». Комплекс паразитов пилильщика *Diprion similis* (США, Висконин) состоит из двух видов – *Exenterus amictorius* и *Monodontomerus dentipes*. Их сосуществование обеспечивается разделением во времени; первый из них в основном заражает первое в сезоне поколение, второй – второе. *E. amictorius* заражает 45–60 % коконов 1-го поколения, *M. dentipes* – менее 5 % личинок. Во втором поколении заражённость соотносится как 10–12 % к 18–53 %.

---

Теория ступенчатой регуляции численности предложена Г.А. Викторовым в 1976 г. (на примере клопа-черепашки). Именно она обеспечивает ультрастабильность системы за счёт того, что каждый компонент проводит регуляцию на «своём» уровне численности.

---

При подавлении пилильщика *Diprion hercinae* в Канаде эффективным оказалось сочетание паразитов *Drino bohémica* и *Exenterus vellicatus* (на низком уровне численности) с вирусом ядерного полиэдроза (на высоком). Эффект действия их по отдельности намного ниже. Ввезённые сначала паразиты оказались в условиях канадского климата недостаточно эффективными. Окончательно подавить вредителя удалось после случайного завоза ВЯП (вируса ядерного полиэдроза).

---

## КЛАССИЧЕСКИЙ БИОМЕТОД: ИНТРОДУКЦИЯ ЭНТОМОФАГОВ

Транспортные средства, переселение людей, торговые связи ведут к расселению насекомых. Виды насекомых, которые могут акклиматизироваться в новых районах, вызывают перестройку биоценозов. В состоянии диапаузы насекомые могут переноситься на очень далёкие расстояния с грузами. Многие насекомые могут переноситься из одной местности в другую на саженцах, сеянцах, в клубнях и луковицах растений, в букетах цветов, в багаже, на одежде людей и т.д.

Так распространился розовый червь хлопчатника. Во многие страны с саженцами или в упаковочных материалах была завезена американская белая бабочка. С водяным папоротником из Америки в Европу проник долгоносик *Stenopelmus rufinasus*, с семенами ели – семяед *Megastimus spermotrophus*, из Европы в Америку завезены непарный шелкопряд и кукурузный мотылёк.

Из стран Дальнего Востока в Среднюю Азию был завезён червец комстока, в Америку – восточная плодоярка, японский жук. Из Средней Азии в США проникли и стали серьёзными вредителями хлопковый коробчатый долгоносик и белокаёмчатый слоник.

Таких примеров масса, наиболее известные – филлоксера и колорадский жук. Уже в 1897 году Говард насчитывал в США 111 видов вредных насекомых, в том числе 37 видов из 73 наиболее сильно вредивших в Америке. К середине XX века, считая и не вредные виды, было известно более 2500 видов насекомых, проникших с других материков в Северную Америку, причём основная их масса была занесена людьми произвольно.

Для того, чтобы ограничить распространение вредных насекомых, во многих странах существует специальная карантинная служба, которая представляет собой систему государственных предупредительных мероприятий, препятствующих завозу вредителей в те местности, где они отсутствуют, но где по климатическим и иным условиям они могли бы су-

ществовать и размножаться до вредоносной численности. Различают карантин **внешний**, не допускающий завоз иноземных вредных видов, и карантин **внутренний**, имеющий целью ликвидировать локализованные очаги местных вредителей и не допустить расширения их ареалов.

Для борьбы с завезёнными вредными насекомыми применяется метод **интродукции и акклиматизации энтомофагов**.

Методологические основы интродукции естественных врагов вредителей были заложены европейскими биологами, но его разработка и наиболее известные (и успешные) работы по практическому применению принадлежат канадцам и американцам. Североамериканские фермеры столкнулись со вспышками завезённых вредителей, уничтожавшими урожай почти полностью.

Как было сказано при разборе предыдущей темы, пионерами классического биометода были энтомологи САСШ. Первым решение проблем с завезёнными в Северную Америку вредителями предложил Аза Фитч (1861) на примере комарика *Sitodiplosis mosellana*. Фитч написал в Англию Джону Кертису письмо с просьбой выслать заражённого паразитами вредителя; однако, хотя идея была признана многообещающей, реализация её не состоялась из-за нехватки средств. Также идеи Фитча были поддержаны Бенджамин Уэлшем (1866).

В 1873 г. энтомолог из Миссури (США) Райли открыл хищного клеща *Tyroglyphus phylloxerae*, нападающего на филлоксеру. К моменту осуществления проекта интродукции энтомофагов во Франции тля филлоксера стала первостепенной угрозой виноделию. Французы искали различные пути решения этой проблемы; среди других, ими была опробована и методика интродукции естественных врагов вредителя. Находясь под влиянием идей Фитча и Уэлша, он послал живых клещей французским учёным Планшону и Фоз. Опыт окончился неудачей.

Вскоре последовали другие эксперименты: перенос врагов тлей из Англии в Новую Зеландию (1874) и выпуск Саундерсом в Онтарио (Канада) трихограммы из штата Нью-Йорк для борьбы с пилильщиком, вредящим в садах (1882). Но результаты были получены в лучшем случае неопределённые.

Вскоре, однако, Райли выпал случай повторить попытку подавить вредителей при помощи других насекомых. Австралийский желобчатый червец *Icerya purchase* стал к моменту начала его программы серьёзнейшей угрозой цитрусовой промышленности Калифорнии; его деятельность можно было сравнить с нашествием филлоксеры во Франции. Райли, работавший в Министерстве сельского хозяйства США, предложил решить эту проблему с помощью интродукции естественных врагов червеца.

В 1888 г. Кёбеле, полевой агент Райли, отплыл в Австралию для сбора насекомых – врагов *Icerya purchasi*. От него было получено 129 особей божьей коровки *Rodolia cardinalis*, которые были использованы для разведения. К июню 1889 г. произошёл выпуск; уже в следующем сезоне червец практически не представлял опасности. Стоимость программы составила всего около \$ 1500.

Как было сказано ранее, эффект в умах защитников растений этой удачей был произведён огромный. Довольно скоро были осуществлены первые эксперименты по защите леса. Проводились они под руководством Говарда – преемника Райли, Фиске и Хьюитта (в борьбе со златогузкой).

Непарный шелкопряд был ввезён в США с научными целями и попал в леса по неосторожности. Вскоре он стал одним из самых опасных вредителей лиственных лесов в восточных штатах. Борьба с непарным шелкопрядом велась на территории США и Канады, (1905–1914, 1922–1923). Из 40 выпущенных видов прижились 9 паразитов и 2 хищника. Успех программы был частичным.

---

Сначала удалось добиться резкого снижения численности вредителя, но затем система стабилизировалась, и шелкопряд по-прежнему, хотя и не столь сильно, вредит, постепенно расширяя ареал.

---

Борьба со златогузкой затронула восток Канады (1909–1911). Три прижившихся паразита снизили численность вредителя ниже экономического порога вредоносности.

Эти две программы показали перспективность метода интродукции энтомофагов не только в сельском, но и в лесном хозяйстве. Это определило их дальнейшее развитие. В США, например, к 1956 г. было завезено из других стран около 500 видов паразитов и хищников вредных насекомых более чем 90 видов. Акклиматизировалось около 100 видов. В Канаду было завезено 220 видов энтомофагов, из них 50 прижились.

Ряд опытов, удачных и неудачных, последовавших вслед за ввозом родолии, привели к выработке теоретической основы применения метода интродукции.

Метод интродукции применяется только в том случае, если сложилась одна из двух приведённых ниже ситуаций:

1. в экосистеме, включающей вредителя, существует свободная ниша, которую интродуцируемый вид может занять, или

---

Обычно верно для завезённых вредителей (непарный шелкопряд в США).

---

2. если вид, занимающий эту нишу в данный момент, неэффективен в качестве регулятора, и может быть вытеснен более эффективным.

---

Для местных видов (непарный шелкопряд в Испании), или для тех из завезённых, для которых подбор наиболее эффективных энтомофагов продолжается.

---

При поиске эффективных полезных организмов для использования в биологическом подавлении вредителей, необходимо представлять предмет поиска. Хотя абсолютно безошибочного алгоритма распознавания эффективных врагов нет, и удача достижима только при переборе вариантов, применение некоторых критериев позволяет сузить рамки поиска. В настоящий момент таких критериев может быть выделено одиннадцать.

#### 1. Экологическая совместимость.

Экологические требования вида-мишени и энтомофага должны быть близки.

Показано, что акклиматизироваться в новых местах могут далеко не все виды. Не все виды инородных насекомых могут выдержать конкуренцию с местными видами, или новые пришельцы могут быть истреблены местными паразитами и хищниками. До некоторой степени помогает проникшим в новую местность насекомым противостоять конкуренции, паразитизму и хищничеству, часто наблюдаемое **повышение жизнеспособности организмов** в новых условиях среды. К тому же местные паразиты, и отчасти хищники, обычно не сразу приспосабливаются к новому пришельцу или совсем не могут к нему приспособиться.

Кровяная тля, например, в Европе и Азии и сейчас (через 150 лет после её проникновения в Европу) имеет очень мало местных хищников и совсем не имеет местных паразитов. То же следует сказать и о желобчатом червце во всех местах, где он акклиматизировался.

---

Близость экологических требований – причина того, что врагов желобчатого червца искали в Австралии, а зимней пяденицы *Operophtera brumata* – в Европе, т. е. на родине этих вредителей.

---

**Метод климатических аналогов** – способ выбора региона для поиска агента биологической борьбы, основанный на подборе в пределах его ареала зон с климатическими условиями, сходными с таковыми в месте выпуска.

Так, при интродукции энтомофага с юга в более северные районы необходимо придерживаться двух правил: ввозимая популяция должна быть

с северной границы ареала данного вида; желательно из горной местности, что обеспечивает значительную холодостойкость перевозимого энтомофага.

---

Метод климатических аналогов – модификация принципа экологической совместимости.

---

## 2. Синхронизация во времени.

Жизненные циклы хозяина и паразита должны быть синхронизированы; репродуктивная стадия паразита должна быть активной одновременно с присутствием восприимчивой стадии хозяина.

Примером критериев 1 и 2 может служить неудачный опыт интродукции божьей коровки *Chilocorus rubidis* в нижнегорную алмаатинскую плодовую зону Заилийского Алатау для борьбы с акациевой и туранской ложнощитовками в 1965–1966 гг. Исследователями было установлено, что лимитирующими факторами при акклиматизации этого вида в предгорьях Заилийского Алатау является сочетание высоких температур и низкой относительной влажности воздуха в пределах 29–32%, вызывающих гибель жуков, а также несовпадение циклов развития дальневосточного хилокоруса и местных видов ложнощитовок. В результате чего личинки хилокоруса отрождались в то время, когда у самок ложнощитовок заканчивалось формирование яиц и щитки затвердевали, становясь недоступными для личинок божьей коровки.

---

Тахина *Drino inconspicua* – паразит ряда видов дипприонид – в Западной Сибири является эффективным паразитом сходного пилильщика *Diprion similis*, но практически не заражает ложногусениц рыжего соснового пилильщика *Neodiprion sertifer*, синхронизация с которым отсутствует (пик активности его ложногусениц приходится на время лёта тахины; последняя не в состоянии заражать активнодвигающихся личинок).

---

## 3. Быстрая положительная реакция на рост плотности хозяина.

Особенно важна численная реакция; способность к быстрому наращиванию численность в ответ на рост популяции мишени – важный признак агента.

## 4. Большой репродуктивный потенциал.

Одно из важных свойств энтомофага – его высокая репродуктивная способность. Она может быть обеспечена: высокой плодовитостью энтомофага,

коротким временем генерации,  
либо тем и другим.

#### 5. Способность к поиску.

Полезный организм должен быть способен использовать популяцию с низкой плотностью, сокращая её численность в период депрессии и под-держивая таким образом на низком уровне.

---

Важнейшей частью комплекса, сдерживающего размножение общественного елового пилильщика являются два вида паразитов – *Drino bohémica* и *Exenterus vellicatus*, эффективные именно при низком уровне численности благодаря своей способности к отысканию хозяина.

---

#### 6. Способность к расселению.

При подборе видов для интродукции надо стремиться к тому, чтобы для распространения по ареалу хозяина хватило одной или нескольких интродукций.

---

В качестве удачных примеров можно привести два случая. После интродукции в Висконине (США) бракониды *Agathis pumila* для борьбы с листовиной чехло-ноской *Coleophora laricella* паразит расселялся со скоростью 46,7 км/год. При вы-пуске *Opius ilicis* – паразита падубовой минирующей мушки *Phytomyza ilicis* – хва-тило всего 10 особей, чтобы вид расселился в достаточной степени.

---

#### 7. Специфичность к хозяину и совместимость с ним.

Большая часть случаев успешного биологического подавления связана с использованием весьма специфичных к хозяевам энтомофагов. Пред-почтительнее монофаги или узкие олигофаги.

#### 8. Наличие дополнительных источников пищи.

Имаго паразита нередко необходимо наличие подходящих дополни-тельных хозяев или источников нектара и пыльцы.

#### 9. Сверхпаразитизм.

Вид-энтомофаг для реализации своих возможностей в борьбе должен быть свободен от естественных врагов. То же касается болезней, ослаб-ленных особей и т. д.

---

В США, например, все ввозимые партии паразитов вредных насекомых обяза-тельно контролируются на отсутствие заражённых вторичными паразитами осо-бей в нескольких лабораториях (при Министерстве сельского хозяйства – штат

Делавер, а также в Калифорнии, Флориде и на Гавайях). В Канаде эту функцию выполняет приёмная станция Министерства сельского хозяйства (Оттава, Онтарио), в России – Государственная инспекция по карантину растений Министерства сельского хозяйства

---

#### 10. Пригодность к содержанию в культуре.

Перед выпуском в природу энтомофаг обычно разводится искусственно для обеспечения охвата максимально большой территории и на случай гибели части особей.

---

Необходимость выполнения этого условия можно проиллюстрировать следующим примером. После получения из Европы сравнительно небольшой партии паразита *Dahlbominus fuscipennis* – паразита пилильщиков из родов *Diprion* и *Neodiprion* – было применено его искусственное разведение. По его завершении в США было выпущено 230 млн. особей, в Канаде – 900 млн.

---

#### 11. Безопасность для экосистемы.

Интродуцируемый вид не должен оказывать вредного влияния на иные виды, кроме вида-мишени.

---

Принцип выдвинут относительно недавно. Так, последние исследования показали, что 16 % видов энтомофагов, ввезённых в Северную Америку, успешно развиваются в природе на местных видах насекомых. Препятствием этому должна служить, например, Конвенция о биологическом разнообразии 1992 года (ст. 8). Кроме того, в ряде стран усиление контроля требует общественное мнение.

---

### ЭТАПЫ ИНТРОДУКЦИИ

Интродукция энтомофага – весьма сложный процесс, включающий ряд этапов. Лучше всего его схема разработана на примере паразитических насекомых: большая часть программ интродукции проводилась именно с паразитами.

#### 1. Идентификация вредителя.

В этот этап, кроме выяснения видовой принадлежности вредителя, входит и оценка наносимого им вреда.

---

Оценка вреда наиболее актуальна для вредителей сельского хозяйства, где он не столь очевиден. Многие виды, постоянно выедая часть урожая, не давая резких колебаний, становятся "фоном", незаметным без специальных наблюдений. В лесном хозяйстве, где насаждения страдают от резкого подъёма численности, такая проблема обычно не стоит.

---

## 2. Поиск литературных данных о биологии вредителя.

Наиболее важны сведения о распространении, экологических требованиях, и ранее проводимой с ним борьбе. Литературные данные нередко позволяют уточнить план проведения работ, либо вовсе отказаться от некоторых из них.

## 3. Поиск литературных данных о естественных врагах вредителя.

Просматриваются научные работы, списки и обзоры фаун, каталоги агентов биологической борьбы.

## 4. Полевые исследования вредителя и его врагов.

Их результаты заполняют пробелы в литературных данных. Кроме того, они позволяют освоить методики поиска и распознавания полезных видов, предназначенных к сбору.

## 5. Прогнозирование успеха.

Проводится, в основном, на основании литературных данных. Может быть только весьма приблизительным.

## 6. Сбор полезных организмов.

Основные методики: ручной сбор, и экспозиция вредителя.

Сбор должен производиться в течении хотя бы одного полного сезона активности вредителя и на максимально возможной части его ареала. Методики подбираются в зависимости от особенностей биологии вредителя и его врагов, наличия рабочей силы, особенностей местности.

## 7. Перевозка полезных организмов.

Желательные условия перевозки:

соблюдения формальности ввоза,  
везти груз по наиболее быстрому маршруту с удобными пунктами смены транспорта,  
поддерживать при этом допустимую температуру,  
обеспечить связь между отправителем и получателем,  
обеспечить прибытие посылки в рабочее время,  
снабдить надёжной тарой, исключающей повреждения и бегство насекомых,

подобрать для перевозки наиболее подходящую стадию (для паразитов – куколки внутри хозяев, для хищников – имаго).

#### 8. Карантин.

Карантинная обработка может проводиться как в стране-экспортёре, так и на месте. Ввозимый вид в течение нескольких поколений размножается в неволе с целью отсева сверхпаразитов, болезней, случайно попавших особей других видов.

#### 9. Размножение.

Для размножения в неволе требуются специальное оборудование, знание биологии полезного насекомого, разработанные методики содержания культуры вида-мишени, (вида-заменителя) и разведения на нём паразита.

Несмотря на это, искусственное размножение имеет ряд преимуществ перед выпуском природного материала: уменьшается риск ввоза вредных видов, снижается вероятность потери материала при пересылке, обеспечивается накопление агента, увеличивается возможность синхронизировать жизненные циклы энтомофага и мишени.

Особенную пользу искусственное разведение паразитов может принести в случаях трудности получения крупных партий, собранных в поле, необходимости быстрого распространения по обширным районам, желательности повторения колонизации в несколько приёмов, быстрого размножения или расселения вредителя, низкой выживаемости паразитов.

#### 10. Выпуск и колонизация.

При выпуске необходимо, чтобы в месте интродукции были подходящие для энтомофага абиотические условия, присутствовали, при необходимости, дополнительные хозяева или источники дополнительного питания имаго. Следует учитывать возможность генетической защищённости вредителя.

---

Важность последнего положения показывает пример листовенничного пилильщика *Pristiphora erichsonii*, который в Канаде приобрёл способность инкапсулировать в теле яйца паразита *Mesolius tenthredinis*. Для борьбы с ним пришлось ревидировать популяции, пока в Баварии не была отыскана линия, способная преодолеть этот механизм защиты.

---

Для успеха выпуска желательно соблюдать следующие условия:

выпуск должен производиться, когда в природе присутствует восприимчивая стадия хозяина;

при выпуске паразитов им для прохождения дополнительного питания может понадобиться дополнительное время перед размножением;

колонизация должна проходить в наиболее подходящих биотопах;

нередко выпуск проводится в садки, которые удаляются после начала размножения акклиматизируемого вида;

---

Садки необходимы для уменьшения начального рассеяния особей и для защиты от местных хищников.

---

следует обращать внимание на погоду, избегая выпуска в дождь, жару, заморозки и т. д.;

выпуск лучше производить рано утром или поздно вечером;

целесообразнее выпуск крупных колоний в нескольких точках, чем рассеяние мелких по большой площади; выпускать следует не менее 800 особей в каждой точке, но для партеногенетических видов количество особей можно уменьшить.

Считается, что наиболее эффективен одновременный выпуск нескольких самых перспективных видов и выпуск генетически разнородных линий. Эффективные враги вредителей акклиматизируются обычно в течение 1-го года. Разные авторы рекомендуют 3–5-летний контрольный срок, но даже тут бывают исключения.

---

Один из паразитов коконов пилильщиков – *Pleolophus basizonus* – был найден лишь через двенадцать лет после последнего выпуска.

---

#### 11. Контрольные сборы.

Наличие энтомофага в точке выпуска в течение трёх лет указывает на успех.

#### 12. Оценка результата.

Этот этап важен для расчёта экономической эффективности, а также для отыскания причин успеха или неудачи. Оценка результатов может проводиться следующими способами:

##### **Качественный анализ**

Отбор проб из ряда мест и оценка по ним распространения энтомофага и уменьшения популяции вредителя.

##### **Эксперименты с исключением**

Искусственное удаление (с помощью клейких или феромонных ловушек, ручного сбора, химикатов с избирательным действием, биометода) с группы участков энтомофага и сравнение с контрольными, с которых удаление не проводилось.

---

В качестве примера применения биометода можно упомянуть использование в США муравьёв, защищающих колонии червецов от их естественных врагов; на делянках, где были акклиматизированы муравьи, изъятие вредителя было пренебрежимо мало.

---

### **Количественная оценка**

Составление таблиц выживания для вредителя до и после интродукции энтомофага.

**Таблица выживания** – упорядоченное выражение результатов наблюдений за смертностью насекомого (объём и причины гибели) на различных стадиях.

В СССР, а впоследствии и в России, метод интродукции и акклиматизации энтомофагов против вредителей леса практически не использовался. Связано это с тем, что применялся он, в основном, против завезённых насекомых, из которых на территории России лесам вредит только американская белая бабочка. Видимо, перспективны работы по ввозу некоторых видов энтомофагов из Сибири, Дальнего Востока, а также прилегающих районов Японии и Китая.

Пожалуй, единственным примером успешного использования энтомофагов методом интродукции в лесном хозяйстве России является акклиматизация *Ooencyrtus kuvanae*. Он считался перспективным паразитом непарного шелкопряда с момента открытия в 1910 г. Однако, в России он не мог прижиться из-за теплолюбивости. Дело сдвинулось с мёртвой точки после нахождения относительно холодостойкой популяции оэнциртуса в Северной Корее, что в целом соответствует условиям областей России, лежащих западнее линии Санкт-Петербург – Алма-Ата, а с учётом глубины снежного покрова – и ряда более восточных районов. За сезон энтомофаг даёт минимум две (на юге – до пяти) генерации. Перезимовавшие самки заражают зимующие яйца шелкопряда, а самки второго поколения – свежее отложенные. Вид хорошо разводится в лаборатории на яйцах непарного шелкопряда. Опыт его интродукции в США показал его высокую эффективность против вида-мишени, и в то же время безопасность для экосистем. В отечественных условиях (Краснодарский край, Москва, Воронежская и Ульяновская обл.) он показал среднюю заражённость яиц шелкопряда в пределах 15–25 %, максимальную – 92,2 %. Способен он заражать яйца и ряда других вредных волнянок (монашенка, златогузка, античная волнянка и др.).

Размножение энтомофага в простейшем случае проходит следующим образом. На дно банок (оптимальная ёмкость 0,75 л) кладётся кружок

фильтровальной бумаги. На него тонким слоем насыпают не менее 5000 яиц шелкопряда из разрушенных (лучше – в вытяжном шкафу) кладок.

Яйца лучше всего использовать свежееотложенные. Кроме того, перед внесением в садок их необходимо проморозить при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  в течение 5 часов. Это необходимо для того, чтобы убить зародышей шелкопряда; несколько гусениц способны погубить всю популяцию энтомофага в банке, заплетая всё паутиной. Однако, часть популяции, во избежание вырождения, следует воспитывать на свежих яйцах.

В садки с яйцами с помощью эксгаустера в банки вносят 100–200 энтомофагов, сверху закрывают мельничным газом, а на крышку кладут ватный тампон, смоченный 10%-м раствором мёда.

Через 2 недели (при температуре  $22\text{--}28^{\circ}\text{C}$ ) основная часть паразитов удаляется из садка. Однако, оставшиеся должны получать корм ещё 2 недели. За это время происходит дозарождение яиц вредителя.

Выпуск оэнциртуса проводится на стадии предлётной куколки или имаго. В первом случае яйца после начала вылета паразитов размещают в открытые с одной стороны бумажные кулёчки и вносят в очаг, к основанию стволов с яйцекладками. Погода должна быть ясной и сухой.

При втором способе вылетевших в садках имаго собирают в пробирки. Перед этим на расстоянии 7–10 см от верхнего края по окружности наносятся мелкие капли мёда. В местах выпуска они приставляются к основанию стволов с яйцекладками, или привязываются к ним в зоне яйцекладок. На выдел следует выпускать не менее 1000 особей.

Выпуск лучше всего проводить после появления первых кладок шелкопряда на деревьях.

## МЕТОД НАВОДНЕНИЯ И МЕТОД СЕЗОННОЙ КОЛОНИЗАЦИИ

**Метод сезонной колонизации** – периодически повторяющиеся выпуски разведённого искусственно энтомофага в развивающийся или действующий очаг вредителя с целью его быстрого подавления и в расчёте на дальнейшее самостоятельное развитие в биоценозе.

**Метод наводнения** отличается от предыдущего неспособностью энтомофага образовать устойчивую популяцию даже на время сезона вегетации.

---

На практике разграничить их бывает весьма сложно. Например, в СССР трихogramму выпускали за сезон несколько раз подряд (метод наводнения), тогда как в Мексике, где условия для неё лучше, ограничиваются единственным выпуском с наветренной стороны, в результате чего энтомофаг колонизирует всё поле и сдер-

живает вредителя в течение сезона (метод сезонной колонизации). Процедуры при этом практически одинаковы.

---

Применяются оба этих метода в тех случаях, когда плотность естественных врагов в природе недостаточна, либо они отсутствуют совершенно. Такая ситуация связана с недостатком или отсутствием синхронности у агента и мишени. Воздействие на популяцию вредителя оказывает непосредственно выпущенное поколение; в этом смысле его эффект сходен с эффектом инсектицида.

Далеко не каждый вид пригоден для подавления вредителей с помощью этих методов. Виды-агенты должны отвечать целому ряду качеств:

высокая плодовитость (у паразита) или прожорливость (у хищника),  
пригодность для разведения в культуре;

положительная функциональная реакция на повышение плотности хозяина;

хорошая поисковая способность;

низкая миграционная активность.

Если первые четыре свойства не нуждаются в комментариях, то необходимость подбора видов с низкой миграционной активностью следует пояснить. Наилучший пример для этого – попытки использовать различные виды божьих коровок (*Coccinellidae*) в защите садов и огородов от тлей. Несмотря на высокую эффективность этих жуков в природе, лёгкость их сбора осенью и хорошие показатели зимовки, весенний выпуск их практически всегда оказывался неуспешным. Как выяснилось, инстинкт заставлял коровок разлетаться на расстояние нескольких километров от места выпуска, хотя обилие пищи и хорошие микроклиматические условия делали защищаемые агроценозы вполне пригодными для их жизни.

В ряде случаев, если наиболее перспективные для подавления вредителя энтомофаги проявляют слишком высокую миграционную активность, возможно применение мер, снижающих её. Существующие методы делятся на три группы:

1. Выпуск с учётом биотических и абиотических условий, определяющих разлёт.

Основные абиотические условия, способствующие разлёту – высокие температура и освещённость. Именно с необходимостью их нейтрализации и связана рекомендация выпускать энтомофагов ранним утром или поздним вечером.

---

Основное биотическое условие – плотность популяции; также могут играть роль ряд других факторов. Все они индивидуальны для каждого вида, поэтому рекомендации по снижению их влияния необходимо разрабатывать в каждом случае особо.

---

2. Колонизация плохо летающих видов или не способных к полёту стадий (яйца, личинки).

Наиболее распространённый на практике вариант.

3. Колонизация насекомых, преднамеренно лишённых способности к полёту.

Считается наиболее перспективным, но на настоящий момент крайне сложен технически и дорог.

Тактика колонизации энтомофагов хорошо разработана на примере сельского хозяйства. Она включает в себя следующие пункты:

1) согласованное использование разных видов,

---

В лесозащите этот пункт вполне реализован только при использовании классического биометода.

---

2) формирование стартовых колоний в резервациях вредителя,

3) снижение численности вредителя в оптимальный момент,

---

Наилучшим образом этому условию отвечают яйцееды, уничтожающие потомство вредителя ещё до того, как насаждение будет объедено.

---

4) точный подсчёт необходимого количества энтомофага,

5) уточнение даты его выпуска с целью синхронизации его с вредителем,

6) уменьшение зимующего (диапаузирующего) запаса вредителя,

7) формирование биоразнообразия,

8) контроль результатов проведённой борьбы.

В лесном хозяйстве эти методы применяются довольно ограниченно. Однако, опубликованы результаты ряда производственных экспериментов, завершившихся более или менее успешно. За рубежом описано подавление очагов лубоеда *Dendroctonus ponderosae* (использовался комплекс видов хищников), непарного шелкопряда (*Apanteles*). Из отечественных работ наиболее широко известны опыты с яйцеедами теленомусом и трихограммой.

Наиболее широко и вполне успешно трихограмма (*Trybliographa ssp.*) применялась в сельском хозяйстве. Ряд видов лесных вредителей в приро-

де также эффективно контролируется представителями этого рода. Очаги звёздчатого пилильщика-ткача *Acantholida posticalis* иногда полностью подавляются трихограммой. Она же является одним из основных яйцевых паразитов соснового шелкопряда *Dendrolimus pini* и зелёной дубовой листовёртки *Tortix viridana*, а иногда в значительной степени заселяет кладки сибирского шелкопряда.

Первые опыты по применению трихограммы были выполнены в России С.А. Мокржецким ещё до революции; яйцеед применялся им для защиты садов от яблонной плодоярки. Массовое применение её повсеместно началось после публикации результатов опытов Фландерса (1930) по выращиванию трихограммы на яйцах зерновой моли *Sitotroga cerealella*.

Начало использованию трихограммы в лесозащите было положено в 1935 г. Б.В. Рывкиным (БелНИИЛХ, Гомель, Белоруссия). На ситотроге выращивались партии двух рас бурой трихограммы *T. evanescens*. Выращенные наездники применялись против рыжего соснового пилильщика, пяденицы-обдирало, дубовой листовёртки и соснового шелкопряда. Первые результаты были неутешительны: в очагах соснового шелкопряда (7–15-летние сосняки, полнота 0,8–0,9) при норме выпуска 150 тыс. особей/га эффективность заражения превысила контроль только на 0,5 %, а в очагах сосновой совки при норме выпуска 190 тыс. особей/га средняя по всем точкам учёта эффективность составила 50 %.

Дальнейшие опыты начались после выведения Б. А. Смирновым из яиц сосновой пяденицы специализированного паразита вредителей леса – жёлтой трихограммы *T. pini*. После выпуска трихограммы, разведённой в лаборатории (1940), в очаги соснового шелкопряда (12-летние сосняки) и сосновой пяденицы заражённость составила свыше 50 % (у других рас и видов – не выше 15 %).

Весьма успешными оказались проведённые в Белоруссии и Прибалтике (1970-е годы) опыты по подавлению очагов побеговьюнов рода *Evetria* в сосновых культурах и молодняках. Они показали, что для этих целей пригодна обыкновенная трихограмма (*T. evanescens*) формы «Клейсту». В результате 3-хлетнего выпуска в количестве 75 тыс. особей/га экстенсивность (доля поражённых растений) снизилась на 78 %.

Наиболее эффективным оказался выпуск *Trichogramma cacoeciae pollida* (100 тыс. особей/га) в 50-летнем насаждении дуба. К моменту выпуска заражённость яиц вредителя трихограммой составляла 22 %. Также влияние на численность вредителя оказывали муравьи (около 2 гнёзд/га). Результат проведённой борьбы – снижение численности листовёртки на 91,6 %.

В настоящее время разработаны приёмы, позволяющие разрешить ряд сложностей, мешающих эффективному использованию трихограммы. Пример сельского хозяйства показывает, что они позволяют добиться хорошего эффекта. Накопленный с 1930-х годов по наше время опыт позволил выработать ряд закономерностей, которых следует придерживаться при выращивании трихограммы.

1. Выращивание трихограммы лучше проводить при переменных температуре и влажности.

2. Условия выращивания должны быть близки к условиям применения.

3. Эффективность трихограммы падает при перевозке на дальние расстояния.

Падение эффекта при перевозках связано с выведением и гибелью в дороге части особей (при транспортировке на фазе яйца).

4. Следует время от времени обновлять лабораторную популяцию, внося туда собранных в природе особей, и проводить её через яйца более крупных, чем ситотрога, видов.

Отсутствие обновления популяции ведёт к её вырождению. К тому же результату приводит постоянное выращивание на ситотроге: самки мельчают и становятся неспособными прокалывать яйцевые оболочки более крупных хозяев. Выращивать на зерновой моли следует не более четырёх поколений кряду.

5. К применению следует рекомендовать формы, специфичные по вредителю.

---

Несоблюдение этой нормы привело к неудачам в описанных выше опытах Б.В. Рывкина.

---

6. Географическая область эффективного применения узка, и сильно уступает области ограниченного эффекта.

В зависимости от величины гидротермического коэффициента (ГТК) выделяют три зоны, характеризующиеся различной эффективностью применения трихограммы:

зона постоянной эффективности;

зона неустойчивой эффективности;

зона ограниченного эффекта.

**Зона постоянной эффективности** охватывает Украину (кроме западной и южной областей), Центрально-Чернозёмный район (кроме севера Воронежской области) и Северный Кавказ. Здесь в течение 8–9 лет из 10 условия благоприятны для трихограммы, и эффективность местных форм колеблется от 60 до 96 %.

**Зона неустойчивой эффективности** охватывает районы где не хватает тепла (юг центральной части Нечернозёмной зоны, Среднее Поволжье), отмечается избыток влаги (западные районы Белоруссии и Украины). Здесь лишь 6–7 лет из 10 условия бывают благоприятны для применения трихограммы.

**Зона ограниченного применения** характеризуется неблагоприятными климатическими условиями (юг Поволжья, Ростовская область, северные районы Нечерноземья). Для этих районов разрабатывают методику применения трихограммы в сочетании с другими средствами биологической защиты.

Отечественными и американскими исследователями были описаны следующие критерии выделения форм трихограммы: реакция на температуру, реакция на влажность, приспособленность к данному хозяину, доля короткокрылых самок и самцов, срок жизни самок, процент самок в потомстве, процент выхода из яиц. Различные по этим признакам формы отличаются и по эффективности против конкретного вредителя, реакции на абиотические условия и экономическим показателям разведения.

Искусственно выращенная трихограмма может быть размещена по площади вручную, с помощью тракторных разбрасывателей, авиационным способом, с водой, с опилками, с отрубями, на листьях растений, на бумаге, в капсулах. Конкретная методика зависит от доступности субстрата, имеющегося оборудования, площади и доступности обрабатываемого участка и т. д.

Обычно используют заражённые паразитом яйца или куколки хозяина с предимагинальной стадией паразита.

Изучение мирового опыта использования трихограммы методом наводнения привело Смита и Фландерса к выводу, что сообщения об успешных результатах основаны на совершенно недостаточных данных. Наиболее эффективна трихограмма против отдельных вредителей сельскохозяйственных культур, но в борьбе с вредителями леса (особенно с сосновым шелкопрядом) приходится констатировать её малую перспективность. Так Л.Т. Крушев (1973) пришёл к выводу, что применение трихограммы в лесу перспективно только в молодых несомкнувшихся культурах сосны против побеговьянов.

Не менее известны в своё время были и опыты с использованием теленомуса (*Telenomus ssp.*). В природе теленомусы являются основными паразитами яиц коконопрядов (*Lasiocampidae*): сибирского *Dendrolimus superans sibiricus*, соснового *D. pini*, кольчатого *Malacosoma neustria*, нередко полностью подавляя их очаги. Это и определило сферу их применения.

Первые опыты были поставлены Б.В. Рывкиным с *T. verticillatus* в 1947–1948 гг. в Гомельской области (Белоруссия) в культурах сосны (13–14 лет, полнота 1,0).

Следует подробно рассмотреть методику определения потребного количества энтомофага. При определении числа яиц вредителя на гектар использовались следующие данные:

одно дерево заселялось тремя бабочками,  
соотношение полов было 1:1,  
плодовитость самки составляла 200 яиц,  
на гектар приходилось 2200 стволов.

Легко подсчитать, что на гектар приходилось 660 000 яиц шелкопряда. За вычетом яиц, заражённых природной популяцией яйцееда (15 %), количество особей теленомуса на гектар должно было составить 550 тыс.

При определении даты выпуска были учтены с целью синхронизации вредителя и энтомофага следующие факторы:

лёт шелкопряда запоздал на две декады,  
кладки, сделанные в начале лета, заражаются местной популяцией яйцееда.

С учётом этого, выпуск теленомуса был сдвинут с тем расчётом, чтобы он пришёлся на время массового лёта шелкопряда (25.07.).

При учёте яиц на опытном и контрольном участках было обнаружено, что на обработанном было паразитировано 98,3 % яиц вредителя, на необработанном – 18 %. Осенний учёт показал отсутствие следов объедания на опытном участке. Число ушедших на зимовку гусениц было в 4 раза ниже, чем в контроле.

Несмотря на обнадеживающие результаты, метод разведения теленомуса на яйцах соснового шелкопряда, который выращивался на веточном корме в садках, оказался экономически невыгодным.

Первые опыты по использованию *T. gracilis* в борьбе с сибирским шелкопрядом были поставлены С.С. Прозоровым в 1946 г. Выведенные в лаборатории теленомусы в количестве более 18 млн. особей были выпущены в очаг площадью 650 га (1 самка на 13 яиц вредителя). В результате было достигнуто заражение 94 % яиц вредителя (в контроле 23 %). К сожалению, подробных описаний этого опыта не осталось. Впоследствии эксперименты были продолжены В.О. Болдаруевым, но он проводил борьбу, используя метод внутриареального переселения.

---

В отношении использования *Telenomus gracilis* для борьбы с сибирским шелкопрядом рекомендации В.О. Болдаруева (1969) категоричны. Он указывает, что достаточно испытаны и предлагаются к производству 2 метода применения теле-

номуса, а именно: 1) осенняя колонизация паразитов, когда они выпускаются в очаг вредителя в нелётном году осенью с расчётом на зимовку и активность в следующем лётном году; 2) летняя колонизация паразитов, когда они выпускаются в очаг в лётном году, перед лётном и яйцекладкой вредителя.

---

Из ранних попыток использовать энтомофагов методом сезонной колонизации стоит упомянуть подавление очагов хрущей с помощью осколий (*Scoliidae*). Проводились они В.Н. Старком и Г.З. Мачем перед Второй мировой войной в Воронежской области. Модельным видом служила *Scolia dejeani*, также испытывались ещё три родственных ей вида. Мишенями служили три наиболее вредоносных вида хрущей. Хозяином в лабораторных условиях служила бронзовка *Licolia lugubris*. Несмотря на обнадеживающие результаты, эксперименты были прерваны, и впоследствии не возобновились.

Несколько позже, в конце 1960-х – начале 1970-х годов в Ростовской области была разработана методика подавления златогузки *Euproctis chrysorrhoea* с помощью паразита *Eupteromalus nitidulans*. Вполне пригодная для небольших площадей (полезащитных полос, колков и т.д.), она, однако, не была внедрена в практику.

Из современных опытов можно, в первую очередь, упомянуть применение хойойи (*Chalcididae*) против американской белой бабочки *Hyphantria cunea* (АББ). Проводились они совместно украинскими и молдавскими учёными (2001).

---

АББ – вредитель североамериканского происхождения. В России распространена на юге Европейской части и на Дальнем Востоке. Повреждает около 300 видов растений; наиболее предпочитаемые – ряд видов лиственных. Для полного оголения средней величины плодового дерева достаточно 6–8 гнёзд. Наибольший ущерб наносит хорошо освещённым и прогреваемым искусственным насаждениям (лесополосы, сады, городские насаждения), реже – опушкам рощ. Развивается в двух генерациях. Зимует в стадии куколки.

---

Хойойя (*Chouioia cunea*) является кукольным эндопаразитом. На родине (Китай) заселял свыше 80 % куколок АББ. Разведение в эксперименте проходило на куколках вошинной моли. При этом был использован ряд приёмов, сдерживающих падение эффективности паразита.

Для проведения опыта очаг АББ был смоделирован. В варианте, наиболее близком к реальным условиям применения, на деревья вывешивались пояса с заражёнными куколками лабораторного хозяина. Вокруг них на расстоянии 6, 15, 19, 24, 30 и 37 м вывешивались на стволы и в кроны

пояса с коконами АББ. Максимальная эффективность наблюдалась на расстоянии 15 м и составляла около 56 %.

В Испании был проведён опыт по наводнению очага соснового обыкновенного пилильщика эулофидом *Dahlbominus fuscipennis* и ихневмонидом *Exenterus oriolus*. Для этого собрали 2 т заражённых коконов пилильщика, из которых вывели около трёх миллионов паразитов. Паразитов выпустили в очаг пилильщика. Заражённость составила 64%, и вредитель на следующий год не нанёс экономического ущерба.

В США в штате Коннектикут в течение лета 1973 и 1974 гг. выпускали бракониду *Apanteles melanascelus* в трёх местах с разной численностью непарного шелкопряда. На участках с низкой численностью непарного шелкопряда процент паразитизма не отличался по сравнению с контролем, а на участке с высокой плотностью был значительно выше. Степень паразитизма увеличивалась при выпуске гибридных линий. Успех выпуска апантелеса против непарного шелкопряда объясняют отчасти его врождённой малой миграционной активностью.

## МЕТОД ВНУТРИАРЕАЛЬНОГО ПЕРЕСЕЛЕНИЯ

Практически этот метод сводится к тому, что паразитов собирают в затухающих очагах вредителя и переносят в действующие и возникающие очаги того же вида вредителя. На небольших площадях, чаще всего исчисляемых всего несколькими гектарами, такие опыты были поставлены в очагах непарного шелкопряда, ивовой и античной волнянки, кольчатого шелкопряда и других вредителей. Во всех случаях были достигнуты положительные результаты.

**Внутриареальное переселение** – переселение энтомофага в пределах его ареала из одной зоны в другую с целью подавления вредителя. Обычно переселение происходит из зоны с повышенной плотностью в зону с пониженной плотностью.

Идея внутриареального расселения энтомофагов сводится к тому, чтобы заполнить «белые пятна» по ареалу хозяина, внедрить отсутствующих паразитов в общий комплекс энтомофагов определённого вредителя и тем самым усилить регулирующее действие этого комплекса.

Этот путь кажется перспективным, но для его осуществления должна быть проделана работа по изучению энтомофагов на протяжении всего ареала вредителя и выяснению возможного регулирующего действия недостающих видов в общем биоценоотическом комплексе.

---

Примерами использования метода могут служить:  
переселение красотелов (*Calosoma*) из лесостепных районов в степные для подавления очагов вредителей в ползащитных полосах (СССР);  
переселение *Pullus impexus* – хищника елово-пихтового хермеса *Dreyfusia* в Швецию из Центральной Европы.  
переселение наездника *Platygaster termanto* – паразита пихтовой галлицы *Ageviella abietis* в Баварии (Германия).

---

Методы наводнения и внутриареального переселения местных видов энтомофагов у нас не могут быть в настоящее время использованы на больших территориях, так как ручной сбор и примитивные методы разведения не позволяют иметь их в нужном количестве.

Обычно переселение энтомофагов из одних очагов в другие используется в случае появления локальных очагов вблизи населённых пунктов и в особо ценных насаждениях.

Изыскиваются такие приёмы использования энтомофагов, при которых отпадает необходимость в их искусственном разведении. Например В.А. Учакина (1973) предложила использовать птеромалида-нидулянца для борьбы со златогузкой. Для этого ранней весной собирают заражённые зимние гнёзда златогузки и хранят до осени при температуре не выше 4°C. Затем их переносят в возникающие очаги, птеромалид вылетает и заражает гусениц златогузки.

Аналогичные рекомендации имеются в работах Р.К. Степановой (1973) по использованию теленомуса (*T. laeviusculus*) против кольчатого шелкопряда; в работах Н.З. Харитоновой (1972) – по расселению в очагах короедов их врагов с сосновой корой, в которой они зимуют.

Метод внутриареального переселения рассчитан на медленный, но длительный эффект. Предполагается, что энтомофаги укоренятся в новых местах, войдут в общий комплекс видов, контролирующих местные популяции вредителей.

Частным случаем внутриареального переселения может служить пример **расселения муравьёв**.

Незаменимым истребителем хвоегрызущих насекомых в чистых хвойных насаждениях, где плохо развит травяной покров, является рыжий лесной муравей (*Formica rufa*). Опыт 25-летнего изучения рыжего лесного муравья в Германии, обобщённый в многочисленных работах Госсальда (1941, 1958) показал, что рыжий лесной муравей в 76% случаев сохранил лесные насаждения от повреждений насекомыми.

Муравьи активно истребляют: сосновую совку, сосновую пяденицу, соснового шелкопряда, обыкновенного соснового пилильщика, желтоватого соснового пилильщика, рыжего соснового пилильщика.

Расселение муравьёв производится в случаях необходимости вывоза муравейников со сплошных лесосек для предотвращения их гибели; необходимости переселения в действующие очаги и резервации вредителей для их подавления; заселения для повышения устойчивости насаждений.

На первом этапе производится учёт всех имеющихся на участке гнёзд с определением их размера и видового состава муравьёв. Наиболее крупные колонии определяют как маточные, из них в дальнейшем берут отводки для расселения. Инвентаризация маточных муравейников производится в конце лета – начале осени. Переселение проводится в конце весны – начале лета.

При инвентаризации определяют вид муравьёв, количество взрослых муравейников и отводков, площадь используемого муравьями участка, размеры гнёзд, плотность поселения, качественное состояние муравейников.

Радиус активности небольшой колонии 20 м, большой – 200 м. Соответственно этому небольшая колония собирает ежедневно до 1000 особей насекомых, а большая до 50000 особей. На 1 га должно быть от 2- до 5–6 колоний. Из гнёзд с объёмом купола менее  $0,4 \text{ м}^3$  отводков для расселения брать нельзя. При объёме купола более  $1 \text{ м}^3$  можно брать несколько отводков (табл. 2).

таблица 2

**Нормы взятия отводков**

Сроки расселения	Нормы при объёме гнезда, $\text{м}^3$				
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2 и выше
Апрель	–	1	1	2	2
Май	1	1	2	2–3	3
Июнь	–	1	1	2	2

Отводки должны содержать не менее 50 л строительного материала, а чаще всего 100–200 л. Их берут из колоний таким образом, чтобы не нарушать их целостность, вместе с рабочими муравьями. Полностью все гнёзда забирают только с участков, отводимых под сплошную рубку.

Часть купола маточного гнезда вместе с рабочими муравьями и располлом накладывают лопатами в тару.

Перевозка гнездового материала может осуществляться: в мешках (до 3–5 км) – желательно положить в мешок согнутые ветви, образующие

каркас; в жёсткой таре с плотно прилегающей крышкой; в специальных мешках.

Переселять муравьёв нужно по возможности в те же экологические условия, из которых берут отводки. Отводки нужно размещать в наиболее благоприятных для муравьёв условиях освещения, на ровных, хорошо дренированных свежих почвах. Новое место не должно быть слишком сухим (например, лишайниковый сосняк), желательно присутствие рядом с муравейником лиственных деревьев или их посадка, важно отсутствие в радиусе 50–75 м гнёзд местных видов муравьёв, нельзя переселять в одно насаждение обыкновенного и малого муравья.

Гнездовой материал пересыпается на сухой старый пенёк с южной или юго-восточной стороны но не трухлявый и не сырой, с нарушенной вокруг подстилкой. Вокруг желательно положить кору и хворост. Сверху материал накрывается сухой подстилкой. Для подкормки можно насыпать сверху 30–50 г сахара. Для защиты от дятлов на муравейник укладывается лапник, связанный верхушками ветвей, для защиты от кабанов муравейник огораживается жердями высотой 1,5 м.

При переселении на новое место создаются колонии. Для этого отводки размещают группами по 3–5 штук с расстоянием между ними в группе 10–15 м. Отводки помещают с расчётом, чтобы на каждом гектаре в хвойных лесах было 3–4, в лиственных – 5–6 муравейников.

Существует несколько способов расселения.

1. При **ранневесеннем** (сразу после таяния снега) переносят вершину гнезда с частью теплового ядра, где в это время скапливаются самки. Этот способ позволяет брать отводки минимальной величины (50 л).

2. Переселение в **период появления коконов половых особей** (кукол) наиболее прост и даёт хорошую приживаемость. При взятии отводков нужно следить, чтобы в каждый из них попала часть внутреннего кокона маточного гнезда с куколками.

3. Самым сложным, но эффективным при переселении муравьёв на большие расстояния является метод **с посадкой самок**. В этом случае в период лёта самок их отлавливают на поверхности куполов и помещают в банки с небольшим количеством гнездового материала, а затем выпускают на новые отводки по 30–50 штук.

Расселение муравьёв должно проводиться очень осторожно, с соблюдением всех необходимых правил. Работы по расселению должны быть механизированы и экономически целесообразны.

До сих пор нет четкой ясности в отношении того, насколько муравьи могут обеспечить защиту леса от вредителей. Одни специалисты в них верят больше, другие меньше. Исследования в этом направлении еще недос-

таточны. Необходимо их развернуть сразу в ряде областей, в очагах главнейших хвое- и листогрызущих насекомых с различным уровнем численности вредителей и различной численностью муравьев.

## ОЧАЖНО-КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ЛЕСА

С 1980 г. в лесном хозяйстве внедряется очажно-комплексный метод защиты леса; и птицы, и муравьи, и энтомофаги являются составными элементами этого метода, направленного на увеличение естественной устойчивости древостоев к заселению их хвое- и листогрызущими насекомыми.

Этот метод получил развитие в Польше, был изучен нашими специалистами, испытан на Челябинской станции по борьбе с вредителями и болезнями леса и рекомендован к внедрению.

Он представляет собой систему мер, направленных на увеличение естественной устойчивости древостоев и заключающихся во вселении в леса энтомофагов и увеличении численности уже обитающих в лесах энтомофагов.

Широкое внедрение очажно-комплексного метода исключает в последующем применение ядохимикатов, а использование микробиологических средств сводит к минимуму.

Важным элементом очажно-комплексного метода является создание ремиз – специальных участков, в которых создаются благоприятные условия для гнездования и дополнительного питания энтомофагов: насекомоядных птиц, рыжих лесных муравьев, наездников, мух-тахин и т.д. Обязательными мероприятиями при создании ремиз являются:

- посадка кустарников для гнездования и дополнительного питания насекомоядных птиц,
- развешивание искусственных гнездовий для птиц-дуплогнездников,
- организация цветочного конвейера для обеспечения кормовой базы для насекомых-энтомофагов,
- поселение рыжих лесных муравьев.

Кроме того, в ремизах могут быть проведены дополнительные мероприятия, повышающие эффективность их действия, к которым относятся создание поилок для птиц, искусственных гнездовий для летучих мышей, куч валежника для гнездования некоторых видов насекомоядных птиц и ежей, создание песчаных или глинистых горок для размножения одиночных ос, пчел и т.д.

Ремизы создаются в лесах до вступления их в приспевающий возраст, в лесах, имеющих промышленное значение, зеленых зон, почво- и водо-защитных и особо ценных, а также в лесах, созданных искусственным путем. Наибольший эффект дает использование ремиз в тех лесах, где обеднен травяной покров и практически отсутствует кустарниковый ярус, в особенности в сосновых и еловых монокультурах с высокой сомкнутостью крон. Напротив, в лесах, где имеются многочисленные поляны с цветущей растительностью и заросли кустарников, создание ремиз не имеет смысла.

Ремиза представляет собой поляну площадью около 0,1 га. Обычно используются уже имеющиеся в лесу окна, образовавшиеся в результате выпадения древостоя. Желательно устраивать ремизы вблизи мало-используемых лесных дорог, так как это облегчает уход за ними. При организации ремиз следует учитывать, что одно ремиза защищает участок леса площадью 10–25 га.

Для создания ремизы выбирается небольшая лесная поляна, вырубка или гарь площадью около 0,1 га. При отсутствии таких участков их вырубает под руководством работников лесного хозяйства. Непригодны для создания ремиз поляны, заросшие малиной и кипреем. Во-первых, они сами уже фактически являются ремизами, во-вторых, эти растения будут глушить все посадки, а борьба с ними весьма трудоемка.

На участке вырубается подрост, причем оставшиеся березовые, осиновые и ивовые пни необходимо выкорчевать, чтобы не было порослевого возобновления. Хворост и порубочные остатки нужно, не уплотняя, сложить между двумя рядами кольев; расстояние между рядами 1,5–2 м. В таких кучах (на ремизу их может быть 1–3) охотно поселяются крапивники и ежи. Пни хвойных деревьев и не ошкуренные старые бревна длиной до 3 м оставляют на участке. Бревна могут быть сложены в небольшие штабеля. В таких пнях и бревнах поселяются полезные виды жуков-усачей, разрушающих гниющую древесину, и ящерицы. В сильно истощенных усадами пнях и бревнах зимуют наездники, мухи-тахины, самки ос и шмелей.

Из деревьев оставляют нетронутой лишь рябину. В том случае, если рябина отсутствует, необходимо посадить 2–3 дерева на периферии поляны. Ягоды рябины осенью служат кормом для дроздов.

Существует два типа планировки ремиз (рис. 4). По лесозащитному эффекту они не отличаются, так что выбор типа определяется исключительно местными условиями. При первом типе планировки на поляне выгораживают и боронуют участок и в почву вносят удобрения. Вдоль ограды полосой 2 м высаживают кустарники так, чтобы они после разрастания

образовали живую изгородь. Внутреннюю часть огражденного участка засаживают или засевают травянистыми растениями медо- или пергоносами. Сажать лучше всего рядами для облегчения ухода за растениями. Внутри ограды делают дополнительные сооружения: поилки для птиц, горку для поселения одиночных ос и т.п. Этот тип ремиз выгоден тем, что значительная часть подготовительных работ (вспашка, боронование, внесение удобрений) может выполняться механизированными способами и уход за посадками облегчен их правильным расположением. Неудобство метода в том, что такой участок привлекает внимание и при отсутствии постоянной охраны ремиза может быть повреждена.

При втором типе планировки кустарники и травянистые растения располагают на поляне группами, создавая как бы естественный ландшафт. Для посадки растений выбирают небольшие участки, обычно округлой формы, диаметром 2–5 м. Участки перекапывают и рыхлят вручную, на них вносят удобрения, а затем засаживают или засевают растениями. В местах, часто посещаемых отдыхающими (леса пригородной зоны), можно поставить небольшие плетни, которые в сочетании с группами кустарников направляют и организуют движение людей по поляне. Поскольку такой способ создания ремиз требует значительных затрат ручного труда, его можно рекомендовать в тех случаях, когда к работе привлекаются школьники.

Как в первом, так и во втором случае по периферии поляны поселяют рыжих лесных муравьев и на деревьях развешивают искусственные гнездовья для птиц–дуплогнезdnиков. При необходимости вывешивают аншлаги, разъясняющие значение ремиз для жизни леса.

Сажают и сеют растения осенью. При обработке почвы в нее вносят осенью органические удобрения (навоз, компост) из расчета 5–8 кг/м<sup>2</sup> или фосфорные и калийные минеральные удобрения из расчета 40–80 г/м<sup>2</sup> суперфосфата и 20–30 г/м<sup>2</sup> калийной соли. Азотные минеральные удобрения вносят весной из расчета 10–20 г/м<sup>2</sup> аммонийной селитры или 10–15 г/м<sup>2</sup> мочевины или 30 г/м<sup>2</sup> сульфата аммония.

Для саженцев кустарников делают ямы 60х60х60 см, которые заполняют плодородной землей, смешанной с навозом или минеральными удобрениями. Расстояние между центрами ям как при посадке каждой изгороди, так и при создании групп кустов должно быть около 1 м. Все травянистые нектаро- и пергоносы, рекомендуемые для посадки в ремизах, многолетние растения, причем большинство из них зацветает лишь на 2–3-й год. Поэтому выгоднее их сажать корневищами. Это дает более высокую приживаемость, и многие растения начинают цвести в первый же год после посадки. Однако заготовка корневищ сложнее, чем заготовка семян,

поэтому трудно получить достаточное количество посадочного материала. Можно сочетать посадку корневищами с посевом семян. Методика посева семян диких зонтичных не отличается от посева обычных огородных культур (моркови, петрушки, укропа), описанных во всех руководствах по огородничеству. Корневища зонтичных высаживаются на расстоянии не менее 10 см друг от друга.

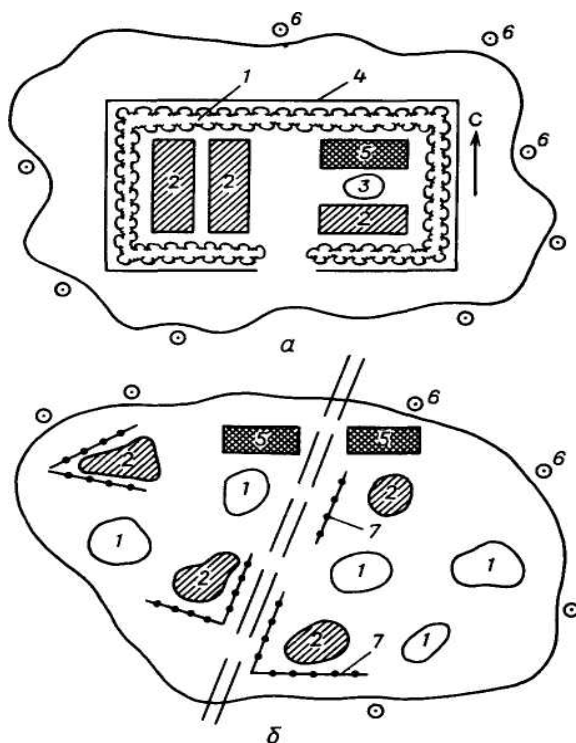


Рис. 4. Планировка ремиз:

а – первый тип; б – второй тип; 1 – кустарники; 2,5 – посевы нектароносцов; 3 – поилка для птиц, горка для одиночных ос; 4 – ограда; б – муравейники, скворечники; 7 – плетни

Основная функция кустарников в ремизах – создание благоприятных условий для гнездования насекомоядных певчих птиц. Поэтому кустарники должны образовывать густые заросли и хорошо ветвиться. Лучше, если кустарники имеют колючки: это создает птицам дополнительную

защиту от хищников. Желательно, чтобы плоды были съедобны для птиц, а на цветах могли кормиться насекомые-энтомофаги. Непригодны для использования культурные плодовые кустарники (крыжовник, смородина, черноплодная рябина и т.д.) и плодовые деревья (дикая яблоня и груша). Птицы не поедают плодов этих растений, зато упавшие на землю плоды привлекают кабанов, которые могут перекопать и испортить всю ремизу. Немаловажно и то, что съедобные ягоды будут привлекать в ремизы отдыхающих в лесу. Нежелательно также использовать иргу, так как птицы расселяют ее по всему лесу и она образует на открытых участках заросли, под которыми становится невозможным естественное возобновление леса.

Исходя из этих требований, можно рекомендовать для северных районов такие виды, как шиповник, жимолость, различные виды спирей, бузину, снежноягодник, а для более южных районов – кизил, кизильник, дику южно, боярышник, акацию.

Шиповник хорошо размножается делением куста, корневыми отпрысками, черенками. Цветы дают много нектара и пыльцы, их охотно посещают насекомые, в том числе мухи-тахины и журчалки, плоды зимой расклеивают птицы. Кусты – прекрасное укрытие для птиц. Лучше всего сажать шиповник группами. Живая изгородь из шиповника имеет тот недостаток, что его корневища уходят на большие расстояния. В результате на участках ремизы, предназначенных для выращивания травянистых растений, возникают незапланированные кусты, с которыми приходится бороться.

Жимолость, напротив, лучше подходит для живых изгородей и мало пригодна для создания групп, поскольку в центре такой группы кусты жимолости отмирают. Жимолость также размножается делением старых кустов или корневыми отпрысками.

Снежноягодник и спиреи подходят для создания как групп, так и живых изгородей. Особенно хороши спиреи. Они не только создают укрытие для птиц, но и цветут большими пышными соцветиями, которые привлекают многих насекомых, в первую очередь мух-тахин, журчалок и наездников. Разные виды спирей начинают цвести в разное время: спирея дубравколистная в начале мая, спирея Вангутта в середине мая, трехлопастная в конце мая, спирея Баумальда в начале июня и спирея японская в середине июня. Поскольку каждый вид цветет около месяца, использование нескольких видов может обеспечить насекомых-энтомофагов дополнительным питанием с начала мая до начала июля. Как и предыдущие виды, спиреи и снежноягодник размножаются делением старых кустов или корневыми отпрысками.

Для создания живых изгородей очень хорош боярышник, но его кусты необходимо ежегодно обрезать на высоте 1,5–2 м. В этом случае они образуют совершенно непроходимые заросли, которые служат прекрасным укрытием для птиц и надежно защищают ремизу.

Бузина служит надежным укрытием для птиц только при групповой посадке, так как большая часть куста открыта и свободно просматривается, если растения посажены узкой полосой. Но и при организации ремиз первого типа желательно посадить 2–3 куста бузины, так как ее ягоды охотно поедают дрозды и другие птицы.

Питание нектаром и пыльцой растений – необходимое условие для нормального развития насекомых-энтомофагов (наездников, мух-журчалок и тахин, одиночных ос) и полезных видов усачей, личинки которых питаются разлагающейся древесиной. Правда, некоторые наездники и тахины, имеющие при выходе из куколки уже сформировавшиеся личинки, могут обходиться и без такого питания, но плодовитость и время жизни их при этом снижается в несколько раз. Большинство же видов, и в первую очередь мухи-журчалки, личинки которых питаются и другими вредными насекомыми, а также многие тахины и наездники вообще не могут приступить к размножению, не получив дополнительного питания на цветах.

Далеко не все растения-медоносы пригодны для использования в ремизах. Все виды, имеющие узкие венчики цветков, например, бобовые (клевер, люцерна, люпин и т.д.), губоцветные (зеленчук, живучка ползучая), норичниковые (наперстянки) опыляют шмели или одиночные пчелы, а гвоздики – бабочки. Непригодны также классические медоносы (фацелия, синюха и т.д.), опыляемые медоносными пчелами, и декоративные садовые цветы. Все насекомые-энтомофаги имеют короткий хоботок и не могут добыть нектар или пыльцу из таких растений.

Для использования в ремизах растения нужно подбирать из местной дикой флоры. Лучше те, что образуют крупные соцветия в виде зонтика или кисти белого или розового цвета или с отдельными цветками, имеющими открытый венчик и легкодоступные нектарники. Следует предпочесть многолетник, так как это обеспечивает надежное длительное существование ремизы. Одни цветущие виды должны сменять другие, обеспечивая насекомых питанием с конца весны до начала осени.

Лучше всего для этих целей подходят представители семейства зонтичных. Есть, правда, два исключения – сныть и борщевик Сосновского (используется в некоторых хозяйствах как кормовая культура). Хотя соцветия этих видов охотно посещают насекомые-энтомофаги, и сныть и

борщевик Сосновского, разрастаясь, заглушают все другие растения и не дают возможности создать цветочный конвейер.

Пока разработан конвейер лишь для условий средней полосы европейской части. Здесь могут быть использованы следующие виды зонтичных:

**весенне-летние:** тмин, купырь лесной;

**летние:** борщевик сибирский, бутень ароматический, парезник средний (последние два вида требуют богатой почвы);

**позднелетние:** дудник лесной, бедренец-камнеломка.

Все эти виды хорошо размножаются как корневищами, так и семенами. Помимо этих видов, в качестве дополнительных, могут быть использованы таволга вязолистная, василистник водосборолистный, валериана лекарственная, сивец, василек луговой, нивяник.

Для более южных районов пригодны следующие виды: пастернак дикий, морковь дикая, любисток, синеголовник, молочай приземистый, ферула.

Таким образом, для каждого региона в зависимости от местных климатических условий могут быть разработаны цветочные конвейеры из местных видов.

Чем разнообразнее растительность, тем эффективнее ремиза. Есть, однако, некоторый минимальный набор растений, который необходим для ее нормального функционирования. Такой набор должен включать 1–2 вида кустарников и несколько видов растений-нектароносов, цветущих последовательно. Так, например, участок может быть огорожен живой изгородью из жимолости и на нем высажены нектароносы (в скобках – месяц цветения): тмин (V–VI), купырь лесной (VI), борщевик сибирский (VII) и дудник лесной (VIII). Если живая изгородь или группы кустов созданы из двух видов спирей, одна из которых цветет в мае (спирея Вангутта или дубравколистная), а другая – в июне (трехлопастная, японская), можно использовать лишь два вида травянистых нектароносов – летний (борщевик сибирский) и позднелетний (дудник лесной). В этом случае, однако, необходимо также посадить несколько кустов кустарника, дающего съедобные для птиц плоды, например бузину.

Искусственные гнездовья развешиваются осенью по краям поляны на деревьях на высоте 2–5 м. Они служат для поселения птиц – дуплогнезднеиков (синицы, мухоловка–пеструшка, горихвостка) и летучих мышей. Ежегодно осенью гнездовья необходимо осматривать, чистить и при необходимости заменять испорченные. Все работы по очажно-комплексному методу ведутся под непосредственным руководством спе-

циалистов станций по борьбе с вредителями и болезнями леса и опытными инженерами-лесопатологами.

План ремизы должен быть в лесничестве, а также на станции защиты леса.

Особенно большого ухода ремиза требует в первый год после основания. Для того чтобы посадки не были заглушены сорняками, необходимо периодически пропалывать и рыхлить почву, уничтожать корневую поросль на месте срубленных деревьев.

В дальнейшем, когда растений окрепнут, прополка и рыхление становятся ненужными. Остается лишь поддерживать нужный состав растительности. На месте погибших кустов подсаживаются новые. При уменьшении численности какого-нибудь из видов медоносов производится дополнительный посев семян. Уничтожаются древесная поросль, ненужные кустарники или крупные травянистые растения, которые могут заглушить растения-нектароносы (крапива, конский щавель и т.п.). Живую изгородь каждую осень нужно подстригать до высоты 1,5–2 м. Раз в несколько лет желательно вносить минеральные удобрения для лучшего роста и плодоношения кустарников. Фосфорные и калийные удобрения вносятся осенью, а азотные весной.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗАЩИТЕ ЛЕСА**

Использование насекомоядных позвоночных для защиты леса развивается довольно давно, хотя точную дату установить сложно. Чаще всего для этих целей используются птицы, которые выедают до 50 % популяции многих насекомых. Исследования немецкого учёного Брунса показало, что в защищённых с помощью птиц районах количество гусениц сосновой пяденицы на дерево составило 50 штук, незащищённых – 5000.

Использованием птиц для борьбы с насекомыми многие учёные и практики в различные времена. В конце XIX века А.Н. Васильчук, работавший под руководством Д.В. Померанцева, впервые осуществил в больших масштабах опыт привлечения птиц–дуплогнёздников в искусственные лесные насаждения.

С целью защиты лесов проводятся различные мероприятия, направленные на охрану птиц, содействие сохранению и увеличению их численности, привлечение и переселение.

Эти мероприятия проводят в первую очередь в хронических и потенциальных очагах вредителей. Их можно разделить на четыре группы.

1. Подкормка птиц в зимнее время.
2. Обеспечение их дополнительным растительным кормом.
3. Устройство водопоев.
4. Обеспечение местами для гнездования.

Для зимней подкормки птиц изготавливают разнообразные кормушки, которые развешивают вдоль дорог, опушек, просек, а также на полянах из расчёта 5–8 кормушек на 100 га. В качестве корма используют семена подсолнуха, проса, тыквы, конопли, лебеды, крапивы, хлеб, несолёное сало, мясо и т.п. Для подкормки синиц на 25–30 га устанавливается один кормовой столик, на который высыпается зерновые корма. Рядом на деревьях вывешиваются ободранные тушки животных.

Открыто гнездящиеся птицы привлекаются путём посадки деревьев и кустарников и их подрезки, проводимых с другими хозяйственными целями. Если помимо них имеется в виду ещё и создать условия для гнездования птиц, желательно подбирать следующие породы (в зависимости от целей работ и природных условий): степная вишня, боярышник, шиповник, малина, таволга, белая акация, яблоня, груша, жимолость, терн. Также привлекают птиц бузина чёрная, ирга, облепиха, смородина, можжевельник. В полезащитных полосах целесообразно связывать ветви кустарников в кучки. В условиях продуваемых полос кустарники следует вводить на стыках.

Очень важно устраивать в лесу небольшие пруды, строить специальные бассейны (типа корыт) с водой, доступных для птиц, в которых они могли бы купаться. Источники воды способствуют значительному повышению эффективности птиц.

При привлечении птиц на искусственные гнездовья необходимо учитывать их биологические требования. Работам по привлечению на гнездование полезных птиц должна предшествовать работа среди населения.

В период гнездования и выкормки птенцов необходимо воздержаться от прочисток, прореживания и очистки мест рубок. Желательно сохранение подлеска в насаждениях.

При выборочных рубках желательно сохранять дуплистые деревья, если они не несут плодовых тел грибов и не заселены стволовыми вредителями. В иных случаях их желательно использовать для изготовления дуплянок.

Наиболее эффективной мерой является привлечение птиц на искусственные гнездовья. Эти гнездовья должны соответствовать ряду требований: стенки не должны хорошо проводить тепло; стыки не должны иметь щелей, отсутствие которых достигается соединением всех частей под прямым углом; крышка должна быть параллельна дну, которое делается

внутренним; для удобства перемещения в гнезде внутренняя поверхность стенок должна быть шероховатой; при изготовлении гнездовых из досок они не острагиваются; леток делается перпендикулярным к поверхности стенки; крышка делается съёмной, либо в леток должна проходить рука (для удобства чистки); в случае разорения гнёзд воронами или сойками, крышка крепится петлями из мягкой проволоки. Планки и палочки возле летка не требуются. Окраска также не обязательна, за исключением случаев, когда гнездовье выделяется на общем фоне.

Выделяются следующие типы гнездовых:

1. Дощатое – изготовленное из досок или горбыля с относительно небольшим летком (рис. 5).
2. Дуплянка – выдолбленное в обрубке или сделанное из дуплистого трезка, также с небольшим летком (рис. 6).
3. Тыквенное – сделанное из сухой бутылочной тыквы.
4. Полудуплянка.
5. Полуоткрытое.

Отличаются, соответственно, от NN 1 и 2 широким летком. Их заселяют другие виды (рис. 7).

6. Специальные – трясогузочки, «уголки» для мухоловок (рис. 8).
- Предыдущие гнездовья более или менее универсальны.

7. Основа для гнезда – сооружение, на котором выют гнёзда открыто гнездящиеся птицы. Они изготавливаются из прутьев, планок, искусственно созданных мутовок ветвей и т. д.

Гнездовья для разных видов отличаются размерами (от самых маленьких – синичников, до наиболее крупных – галчатников). Размеры их приведены в таблице 3. Дощатые гнездовья изготавливаются из древесины любой породы. Толщина досок – 1,5...2 см. Расход – 1 м<sup>3</sup> досок шириной 15 см на 250 синичников, шириной 20 см на 180 скворечников. При изготовлении из отрезков выход снижается на треть.

Для изготовления дуплянок берутся отрубки предпочтительно с выгнившей сердцевинной. В условиях Сибири это обычно для осины и пихты.

Стенки их должны быть не тоньше 3 см, толщина дна – не менее 5 см. Гниль удаляется, получившаяся полость, если необходимо, расширяется, и проделывается леток. Если приходится готовить дуплянки из отрубков без гнили, то сердцевина высверливается на токарном станке. В случае его отсутствия, отрубков раскалывается или распиливается вдоль на 2 или 4 части, из которых сердцевину можно удалить стамеской, долотом, топором. Затем части стягиваются проволокой и сколачиваются гвоздями.

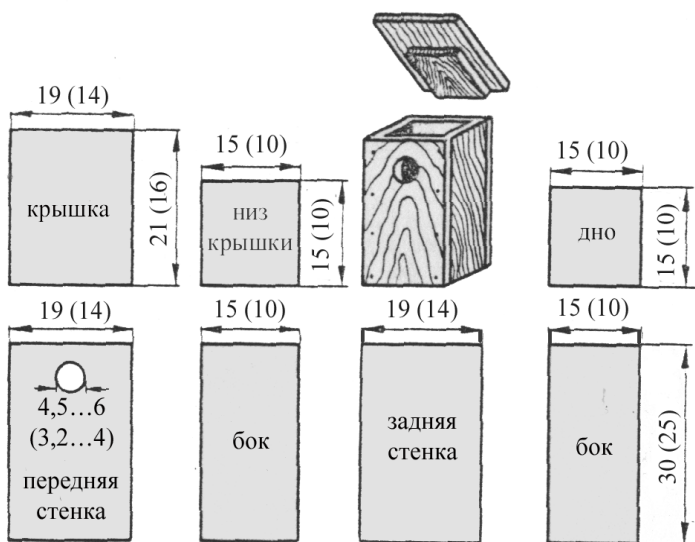


Рис. 5. Дощатое гнездовье и его детали; размеры даны для скворечника и (в скобках) для синичника

Развешивают гнездовья на деревьях, крупных кустарниках, шестах, в населённых пунктах и на питомниках – на столбах, зданиях, заборах. Перед развешиванием на дно (для осмотра с земли) наносятся номера чёрной или светлой краской. Размер цифр должен быть не менее 5–6 см.

Развешивание производится в первую очередь в тех из бывших очагах вредителей, в которых возможно повторение их возникновения. Вывешивают их как на открытых пространствах (в основном, скворечники), так и внутри насаждений (синичники). Предпочтительнее вывешивать гнездовья вдоль стен леса и по лесным дорогам. Если эти ориентиры отсутствуют, развешивание производится в одну или несколько линий.

При необходимости привлечь птиц, гнездящихся открыто, вглубь леса, гнездовья вывешиваются в линию, начинающуюся на открытом месте и уходящую в лес. На следующий год после этого в лесу вывешиваются дополнительные гнездовья, а промежуточные убираются. Для удержания больших синиц синичники вывешивают группами по 2...3 шт. на расстоянии 10 м друг от друга. Это связано с тем, что синицы гнездятся дважды в сезон, меняя при этом гнездовья.

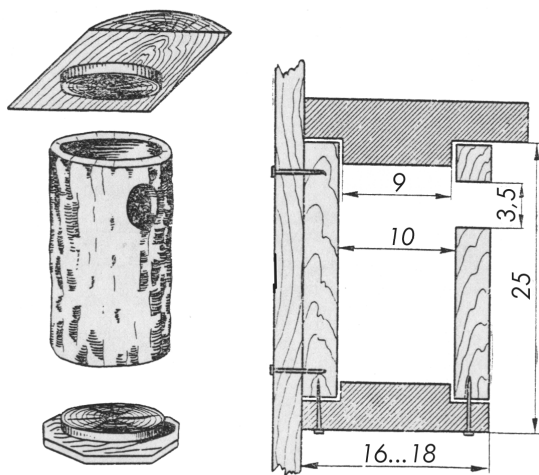


Рис. 6. Детали дуплянки и разрез дуплянки-синичника

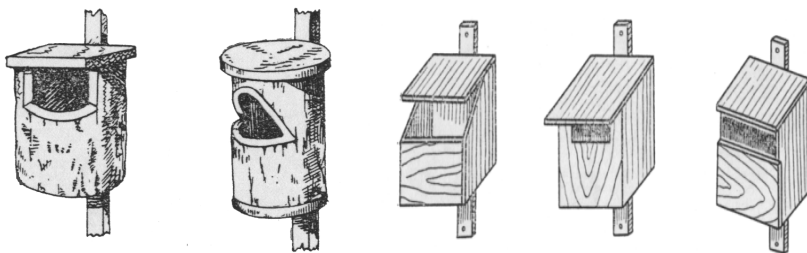


Рис. 7. Полудуплянки и полуоткрытые дощатые гнездовья

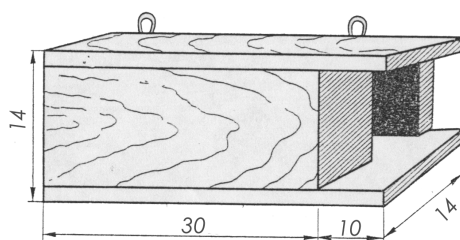


Рис. 8. Специальное гнездовье для привлечения трясогузок

Таблица 3

**Показатели стандартных гнездовий**

Показатели	Размеры (см)		
	синичников	скворечников	галчатников
Внутренняя ширина дощатых гнездовий	10×10	15×15	20×20
дуплянок	10	15	20
Наружная высота	25	30	40
Ширина летка круглого	3,2...4	4,5...5	7...9
квадратного	3,5×3,5	5×5	7×7
Для каких видов предназначено	синицы, пищухи, воробьи, мухоловки	скворцы, большие синицы, поползни, дятлы, воробьи, сычи, совы, удода	галки, сизоворонки, пустельги, крупные совы, удода, кобчики

Для оседлых птиц вывешивают гнездовья осенью и в начале зимы, для перелётных – перед возвращением с зимовки.

Гнездовье должно быть привешено вертикально или с наклоном в сторону летка, но ни в коем случае не с запрокидыванием назад. Наклона в стороны также следует избегать. Если гнездовье ставится на ветвь, то леток должен быть перпендикулярно ей; ветвь следует располагать против боковой стенки. Если ствол не очистился от ветвей, то мутовки выше и ниже гнездовья обрубаются. В смешанных насаждениях лучше вывешивать гнездовья на деревья лиственных пород. На одно дерево (шесть) вывешивается одно гнездовье.

Направление летка гнездовий, вывешиваемых на участках, защищённых от ветра, значения не имеет. На открытых местах леток должен быть

сориентирован по направлению господствующих летом ветров, что исключает сквозняки в гнездовые и облегчает взрослым птицам попадание в него.

От поверхности земли, сизоворонки и удода – 1 м, синицы – 1,5 м, скворцы – 2 м, кобчики, пустельги, совы, галки, дятлы, пищухи, горихвостки и мухоловки – 3 м, поползни – 4 м.

Основной способ прикрепления гнездовых – привешивание на петлях или привязывание к стволу. Гвозди применяются на мёртвых деревьях, шестах, постройках, заборах, в высокоствольных насаждениях с очищенными от сучьев стволами.

Развешивание лучше производить вдвоём. Следует иметь запас петель, топор, молоток, гвозди, клещи, верёвку 5–6 м длины, лестницу 3–4 м.

Количество гнездовых на единицу площади определяется географическим положением лесхоза, видовым составом птиц и характером лесонасаждений.

Для колониальных птиц (скворцов, галок, воробьёв, сизоворонок) возможно вывешивание нескольких гнездовых группами по 5–8–10 шт. В группе расстояние между гнездовьями составляет 2–3 м. Для одиночно гнездящихся гнездовья развешиваются равномерно на расстояниях 25–50 м. Нормы вывешивания гнездовых на единицу площади даны в таблице 4.

При защите массива площадью более 400 га плотность размещения гнездовых уменьшается наполовину, преимущественно за счёт скворечников.

Подавление действующих очагов вредителей возможно на площади, не превышающей 400 га. В этом случае на 1 га леса вывешивается максимальное количество гнездовых, преимущественно скворечников и синичников. В лиственных лесах общее их количество на 1 га должно быть в пределах 25–30 шт., в хвойных – 20–25 шт. (видимо, возможно только в действующих хронически очагах).

Не следует проводить мероприятия по привлечению птиц ближе, чем в 3 км от площадок детального надзора за вредителями.

За гнездовьями обязателен ежегодный уход. Если нет возможности его проводить, то лучше отказаться от развешивания гнездовых.

Перед работами по уходу за гнездовьями на каждый участок, на котором они развешены, заводится специальный журнал, где отмечаются номер квартала, выдела и гнездовья, его тип и размерная категория. Желательно иметь схему защищаемой площади с отмеченными на ней гнездовьями.

Таблица 4

**Нормы вывешивания гнездовых на питомниках  
в различных природных зонах и регионах**

Природная зона	Количество г. на га <sup>*)</sup>			
	скворечников	синичников	галчатников	полуоткрытых гнездовий
Лесостепная зона	10	6	-	2
Лесная зона Сибири	10	3	-	—
Лесная зона Забайкалья	4...5	4...6	1	—
Лесная зона Дальнего Востока	4...5	4...6	2	2

<sup>\*)</sup>Трясогузочки вывешиваются из расчёта 1...2 шт/га, мухоловочки – 5...6 шт/га (на расстоянии не менее 15 м друг от друга).

Учёт заключается во внутреннем осмотре. Обычно учёты проводятся в послегнездовой период, хотя возможны и во время гнездования.

Учёт во время гнездования предпочтительней, но его следует проводить только если учётчик хорошо различает местных птиц по внешнему виду и голосам.

При учёте в журнале отмечаются дата учёта, занятость («не занято», «занято неизвестной птицей» или вид птицы), количество яиц или птенцов. Гнездовья, не занятые в течение двух лет подряд, перевешивают на новое место. При проведении учёта осенью проводится также чистка гнездовий. Остатки гнёзд собирают в мешок и затем сжигают. Очищенное гнездовье дезинсецируют опрыскиванием, смазыванием или опудриванием инсектицидами изнутри. Также следует удалять из гнездовий гнёзда ос, предварительно выкурив их самих. Во время осеннего учёта проводится и ремонт гнездовий.

Желательно устраивать гнездовья возле постоянных или долго стоящих временных водоёмов. Для скворцов расстояние от водоёма может составлять 3–4 км, для других птиц 300–400 м. В случае отсутствия естественных водоёмов создают искусственные поилки для птиц в количестве 1 шт. на 3–5 га леса или на 200–300 м полезащитной полосы. Они устанавливаются на открытых местах и вкапываются в почву по верхнюю кромку. Вода сменяется раз в декаду.

Таблица 5

**Нормы вывешивания гнездовий в насаждениях  
в различных природных зонах и регионах**

Характер насаждений	Количество г. на га				
	сквореч- ников	синич- ников	галчатни- ков и по- лудупля- нок	полуоткры- тых и специ- альных г.	общее ко- личество г.
Лесостепная зона					
Молодняки	5...8	5...8	-	1	10...12
Лиственные и сме- шанные средневозра- стные	6...8	8...10	*)	-	16...20
Лиственные и сме- шанные спелые	5...6	8...10	2	1	15...18
Хвойные средневоз- растные	5...6	6...8	**)	1	12...15
Высокоствольные хво- йные	5...6	5	**)	—	10...12
Лесная зона Сибири					
Молодые культуры, вырубки	5...8	6...8	-	2	12...15
Лиственные и сме- шанные молодняки и средневозрастные	5...8	8...10	***)	2	15...20
Лиственные и сме- шанные спелые	8...10	8...10	***)	2	15...20
Хвойные жердняки	5	5	—	2	10...12
Спелые сосновые	5	5	***)	—	10
Ельники	-	5...7	***)	—	5...8
Забайкалье					
Смешанные и лист- венные	3...4	5...6	**)	—	8...10
Хвойные	2...3	5...6	**)	—	8...10
Дальний Восток					
Смешанные и лист- венные	6...8	6...8	**)	2	15...20
Хвойные	2...3	5...6	**)	—	8...10

\*) 1 г. на 6 га.

\*\*) 1 г. на 25 га.

\*\*\*) 1 г. на 10 га.

Имеются и практически значимые способы защиты леса с помощью  
млекопитающих.

Так значительную пользу приносят в лесу рукокрылые (летучие мыши). Их следует привлекать развешиванием дуплянок. Они могут быть двух типов.

1. «Перевернутая» дуплянка по конструкции и габаритам представляет дуплянку-скворечник; отличие состоит в том, что леток находится в нижней части гнездовья.

2. Дуплянка такого же размера, как и предыдущая со входом в виде щели шириной 5 см во всю длину.

Внутри гнездовья для летучих мышей желательно делать 3–4 продольные перегородки, разделяющие его на отсеки.

На 100 га леса рекомендуется создавать 1–2 узла привлечения летучих мышей, каждый из которых состоит из 10–12 гнездовий.

Млекопитающие в защите леса от вредителей использовались при борьбе с завезёнными из Европы в Северную Америку видами. Для уничтожения листовенного пилильщика применялось создание искусственных гнездовий для оленьей мыши и куч валежника для красноспинных полёвок и землероек (США). Искусственные гнездовья в сочетании с подкормкой использовались там же для наращивания численности белонного хомячка – врага непарного шелкопряда. По принципу такие мероприятия не отличаются от описанных выше для птиц.

В Канаде (о. Ньюфаундленд) была предпринята интродукция отсутствующих там землероек с материка. Результатом явилось быстрое снижение численности вредящего там листовенного пилильщика до низкого, а аляскинского – до неощутимого в хозяйстве уровня.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД

Идея использования стерилизованных насекомых для подавления популяций вредителей принадлежит А.С. Серебровскому и Э. Ниплингу (1940). Хотя первая печатная работа о возможности применения этого метода принадлежит отечественному учёному, практическое доказательство этому предоставил именно Ниплинг.

Мясная муха *Cochliomyia hominivorax* является одним из серьёзнейших вредителей скотоводства в Америке. Первый эксперимент Ниплинга был проведён на о. Кюрасао (площадь 477 км<sup>2</sup>), где местная популяция мясной мухи была уничтожена полностью. После этого во Флориде и юго-восточных штатах США в течение 17 месяцев было выпущено на площади 221 тыс. км<sup>2</sup> 3,25 млрд. стерильных мух. Полностью уничтожить вре-

дителя не удалось, и до сих пор приходится повторять выпуски, хотя и в меньших масштабах, но экономическое значение муха утратила.

---

*Cochliomyia hominivorax* – облигатный паразит, обитает в Америке. Самки откладывают 250–500 яиц на тело теплокровных животных, включая человека, например, в раны. Жизненный цикл длится 20 дней. Самка может отложить до 3000 яиц и пролететь до 200 км в течение жизни. В США *C. hominivorax* искоренён с помощью стерильных насекомых.

---

В настоящее время этот метод используется на юго-западе США и на севере Мексики для подавления популяций мясной мухи на площади около 76 800 км<sup>2</sup> от Мексиканского залива до Тихого океана. Заражение скота этим основным вредителем ежегодно снижалось более чем на 99 %, что намного увеличило доходы животноводства.

В опытах Нипплинга самцы мух стерилизовались с помощью гамма-облучения, но хемотрериланты имели перед ним ряд преимуществ. Их использование обходилось дешевле, а безопасность была намного выше. Поэтому вскоре был испытан целый ряд веществ, вызывающих бесплодие у различных вредных насекомых. В число тест-объектов попал и непарный шелкопряд.

Хемотрериланты – вещества, обладающие способностью: 1) вызывать бесплодие в результате предотвращения образования спермы или яйца; 2) вызывать гибель уже образовавшихся спермы или яйца или 3) настолько серьезно повреждать генетическую структуру половых клеток, что даже произведенное оплодотворение не дает жизнеспособного потомства. К прочим желательным свойствам хемотрерилаторов относятся видовая избирательность действия и малая устойчивая токсичность для теплокровных животных.

Теоретические выкладки и практические опыты показали, однако, что использование генетических методов борьбы имеет ряд ограничений: необходимо разработать методики стерилизации, не понижающие половой активности самцов и их конкурентоспособности по сравнению с самцами природной популяции, освоить методики массового разведения вредителя в культуре, получить достоверные данные о плотности природной популяции объекта борьбы и о её динамике, наработать количество выпускаемых стерильных особей, многократно превышающее количество особей природной популяции (для подавления вспышки массового размножения на фазе максимума этот метод заведомо негоден), подсчитать затраты в сравнении с другими возможными способами.

Кроме того, имеется ещё одно ограничение. Выпускаемые насекомые не должны наносить какого-либо ущерба, превышающего выгоды от подавления популяции вредителя.

Стерилизация с использованием химических препаратов достигается одним из трёх путей: скормливанием стерилианта, нанесением его на покровы тела или погружением насекомого в его раствор.

Среди всего разнообразия хемотрерилантов, для борьбы с лесными вредителями (непарным шелкопрядом) применялся только трис-(этиленимидо)-фосфат (ТЭФ), больше известный как фосфамид, а также одно из его производных – MeТЭФ.

## ИСКУССТВЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ НАСЕКОМЫХ

Техника разведения полезных организмов включает многие отдельные этапы, которые соответствуют экологическим требованиям разводимых животных. Разведение энтомофагов всегда достаточно сложно и дорого, поскольку оно предполагает разведение животных-хозяев (жертв), которое, в свою очередь, зачастую основано на наличии растений-хозяев. Поэтому любое разведение энтомофагов должно начинаться снизу т. е. с подготовки сред для выращивания животных-хозяев.

Открытие того, что червецов *Pseudococcus* можно разводить на ростках картофеля, а многих щитовок – на клубнях, было большим прогрессом в разработке методов дешевого массового разведения. В настоящее время тенденция развивается в направлении выращивания хозяев на хорошо сохраняющемся материале. Это могут быть либо части растений, например зерна хлебных злаков, тыква, арбуз, картофель, либо искусственные питательные субстраты, содержащие необходимые питательные вещества и минеральные соли, а также определенные стимуляторы питания.

Массовое выращивание вредных членистоногих развилось в хорошо сформировавшуюся отрасль прикладной энтомологии, так как оно в равной мере необходимо при испытании инсектицидов, осуществлении автоцидных методов, выработке энтомопатогенных вирусов и разведении энтомофагов. Здесь нельзя обойтись без зеленых растений, например для выращивания большинства видов тлей и многих клещей, поэтому условия выращивания (интенсивность и продолжительность освещения) должны быть организованы так, чтобы растения могли расти круглый год.

Опыт показывает, что беспрепятственное выращивание хозяев связано с особыми трудностями. Разведение и питание хозяев и разведение энто-

мофагов должны быть разобщены пространственно, а выращивание тех и других находится вне временной взаимосвязи. Наиболее удобна работа с животными-хозяевами, которые являются полифагами, быстро развиваются и размножаются, не поедают друг друга, не продуцируют защитных выделений и пригодны для многих видов энтомофагов. Для постоянного развития паразитов предпочтительны хозяева, не имеющие диапаузы. Этого можно добиться отбором рас, а иногда использованием длинного дня или температурного шока.

Идеально разработано разведение щитовок, прежде всего в Калифорнии. Используя положительный фототаксис молодых личинок бродяжек, их легко концентрируют на границе света и тени и собирают для повторного заражения. В других случаях, например при выращивании калифорнийской щитовки, бродяжек переносят с помощью кисточки с зараженных арбузов на незараженные.

Очень широко используют для разведения таких насекомых-хозяев, как картофельная моль *Phthorimaea operculella*, куколки которой легко вымываются из песка щелочным раствором, или зерновую моль *Sitotroga cerearella*, гусеницы которой окукливаются только внутри поврежденных зерен и почти никогда снаружи, как у мельничной огневки. Бабочек *Sitotroga* можно легко поместить с помощью воронки в сборный сосуд, где они, плотно сидя друг на друге, откладывают яйца. Далее яйца просеивают и используют главным образом для разведения трихограммы и молодых личинок златоглазки.

К эрзац-хозяевам прибегают при осложнениях с разведением обычного хозяина или вредителя, с которым запланирована борьба. Примерами могут служить, помимо зерновой моли, средиземноморская плодовая муха *Ceratitis capitata*, личинки которой легко выращивать в каше из тертой моркови, и вытесняемая ею, трудно поддающаяся разведению маслиновая муха *Dacus oleae*, которая, собственно, является вредителем; оба вида используют для массового разведения наездника *Opius concolor* в Сицилии. *Ceratitis capitata* пригодна в качестве хозяина и для других видов *Opius*, которые после массового разведения были завезены на Гавайские острова для борьбы с разными плодовыми мухами.

Иногда при разведении энтомофаги вначале отказываются от эрзац-хозяев, но в ряде случаев их удавалось сделать пригодными, используя для этого обработку определенными пахучими веществами, типичными для обычных насекомых-хозяев. Подобные вещества, служившие в качестве приманки, выделяли из экскрементов или паутины соответствующих вредителей.

Для предупреждения болезней и нападения вредителей при разведении хозяев наиболее пригодны профилактические мероприятия: стерилизация или дезинфекция инструментов, соблюдение чистоты при подготовке и смене субстрата и поддержание по возможности оптимальных режимов выращивания.

Выращивание энтомофагов на полусинтетическом субстрате до сих пор удавалось очень редко, например, при разведении коровки *Coleomegilla maculata* на смеси пыльцы с высушенными тлями или хищных клещей рода *Typhlodromus* на питательном агаре с гидролизатом дрожжей, медом и высушенными клещами. Пригодной оказалась искусственная среда для личинок златоглазки, капсулированная в воскообразной оболочке, но она, была недостаточной для длительного разведения. Процесс значительно облегчается, если энтомофаги используют в пищу убитых хозяев, так как этот материал можно сохранять; при, сильном охлаждении (например, яйца *Sitotroga cerealella* для трихограммы, златоглазки и других полезных насекомых). Многие наездники могут питаться мертвыми гусеницами после их кратковременного нагревания, что также упрощает разведение.

Наконец, кормления насекомых-хозяев при их контакте с паразитами или хищниками можно избежать, используя неподвижные, не питающиеся стадии, например, предкуколки картофельной моли для выращивания личинок златоглазки. Почти до конца удастся выращивать некоторых наездников, паразитирующих на куколках, а также трихограмму на полусинтетической среде. Возможно, подобное разведение полезных насекомых откроет позднее новые пути для массового их выпуска в природу.

В целом же для массового разведения энтомофагов необходимы живые насекомые-хозяева. Кроме того, у хищников главной проблемой является каннибализм. Например, только что отродившиеся личинки златоглазок крайне прожорливы, и яйца со стебельками у этих видов рассматривают как природное приспособление, позволяющее при подобной склонности к каннибализму избегать поедания яиц особями, отродившимися первыми. Однако после одного-двух скармливаний им яиц зерновой моли личинки прекращают питаться без разбора, и надобность в их изоляции отпадает. В голодном состоянии почти все хищники поедают яйца, личинок первых возрастов, а часто даже куколок и неподвижных линяющих насекомых собственного вида. Поэтому последним при разведении необходимо предоставить надежные укрытия.

При разведении паразитов их контакт с хозяевами считается наиболее рациональным лишь в течение ограниченного времени. Кроме того, хозяев можно регулярно заменять, как это делают иногда при массовом разведе-

дении трихограммы. Полосы бумаги, густо покрытые плотно прикрепленными яйцекладками зерновой моли (примерно 450 шт/см<sup>2</sup>), заменять очень легко, так как наездники с их положительным фототропизмом скапливаются на разложенных на свету полосах с яйцами и поражают их. Далее эти полосы можно инкубировать и перед отрождением следующего поколения использовать или для последующего разведения, или для выпуска в поле.

Иногда более целесообразен следующий способ: паразитов, отложивших только часть яиц, быстро оглушают углекислотой и отлавливают из садков; при этом одних и тех же насекомых можно использовать сначала для дальнейшего разведения, а затем непосредственно для борьбы с вредителями.

Рациональное массовое разведение возможно лишь в том случае, если потенциальная способность энтомофагов к размножению не слишком сильно ограничена условиями разведения. Потери порядка 50–70 % можно считать приемлемыми, тем более что для поддержания разводимых колоний в здоровом состоянии гораздо важнее их быстрая замена, чем полная реализация способности к откладке яиц.

Путем хорошей организации дела в США удалось довольно экономично развести огромные количества полезных членистоногих. Например, при массовом выращивании хальцид для борьбы с лимонной щитовкой одна тысяча хальцид стоила (в пересчете) около 40 центов при ежедневном производстве 630 тыс. самок.

Осуществляя переход к биологическим методам борьбы в цитрусоводстве, инсектарий в Вентура Велли (Калифорния) получил в 1954–1955 гг. 5,2 млн. особей паразита маслинной ложнощитовки. Трихограмму и златоглазку в настоящее время предлагают специализированные фирмы Калифорнии; они обеспечивают длительную и высокую рентабельность разведения хозяина (*Sitotroga*), продавая оставшихся бабочек и яйца как корм для аквариумных животных. Почти промышленный уровень методов массового разведения позволяет продавать миллионы трихограмм за несколько долларов.

Зачастую продажа сопровождается консультациями и проведением непосредственного выпуска насекомых, поэтому иногда стоимость этих мероприятий ниже, чем стоимость внесения пестицидов.

Некоторые примеры массового разведения полезных насекомых известны в Старом Свете. Так, в Малой Азии разработан метод выращивания яйцевых паразитов клопа-черепашки. Он основан на способности черепашки скапливаться в местах зимовок, поэтому выращивание и расселение паразитов на 1 га стоило (в пересчете) около \$ 9, что соответствует

примерно одной трети стоимости обычно практикуемой химической борьбы. Подобное благоприятное соотношение цен при использовании трихограммы против различных сельскохозяйственных вредителей наблюдалось в СССР. Разработанная в Ленинграде почти полностью автоматизированная установка для получения трихограммы давала в день от 3 до 5 млн. особей паразита при выращивании зерновой моли на кукурузе или пшенице.

При всех способах массового разведения большую роль играет постоянное контролирование поведения выпущенных полезных насекомых в природе, так как отбор может привести к возникновению легко разводимых, но плохо выживающих в естественных условиях биотипов. Такой контроль должен предусматриваться как часть любой программы длительного разведения энтомофагов.

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ

Рассмотрение этой темы, которая не играет роли сама по себе, необходимо для лучшего уяснения технологии ряда других мероприятий. Это различные методики использования энтомофагов, а также микробиологическая борьба. В последней искусственно разведённые насекомые играют роль субстрата для наработки патогенов, а также тест-организмов.

Технология разведения включает в себя ряд последовательных этапов, а также различные виды вспомогательных работ. Она должна обеспечивать, с одной стороны, поддержание культур насекомых, пригодных для тех или иных целей, а с другой – быть выгодной экономически. Разрабатывая технологию, должна для каждого вида индивидуально, с учётом особенностей его биологии. Поэтому основная часть будет посвящена рассмотрению наиболее общих приёмов.

При составлении регламента следует придерживаться следующей схемы:

1. Характеристика конечного продукта.
2. Технологическая схема производства:
  - вспомогательные работы;
  - основные технологические процессы и операции;
  - обезвреживание отходов;
  - обеззараживание воздуха.
3. Сырьё, химикаты, материалы и промежуточные продукты.
4. Аппаратурная схема производства и спецификации оборудования.
5. Подробное описание всех стадий работ.
6. Отходы производства и выбросы.

7. Контроль производства готовой продукции:

- описание контролируемых параметров;
- их величины.

8. Техника безопасности, санитария.

9. Производственные инструкции:

- технологические;
- по технике безопасности;
- должностные.

10. Техничко-экономические нормативы.

11. Информационные материалы.

Самой технологичной стадией развития насекомых является яйцо. Они занимают мало места и довольно хорошо переносят неблагоприятные условия, поэтому многие технологические операции проводят именно с ними.

**Обеспечение откладки яиц** достигается использованием подходящего для данного вида субстрата. Многие виды откладывают яйца непосредственно на пищевой субстрат. Паразиты используют для этого подходящие стадии хозяина, фитофаги – различные органы кормовых растений.

---

Примером первых могут служить различные виды паразитов (*Telenomus* spp. и т.д.), применявшиеся в лесозащите, вторых – ряд видов пилильщиков, откладывающих яйца на хвою.

---

Из непищевых субстратов наиболее популярны бумага, картон, различные ткани. Подбор субстрата, его цвета, фактуры производится из соображений предпочтения его насекомыми, дешевизны и технологичности последующего удаления яиц.

---

Удачно, если самки откладывают в культуре яйца на песок (некоторые жуки и мухи) или покрытые сахаром пластины (вошинная моль). В первом случае яйца отделяются при просеивании, во втором – при растворении сахара водой.

---

**Сбор субстрата с яйцами** определяется его расположением и возможностью механизации.

Многие насекомые охотно откладывают яйца на субстрат, расположенный вплотную к стенкам садка снаружи. Стенки в таком случае изготавливаются из сетчатого материала. Такой вариант наиболее прост во многих отношениях.

В случае, если субстрат находится внутри, необходимо при извлечении:

- не выпустить из садка имаго,
- предотвратить возможную потерю яиц и
- избежать их механического повреждения.

Для достижения этих целей обычно используются различные приёмы обездвиживания насекомых или применяются съёмные кассеты с субстратом.

---

Для крупнотоннажных производств разработаны различные механизированные линии.

---

После сбора субстрата необходимо провести **отделение яиц**. Наиболее распространён, в силу дешевизны и простоты, механический способ с использованием различных щёток и скребков. Иногда яйца возможно отделить от субстрата просеиванием. Если субстрат или выделенный самкой секрет, склеивающий яйца, растворим, их отделяют смывом. Нередко в таком случае применение растворителей (гипохлорат калия или едкий кали); в этом случае после смыва необходимо нейтрализовать остатки растворителя и промыть яйца. Их отделение от воды производится фильтрацией или использованием насыщенного раствора соли, в котором яйца не тонут.

Для удаления механических примесей используют различные пневматические устройства (нередко – обыкновенный пылесос), реже – флотационный метод.

Разведение насекомых – технология весьма точная, поэтому требуется провести **подсчёт и дозирование полученных яиц**. Прямой метод, когда пересчитывается каждое яйцо, надёжен, но нетехнологичен. Поэтому обычно он используется только в качестве подготовки к использованию косвенных методик. В случае их применения сначала прямым методом подсчитывается количество яиц на единицу массы или объёма, а затем дозирование производится взятием навесок нужной массы или определённых объёмов яиц.

---

В целях массового разведения разработан ряд механизмов и линий для дозирования.

---

Особый случай представляет собой разведение паразитов, которые откладывают яйца непосредственно в хозяина. В этом случае в ёмкость для заражения вводятся восприимчивая стадия хозяина, при необходимости соответственно подготовленная, и паразиты. В простейших случаях (трихограмма) заражение является одноразовой акцией. Более экономичными

являются конструкции, позволяющие многократно использовать одних и тех же особей.

Наиболее трудоёмкая часть искусственного разведения насекомых – **разведение личинок**. Для их культивации используют ёмкости, называемые садками (для насекомых с неполным превращением) или контейнерами (с полным превращением). Ёмкости должны отвечать следующим требованиям:

конструкция и материал должны отвечать биологическим особенностям разводимых насекомых,

величина и масса должны обеспечивать максимальную производительность при минимальных трудозатратах,

одноразовые ёмкости должны иметь минимальную стоимость, а многоразовые – сочетать её с максимальной долговечностью.

Наиболее сложную конструкцию имеют ёмкости для выращивания личинок на живом корме. Они состоят из верхней части, где располагаются питающиеся личинки и их пища, и нижней, в которой находится корневая система. Ёмкости для других насекомых имеют более простую конструкцию.

Малоподвижных насекомых (ситотрога) можно выращивать в открытых ёмкостях. Для более подвижных, во избежание покидания ими ёмкости, её закрывают (наиболее распространённый вариант), либо используют тепловые или электрические барьеры. В случае применения закрытых ёмкостей часть её изготавливают из сетчатых материалов.

Корм обычно располагают в ёмкости, но в случае питания жидкой пищей его можно разместить вовне, отделив его от основного объёма сетчатой перегородкой. По возможности корм следует располагать в верхней части ёмкости (на стенках или крышке). В этом случае он легче заменяется и не загрязняется экскрементами.

Принудительное перемещение личинок производится либо вручную (пинцеты, кисточки), либо, что является более производительным, с использованием различных устройств. Свободно живущих личинок обычно перемещают при помощи пневматических устройств, личинок, живущих в жидких субстратах (многие мухи) – при помощи жидкостных дозаторов, в сыпучих – с использованием дозаторов сыпучих смесей. Сбор может производиться с помощью смыва личинок с субстрата, или просеиванием его, если он сыпучий.

Для стимуляции активного перемещения личинок используются их биологические особенности. Для этого на них воздействуют привлекательным для них фактором (свет, запах пищи, влажность и т. д.) или фак-

тором, которого они избегают (понижение или повышение температуры, электрическое поле и т.д.).

Для различных манипуляций с личинками нередко бывает желательно их обездвижить. Для этого можно применить выдерживание их в воде в течение определённого срока, воздействие пониженной температурой (3...5°C) в течение нескольких часов, приклеивание нетоксичными клеями, прижимание.

---

Обездвиживание широко применяется для проведения различных промеров. Также оно необходимо для успеха заражения личинок паразитами: активные личинки способны вполне успешно сопротивляться. Последние два способа используются именно для этого; прижимание проводится с использованием сетчатого материала, сквозь который проходит яйцеклад самки паразита.

---

Также применяются биологические методы, основанные на обеспечении беспрепятственной парализации личинок паразитами.

**Сортирование личинок** проводится с использованием сит (по размеру) или по скорости их движения (по активности).

Определение наличия личинок в субстрате (для скрытоживущих, в том числе для ситотроги и различных паразитов) проводится визуально, при вскрытии или на просвет. Можно использовать радиографический метод.

Важнейший элемент разведения насекомых на стадии личинки – кормление. Детали этого процесса сильно отличны для растительноядных и хищных видов.

Наиболее сложный и дорогой вариант выращивания растительноядных личинок – кормление натуральным кормом. Выращивание кормовых растений сильно удорожает процесс, поэтому там, где возможно, стараются использовать различные заменители или лиофилизированные корма. Перспективно и использование различных стимуляторов. В любом случае необходимо следить за пищевыми качествами корма, контролировать влажность, обеспечивать стерильность.

---

При выращивании ситотроги используется более дешёвый, чем другие злаки, ячмень, но для этого отбираются высококачественные сорта и тщательно контролируется влажность (15–16 %).

---

Гораздо технологичнее использование искусственных питательных сред (ИПС). Синтетические среды состоят только из химически чистых веществ. Они очень индивидуальны и нетехнологичны, поэтому чаще используют полусинтетические ИПС, в состав которых входят ещё и компоненты растительного и животного происхождения.

Для обеспечения необходимой консистенции обычно используется агар, но нередко и применение других веществ, более дешёвых и менее требовательных к условиям хранения (желатин, камеди, гидролизат казеина, сахар, целлюлоза). Применяются также безагаровые порошковые ИПС. Разработаны методики раздельной подачи жидкой и твёрдой фракций питательных сред.

---

Порошковые ИПС применяются для разведения личинок ксилофагов. Методика раздельной подачи отработана на шелкопрядах непарном и монашенке. Жидкая фаза в этом случае представляет собой раствор витаминов, сухая – отруби кормового растения.

---

Естественные компоненты полусинтетических ИПС зависят от биологии разводимого вида (например, для лесных вредителей – листья кормовых древесных пород). Из химически чистых веществ используют углеводы (сахароза, глюкоза, фруктоза, крахмал), жиры (соевое и другие масла, пальмитиновая и стеариновая кислоты), холестерин, минеральные соли (обычно смесь, называемая солью Вессона), витамины, обеззараживающие вещества, стимуляторы.

---

Приготовление полусинтетических ИПС – довольно сложный процесс. При небольших масштабах производства используется ручной труд в сочетании с малоомощными приборами, для крупнотоннажных разработаны автоматические линии.

---

Внесение ИПС в ёмкость с личинками может производиться в разнообразных формах. Жидкие ИПС капсулируются или ими пропитывается какой-либо пористый материал. Вязкие среды вносятся однократно – в виде сплошного слоя, многократно – нарезанными на части или мазками. Сухие ИПС вносят в форме хлопьев или сыпучей массы. Как говорилось выше, применяется и раздельная подача разных фракций.

Хищные личинки выкармливаются на различных видах искусственно разводимых жертв. Наиболее сложен вариант с использованием тех видов, на которых хищник развивается в природе. Трудность связана с необходимостью разведения кормовых растений. Один из выходов в таких случаях – использование "консервированных" жертв (к примеру, замороженных или высушенных).

Более эффективно разведение хищников на видах-заменителях. Большинство видов хищных насекомых – это полифаги или олигофаги, что позволяет использовать нетипичных, зато легко разводимых жертв. Единст-

венная сложность заключается в том, что нередко необходимо ограничивать их подвижность для увеличения доступности для объекта разведения.

Применение ИПС принципиально возможно, но на практике более дорого, но менее эффективно.

Чрезвычайно сложно разведение паразитов. Их практически невозможно разводить не только на ИПС, но и на хозяевах-заменителях. В последнем случае в скором времени происходит вырождение популяции. Из них же наиболее сложно выращивать паразитов насекомых, требующих для питания живые растения (например, паразитов тлей). Тем не менее, разработаны приёмы, облегчающие культивацию ряда видов паразитов.

При разведении яйцеедов нередко приходится сталкиваться с рядом сложностей, связанных с предпочтением самками паразита яиц определённого состояния. Нередко им предлагают яйца с эмбрионами, убитыми низкими температурами или рентгеновскими лучами. Оригинальная методика применяется в Китае: трихограмме предлагают недоразвитые яйца, извлечённые из убитых самок хозяина-заменителя – китайского дубового шелкопряда.

**Обездвиживание личинок** широко применяется для обеспечения заражения их наездниками. Методики, используемые при этом, были описаны выше.

**Подготовка к разведению насекомых на стадии куколки** начинается с создания необходимых условий для личинок старшего возраста. На этом этапе подготовка должна быть направлена на обеспечение условий для окукливания. Внутри пищевого субстрата окукливаются те личинки, которые развиваются в различных сыпучих продуктах, внутри жидких или гелеобразных ИПС, а также личинки паразитов. Для них дополнительная подготовка не нужна.

Непищевые субстраты используются для разных видов. Для личинок, окукливающихся в почве обычно используется увлажнённый промытый речной песок, но нередко его бывает целесообразно заменить на опилки, торф, мох и т.д. Подготовка в этих случаях заключается в промывке (для песка), контроле влажности и, иногда, в просеивании для отделения частиц субстрата нужного размера.

Многие виды предпочитают окукливание на поверхности субстрата или под ним. В этих целях наиболее популярны бумага, картон, ткани; выбор личинки делают из соображений удобства прикрепления куколки. Целесообразнее всего предложить им субстрат в виде съёмного вкладыша, материал которого подходит больше, чем тот, из которого сделан контейнер. Если окукливание проходит в укрытиях, то вкладыш следует поло-

жить на дно контейнера, или предложить насекомым трубочки, подобрав подходящий диаметр.

**Сбор куколок с субстратом** без их разделения заключается лишь в извлечении их из контейнера и последующей переноске. Однако, эта методика при её технологичности затрудняет ряд операций, поэтому обычно приходится отделять от субстрата хотя бы часть куколок.

**Отделение** проводится, в основном, с помощью двух групп методов: сепарационных и флотационных.

Сепарационные методы основаны на применении сит (ручных или механизированных, вплоть до использования специально сконструированных линий). Как вариант, применяется методика промывки субстрата с куколками раствором гипохлората натрия. Она используется при необходимости растворить нити, которыми личинка при окукливании скрепила вокруг себя частицы субстрата. В этом случае частицы уносятся потоком воды с растворителем, а куколки остаются на сите.

Основа флотационных методов – различие между удельным весом куколки и субстрата. Как правило, у куколок он меньше, поэтому в соляном растворе соответствующей плотности они всплывают, а частицы субстрата – нет.

Нередко бывает необходимо произвести **отделение куколки от кокона или личиночной шкурки**. Кокон хорошо растворяется в растворе гипохлората натрия, шкурки (нередко являющиеся сильными аллергенами) удаляются при помощи вакуумных устройств.

Различные методики **сортировки куколок** (по полу, отделение живых от погибших, куколок от прониимф) основаны на разнице их масс или удельных весов. Механизация основана на применении сепарирующих устройств или растворов определённой плотности. Менее производительны, но более точны методики, использующие вскрытие коконов или рассмотрение их на просвет.

**Содержание насекомых на стадии имаго** – не менее сложный и ответственный процесс, чем их содержание на стадии личинки. При этом надо учитывать их поведенческие реакции, предпочтения по климатическим условиям и режиму питания.

Ёмкости для содержания имаго называют садками. В них должно быть достаточно пространства, иметься условия для полового поведения и откладки яиц, при необходимости присутствовать укрытия, обеспечиваться возможность подачи корма и предохранения его от порчи. В качестве садков предпочтительнее использовать различные типовые ёмкости. Изготовление специализированных садков оправдано, если стандартные ёмкости по каким-то причинам непригодны или малопригодны.

Садки могут быть одно- или многоразовыми. Одноразовые садки более гигиеничны, но возникает проблема их утилизации и постоянного приобретения новых. Многоразовые же садки требуют помещения и персонала для их обеззараживания и хранения.

При выборе размера садков следует учитывать, что слишком маленькие садки нетехнологичны: их обслуживание требует больше времени и сил. В слишком больших же сложнее проводить технологические операции и труднее предотвращать эпизоотии. Кроме того, увеличение размеров садка нередко сопровождается снижением срока жизни и плодовитости насекомых.

Материалы садка должны быть химически нейтральны, чтобы избежать отравления содержащихся в них особей. Следует также обращать внимание на их долговечность, стоимость и удельный вес. Нередко часть садка приходится делать из прозрачных материалов. Для насекомых, которым необходим ультрафиолет, следует использовать пропускаемые для него сетчатые материалы.

**Фиксация появления имаго** обычно проводится визуально. Для скрытоживущих видов можно использовать различные электромеханические приспособления или аппараты контроля дыхания (регистрация концентрации  $\text{CO}_2$ ).

**Сбор имаго** необходим для их перемещения и для проведения различных вспомогательных операций. Разработано несколько групп приёмов, позволяющих осуществлять его быстро и без потерь. В ряде случаев насекомых перед сбором желательно ещё и обездвижить.

Один из наиболее распространённых методов обездвиживания – наркотизация имаго. Весьма популярен для этой цели такой агент, как  $\text{CO}_2$ . Однако, он, будучи сравнительно безопасным, обездвиживает на довольно небольшое время. Поэтому часто применяются такие агенты, как азот, оксид азота, циклопропан, диэтиловый серный эфир (в чистом виде или в смеси с  $\text{CO}_2$ ), хлороформ. Все работы по наркотизации должны вестись в вытяжном шкафу.

Другая распространённая методика – воздействие низких температур ( $2\text{--}5^\circ\text{C}$ ). Обычно садок просто помещается на определённое время в холодильник.

Если использование холода или наркоза по каким-то причинам невозможно, операции с имаго, требующие неподвижности последних, следует проводить в то время суток, когда их активность минимальна.

Собственно сбор имаго можно проводить вручную или пересыпанием (при небольших объёмах работ), с использованием различных всасывающих устройств или поведенческих особенностей насекомых. В последнем

случае наиболее часто используется положительный фототропизм (привлечение насекомых светом). В садке оставляют единственный прозрачный участок, на котором имаго концентрируются, или вставляют в заранее подготовленные отверстия прозрачные пробирки, закрывая все остальные источники света. Используются и другие виды тропизмов, как положительные, так и отрицательные.

Особенности подачи корма имаго в целом не отличаются от таких особенностей для личинок.

Важнейшая группа вспомогательных операций направлена на соблюдение гигиенического режима. Упущения в этой области чреваты гибелью всей культуры.

Мероприятия по борьбе с патогенами включают в себя следующие пункты:

1. Очистка воздуха:

- установка биофильтров и
- ультрафиолетовых ламп,
- изоляция помещений, особенно комнаты для мытья посуды и оборудования;

2. Уборка помещений:

- подбор для отделки материалов, облегчающих уборку,
- установка водостока в полу,
- регулярное мытьё и обработка дезинфектантами;

3. Личная гигиена:

- мытьё рук и стирка рабочей одежды,
- соблюдение порядка перемещения внутри инсектария;

4. Обеззараживание сред и оборудования:

- добавление в ИПС антисептиков и антибиотиков,
- термообработка корма и субстрата,
- ограничение срока годности ИПС,
- хранение ИПС в холодильнике,
- тщательное мытьё оборудования с дезинфектантами,
- автоклавирование материалов и оборудования;

5. Контроль состояния популяции:

- выбраковка особей с признаками болезней,
- обработка насекомых дезинфицирующими агентами (химические вещества, повышенные температуры).

Из химических способов обеззараживания насекомых следует упомянуть обработку яиц и куколок формальдегидом (10 %-й раствор формалина) или гипохлоратом натрия. Термическую обработку (36–47°C в тече-

ние нескольких часов) можно рекомендовать для некоторых насекомых, способных выдержать такую температуру.

Термическая обработка корма обычно проводится автоклавированием, воды – кипячением. Химическое обеззараживание корма достигается добавлением целого ряда химических веществ (например, формалина) и/или антибиотиков. При подборе агента следует учитывать реакцию на него насекомых.

Хранение насекомых имеет ряд положительных сторон. С его помощью возможно постепенное накопление нужного количества особей в течение длительного времени, синхронизация их развития, облегчается транспортировка, улучшаются физиологические и генетические параметры.

Подготовка к хранению – процесс достаточно индивидуальный. Некоторые виды возможно сразу перенести в условия температуры хранения (как правило, пониженной), для других требуется постепенное её снижение. Очень удобно создавать условия, в которых насекомое впадает в диапаузу, и хранить диапаузирующих особей. Их получение может быть достигнуто у разных видов следующими приёмами:

- увеличение или уменьшение светового дня,
- сочетание изменения длины светового дня с изменениями температуры,
- понижение температуры.

Хранение производится при пониженной температуре. Нередко необходимо выдерживать и режим влажности. Хранить можно насекомых на любой стадии развития. Более критичным является способ подготовки к хранению: особи с индуцированной диапаузой хранятся гораздо дольше. Производится хранение, как правило, в холодильнике, но показано, что хранение на открытом воздухе (почва, неотапливаемые помещения) отличается в выгодную сторону. Перед отправкой насекомых на холод их укладывают в различные ёмкости со стерилизованными наполнителями (вата, торф, песок и т. д.). Для поддержания режима влажности наполнитель смачивается водой. В качестве дезинфектанта используется перманганат калия (0,1%).

Оценка качества культур насекомых производится по различным критериям для культур маточных и производственных. При оценке качества маточных культур используются следующие показатели:

- выживаемость,
- продолжительность развития,
- плодовитость,
- биометрические показатели (обычно масса и величина тела),
- соотношение полов.

Критерии оценки качества производственных культур зависят от их назначения. Для хищных и паразитических видов основным показателем является прожорливость (для первых) или процент заражённости хозяина (для вторых). Для проведения оценки им в садках предлагаются жертвы. Качество культур насекомых – агентов генетического метода борьбы оценивается по их способности конкурировать с особями природных популяций. В этом случае, с использованием видео- и аудиоаппаратуры, а также других методик, оценивают подвижность, способность воспринимать зрительные, звуковые и химические раздражители, различные показатели спаривания. Культуры, предназначенные для получения энтомофагов, патогенов, или их тестирования, оцениваются по трём критериям: физиологическое состояние, размеры тела (то и другое – при сортировке яиц или гусениц), восприимчивость к чужеродному организму. Для патогенов это определение ЛД<sub>50</sub>, для энтомофагов оценка не проводится, а успех воздействия предопределяется правильной подготовкой жертвы.

Сложной бывает транспортировка насекомых. За её время может произойти преждевременное отрождение личинок или выход имаго, травмирование или уничтожение части особей друг другом, ухудшение общего состояния из-за неполноценного питания. Насекомые могут пострадать от повышенных или пониженных температур, влажности, механических воздействий. Поэтому перевозка производится в достаточно прочной таре, с вентиляционными отверстиями или закрытой герметично, иногда – в холодильниках. Нежных насекомых предпочтительно разделить на мелкие партии, использовать для их перевозки наполнители, или разместить на клейкой подложке.

## ОТБОР ПРОДУКТИВНЫХ РАС

Отбор продуктивных рас энтомофагов может происходить сам по себе, так как они обладают способностью приспосабливаться к новому хозяину (жертве). И все же потребность в соответствующих формах полезных насекомых очень велика, поскольку их экологическая валентность (устойчивость к факторам внешней среды) часто меньше, чем у хозяев. Поэтому при интродуцировании энтомофагов на больших площадях возникают трудности.

Климатические факторы особенно часто ограничивают распространение и активизацию полезных насекомых. Собственно, каждая пересылка в новую фаунистическую область представляет собой своего рода пробу, поскольку от интродуцированного вида требуется, чтобы он приспособился к особым условиям существования. Такого отбора удалось случай-

но добиться и искусственным путем при массовом разведении. Например, у эулофида *Dahlbominus fuscipennis*, паразита слизистых пилильщиков разных хвойных пород (Diprionidae), выделены новые линии, более активные при низких температурах (12,5°C), чем исходная раса. Кроме того, в лабораторном опыте были отселектированы насекомые с увеличенной продолжительностью жизни и большим процентом самок, причем эти свойства оставались в данной линии генетически зафиксированными.

Подобные примеры характеризуют и других энтомофагов, главным образом наездников (половой индекс, круг хозяев). Также обнаружена даже устойчивость к экстремальным температурам, например у паразита лимонной щитовки. Благодаря повышению частоты мутаций при облучении рентгеновскими лучами было увеличено генетическое разнообразие исходной расы и затем проведен отбор в течение 100 поколений. Однако, несмотря на это многообещающее начало, до сих пор нет доказательств того, что после разведения в лаборатории отселектированные расы адаптируются в природе лучше, чем исходная форма. В Калифорнии систематические опыты по отбору рас трихограммы с более высокой активностью передвижения и устойчивостью к экстремальным температурам не привели к каким-либо практически значимым результатам. Напротив, после многолетнего массового размножения у насекомых наблюдали даже выпадение важных поведенческих признаков, например активности поиска, т.е. была достигнута цель, противоположная обсуждаемой в данном разделе.

Проблема генетического изменения энтомофагов для интродукции в другие регионы и с ее помощью требует еще интенсивных исследований. Одновременно она являет собой альтернативу попыткам «генетической борьбы с вредителями», при которой манипуляции с генетическим материалом вредителей направлены на ослабление их репродуктивной способности.

Особый случай отбора – это возникновение рас, устойчивых к пестицидам. У хищных клещей, пизаурид, наездников и других групп животных, которые встречаются в ареалах, интенсивно обрабатываемых ядохимикатами, уже частично развилась устойчивость к ДДТ и различным фосфорорганическим соединениям. Такая способность энтомофагов была использована при искусственном разведении и отборе рас членистоногих, менее чувствительных к пестицидам. Это направление работ, несомненно, сулит ценную помощь при попытках содержать энтомофагов даже в тех условиях, где из-за интенсивного возделывания растений, например в теплицах или на рисовых плантациях с местами выплода комаров, пока что нельзя обойтись без частого применения пестицидов.

## НАСЕКОМЫЕ – ЭНТОМОФАГИ И ПАРАЗИТЫ, ИСПОЛЗУЕМЫЕ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ БОРЬБЕ

Несмотря на положительную роль, комплексы хищных и паразитических насекомых в лесных биоценозах изучены еще недостаточно. Остаются невыясненными многие вопросы, связанные с фаунистическим составом важнейших систематических групп, особенности образа жизни, трофические связи, практическое применение отдельных наиболее важных в хозяйственном отношении видов.

Полезная деятельность насекомых известна уже давно. Тем не менее, прослеживая историю становления и развития биологических методов борьбы, видно, что хищным насекомым уделялось мало внимания. Это объясняется тем, что долгое время роль хищников в регуляции численности вредителей недооценивалась. Успехи практического применения ряда хищных видов членистоногих, а также результаты полевых экспериментов показали их большое значение в ограничении массовых размножений фитофагов. Сейчас роль хищников как стабилизирующего механизма численности вредителей в лесах не вызывает сомнений. Исследования показали, что хищные членистоногие являются одной из преобладающих трофических групп в сосновых биоценозах, они составляют во всех ярусах растительности до 50 % и более от общей численности всех членистоногих. Так, в кронах на их долю приходится 30 %, в живом напочвенном покрове – 40–45 %, в подлеске и подросте – свыше 50 %. Наиболее широко представлены хищные формы в классе пауков. Степень преобладания их в трофической группе хищных членистоногих очень высокая и достигает 70 %. Участие насекомых – 25–35 %, незначительный процент составляют многоножки (1–2 %).

В классе насекомых хищники широко распространены и встречаются во многих отрядах – полужесткокрылых, жесткокрылых, сетчатокрылых, верблюдок, перепончатокрылых, двукрылых.

Фаунистический состав хищных насекомых меняется в зависимости от яруса. В кронах наиболее многочисленны кокцинеллиды (до 9 % всей численности членистоногих). Единично встречаются верблюбки, златоглазки, двукрылые (мухи-ктыри), иногда муравьи. В подлеске и подросте самой массовой группой являются муравьи (20–40 % общей численности), часто встречаются клопы. Из отряда жесткокрылых распространены кокцинеллиды, нередко мягкотелки, иногда попадаются жужелицы и стафилиниды. Из других отрядов отмечены единичные представители златоглазок, мух-ктырей и других. В живом напочвенном покрове широко распространены муравьи и жесткокрылые.

Хотя хищничество широко распространено среди многих отрядов насекомых, тем не менее, не все хищные виды представляют практический интерес. Причин для этого несколько. В одних отрядах хищные виды или редки, или малочисленны, в других – хищничество носит факультативный характер, в третьих – питаются преимущественно водными организмами. В сосновых лесах основное значение как агенты биологического контроля имеют наиболее распространенные и массовые группы, к которым можно отнести жесткокрылых и перепончатокрылых (в основном муравьев).

Для обогащения лесов полезными организмами, в первую очередь энтомофагами, делаются попытки их привлечения с помощью разведения нектароносов. Факт дополнительного питания энтомофагов на цветах не подлежит сомнению, но до сих пор нет данных о том, какие виды энтомофагов какие цветущие растения предпочитают. Имеются данные о том, что энтомофаги, собранные путем кошения, чаще всего не относятся к тем, которые были получены из вредителей методом выведения. В отношении лесных насекомых такие исследования в СССР не проводились. Мало их и за рубежом. Однако имеются указания, что питание паразитов (*Exenterus comstokii*, *Hyssopus pushtymus*) зимующего побеговьюна на цветках различных растений значительно увеличивает их продолжительность жизни и плодовитость (Syme, 1975). При этом наблюдаемый эффект более чем в 4 раза превосходил таковой при питании медом. При этих же исследованиях было выяснено, что многие виды растений, привлекательные для паразитов, считаются в лесных культурах Онтарио сорняками и подлежат уничтожению.

Ряд паразитов проходит также дополнительное питание на медвяной росе. Так, Е. Фюрер (1975), работая с птеромалидом *Perniphora robusta*, который является паразитом *Trypodendron domesticum* (и других близких видов), установил, что питание медвяной росой (выделения тлей *Phyllaphis fagi*) резко повышает его репродуктивную способность.

Было бы целесообразно выявить фенологический спектр растений, которые посещаются главнейшими паразитами-полифагами лесных вредителей в целях их сохранения и разведения, создания из них зеленого конвейера.

Интересная экспериментальная работа по изучению концентрации энтомофагов на кормовых растениях для дополнительного питания была выполнена в Хреновском бору Воронежской обл. под руководством профессора В.Н. Старка. В лабораторных условиях выращивались сколии (*Scolia quadripunctata*, *S. dejeani*) и выпускались на лесосеки, заселенные пестрым европейским и восточным майским хрущами. После выпуска сколии очень быстро исчезали с лесосек и не заражали личинок хрущей.

Тогда по опушкам лесосек была высеяна фацелия, на которой стали питаться сколии и активно заражать личинок хрущей. Великая Отечественная война помешала закончить эксперимент.

Для привлечения паразитов в короедные очаги Н.З. Харитонova (1972) посеяла 26 видов нектароносов в подготовленные площадки размером 1х1 м, расположенные на прогалинах и по краям просек в сосновых насаждениях Карачевского лесхоза Брянской области. Автор утверждает, что эксперимент был положительный и рекомендует гречиху посевную, фацелию, люпин многолетний, змееголовник синий, донник белый. К сожалению, в работе не указывается, какие виды паразитов, заражающих короедов в этих насаждениях, питались на указанных растениях, в каком количестве и в какое время.

Мало обоснованные рекомендации даются Всесоюзным научно-исследовательским институтом агролесомелиорации (1973) по набору нектароносов для привлечения в леса энтомофагов. Может случиться так, что эти растения будут посещаться в большей мере вторичными, чем первичными паразитами. Посещающие растения энтомофаги не названы.

Нет сведений и о том, как отражается посев нектароносов на численности самих вредителей, остается невыясненной рентабельность специальных посевов нектароносов для привлечения энтомофагов.

Приведенные примеры показывают, что этот очень важный для практического использования энтомофагов метод требует дальнейших исследований.

В зависимости от экологии энтомофагов предлагается ряд лесохозяйственных мероприятий по их сохранению и накоплению в лесных биогеоценозах. К их числу относятся: запрещение сгребания лесной подстилки, где зимуют и окукливаются многие тахины и наездники; оставление неокоренных пней, под корой которых находят себе убежище и зимуют хищные жуки и мухи, а также ряд паразитов; сохранение дуплистых деревьев, мелких порубочных остатков, поваленных деревьев, под корой которых высокая зараженность короедов паразитами и ряд других. Эти мероприятия не требуют затрат, однако их эффективность не установлена точными экспериментами и рекомендации базируются главным образом на визуальных наблюдениях.

В период низкой численности хозяина перспективен предохранительный выпуск энтомофагов, с помощью которого можно предупреждать вспышки массового размножения вредных насекомых. Такие выпуски должны быть регулярными и для них должны использоваться специализированные паразиты.

Большое место в работах по биометоду занимает изучение поведения, экологии и биологии энтомофагов для теоретического обоснования их использования.

Подводя итоги состояния использования энтомофагов для защиты леса, можно сделать вывод, что широкого применения в лесном хозяйстве они пока не нашли. Однако, по мнению большинства авторитетных зарубежных специалистов, использование энтомофагов имеет большой нереализованный потенциал. Так, метод наводнения сначала был признан не эффективным, а в связи с большими успехами по массовому разведению насекомых в крупных инсектариях и на биофабриках на него снова обратили внимание. Глубокое изучение энтомофагов и их комплексов, связанных с определенным видом фитофага, выдвинуло новые перспективные виды для сезонной колонизации. Примером может служить *Apanteles melanoscelus*, на которого возлагают надежды энтомологи США в борьбе с непарным шелкопрядом.

Необходимо расширять изучение энтомофагов и ставить опытно-производственные работы по их использованию. Затраты на эти работы, безусловно, окупятся.

Использование энтомофагов сдерживается недостатком в лесном хозяйстве хорошо оснащенных крупных инсектариев и подготовленных кадров по биометоду. Кроме того, использование энтомофагов требует точных сведений о движении численности вредных насекомых, которые часто отсутствуют вследствие недостаточно хорошо налаженной системы слежения (службы надзора).

Недоброкачественность, а чаще всего отсутствие искусственных питательных сред для массового разведения энтомофагов (и хозяев-фитофагов) затрудняет их своевременное получение в большом количестве. При разведении на искусственных средах энтомофаги отрождаются с пониженной плодовитостью, довольно низким содержанием самок в потомстве и мало приспособленными к тем самым биогеоценозам, в которые они выпускаются.

Для практики биологического метода более перспективным представляется использование паразитических насекомых. Из нескольких отрядов, паразитирующих на других насекомых чаще всего используется два: Diptera (двукрылые) и Hymenoptera (перепончатокрылые).

## DIPTERA (ДВУКРЫЛЫЕ)

**Тахины**, или **ежемухи (Tachinidae)** – многочисленное повсеместно распространённое семейство короткоусых двукрылых насекомых, вклю-

чающее в себя 9604 известных вида (рис. 9). Личинки большинства видов – внутренние паразитоиды насекомых. Длина тела представителей семейства 3–20 мм. Тело покрыто щетинками (отсюда второе название). Форма брюшка яйцевидная или конусообразная. Брюшко состоит из 4 колец. Последний членик усиков сжат с боков. Имаго активны в солнечную тёплую погоду и часто встречаются на цветках растений, где питаются нектаром. Для некоторых видов свойственен сумеречный период активности.

Личинки большинства видов являются внутренними паразитоидами насекомых. После спаривания самка не сразу откладывает яйца. Обычно на созревания яиц дополнительно требуется от 8 до 25 дней. После этого самка начинает поиски хозяина для будущих личинок. Способы его заражения различны у разных групп тахин. Яйца могут откладываться на листья растений, которыми питаются гусеницы бабочек, ложногусеницы пилильщиков и другие насекомые. В случае паразитирования на личинках почвенных насекомых самки откладывают яйца в почву, а вышедшие личинки некоторое время мигрируют в поисках хозяина. Некоторые виды откладывают яйца непосредственно в тело насекомого. Имеются живородящие виды. Во многих случаях откладка яиц происходит лишь в присутствии хозяина. Личинки сперва не трогают жизненно важных органов и лишь по завершении своего развития выделяют в тело хозяина большое количество пищеварительных соков, полностью переваривающих его органы и ткани. Закончив питаться, личинки выходят из тела хозяина и окукливаются в почве.

Среди представителей семейства сравнительно небольшое количество видов – монофагов, развивающихся исключительно за счёт одного вида. Большинство видов всё же паразитируют на большом числе различных хозяев, относящихся к одному семейству или отряду. Обычно в теле насекомого–хозяина происходит развитие одной или нескольких личинок одного вида тахин из одной кладки яиц.

Тахины – естественные враги многих насекомых. Некоторые виды успешно акклиматизированы в разных странах для борьбы с колорадским и японским жуками, непарным шелкопрядом и другими вредителями.

---

*Mazicera zimini* в производственных опытах по подавлению сибирского шелкопряда давала хорошие результаты.

---

Интродуцированные в Северной Америке виды тахин позволили подавить или сдержать рост численности ряда видов вредителей (зимней пяденицы, общественного елового пилильщика).

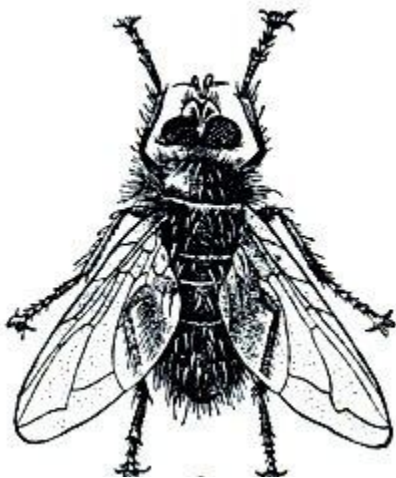


Рис. 9. *Ernestia rudis* – паразит гусениц сосновой совки

#### HYMENOPTERA (ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫЕ)

Из Scoloidea перспективно единственное семейство – Scoliidae. Крупные или средней величины насекомые, длиной от 10 до 100 мм, густо покрыты волосками. Крылья в размахе до 60 мм. Взрослые осы – опылители. Личинки ос-сколий являются эктопаразитами личинок некоторых жуков (майского жука, жука-носорога, долгоносиков). Большинство видов сколий обитают в тропической и субтропической областях, лишь некоторая часть видов заходит на север, в Палеарктику, по данным Остена (Osten, 1999) в палеарктическом регионе встречается более 100 видов; на территории бывшего СССР встречается около 25 видов. Были проведены перспективные опыты по применению в лесозащите ос рода *Scolia*.

Используемые в биологической защите леса перепончатокрылые относятся в основном, к подотряду Parasitica; из него следует отметить следующие надсемейства:

**Ihneumonoidea** (Braconidae, Ihneumonidae),  
**Chalcidoidea**,  
**Proctotrupidea**.

## **Ichneumonoidea**

**Настоящие наездники, или наездники-ихневмониды** (Ichneumonidae) – семейство паразитических наездников надсемейства Ichneumonoidea подотряда Стебельчатобрюхие. Одно из крупнейших и наименее изученных семейств насекомых, общая численность видов данного семейства, по некоторым оценкам, может составлять до 100 тысяч.

Насекомые средней величины, реже мелкие или крупные. Длина тела колеблется от 2 до 40 мм, с яйцекладом до 170 мм. Чёрные или жёлто-коричневые насекомые с белыми, жёлтыми или красными пятнами и полосами. Брюшко сильно удлинённое и может быть искривлено и сегментировано, самки некоторых видов (в частности, родов *Rhyssa*, *Megarhyssa*, *Dolichomitus*) имеют очень длинный яйцеклад, превышающий длину тела. Отличаются от жалоносных перепончатокрылых прежде всего длинными неколенчатыми усиками. В усиках, как правило, более 16 члеников (иногда из 13–15 члеников). Жвалы, как правило, с двумя зубцами.

Крылья хорошо развиты почти у всех ихневмонид. Исключение составляют отдельные роды подсемейства *Cryptinae* (*Gelis*, *Polyaulon*, *Oresbius*, *Agrothereutes*) и *Orthocentrinae* (*Stenomacrus*), у которых крылья могут быть редуцированы или отсутствовать. Крылья с развитым жилкованием, птеростигма выраженная (рис. 10).

На стадии личинки – паразиты личинок и куколок многих групп насекомых, в том числе вредителей сельского и лесного хозяйства. Ихневмониды по обилию и широте пищевых связей – одна из наиболее важных групп энтомофагов. Разнообразие пищевых связей наездников определяет их роль в природе. Значительную пользу оказывают ихневмониды, паразитирующие в гусеницах и куколках чешуекрылых, личинках, зонимфах и куколках пилильщиков. Большинство ихневмонид заражает личинки насекомых с полным превращением. Наиболее распространен среди ихневмонид паразитизм на чешуекрылых. Несколько подсемейств являются паразитами перепончатокрылых, в основном пилильщиков. Наездники паразитируют также на орехотворках, мухах, личинках жуков, сетчатокрылых, ручейниках, пауках и, кроме того, могут заражать других наездников и тахин, т. е. являются сверхпаразитами.

Ихневмониды в большинстве олигофаги. Случаи широкой полифагии редки и известны только для некоторых эктопаразитических наездников. О монофагии можно говорить только предположительно, так как биология видов, считающихся монофагами, изучена недостаточно.

В отличие от браконид, ихневмониды никогда не паразитируют во взрослых насекомых и в нимфах насекомых с неполным превращением.

Относительно немногие группы откладывают яйца в куколки. Иногда яйца откладываются в яйца хозяина, развитие же заканчивается в личинке старшего возраста, коконе или пупарии.

Взрослые ихневмониды – большей частью крылатые свободноживущие насекомые. Обычно ихневмонид можно встретить на цветках растений, особенно на цветках с открытыми нектарниками, где они питаются нектаром и пыльцой. Наездники нуждаются в ежедневном потреблении воды, в связи с чем они обильнее близ водоемов, в местностях с регулярным выпадением осадков или росы. Многие виды ведут сумеречный или ночной образ жизни.

Продолжительность жизни взрослых наездников 1–2 месяца. Некоторые ихневмониды зимуют на стадии имаго, что удлиняет жизнь взрослых особей этих видов до 10 месяцев. Зимовка на стадии имаго свойственна прежде всего наездникам подсемейств Ichneumoninae, а также Cryptinae, некоторым Pimplinae и Orthocentrinae.

---

На практике применялись: для борьбы с зимней пяденицей *Operopthera brumata* в Канаде (*Agripon flaveolatum*), общественным еловым пилильщиком *Diprion hercyniae* и *D. similis* там же (*Exenterus amictorius*) и т.д.

---

**Бракониды** (Braconidae) – семейство паразитических наездников надсемейства Ichneumonoidea подотряда Стебельчатобрюхие. Размеры мелкие и средние, большинство видов около 1 см (от 2–5 мм до 10–15 мм), в тропиках до 25 мм. Брюшко удлинённое и может быть искривлено и сегментировано, самки многих видов имеют очень длинный яйцеклад. Окрашены менее ярко, чем ихневмониды. Крылья с развитым жилкованием и наличием в переднем крыле склеротизованной птеростигмы. От близких к ним ихневмонид отличаются: 1) отсутствием 2-й возвратной жилки переднего крыла; 2) ответвлением радиальной жилки (Rs) заднего крыла за поперечной жилкой (у браконид называемой базальной–M), соединяющей две первые (Sc+K и M+Cu<sub>1</sub>) продольные жилки; 3) слитыми в единый склерит 2-м и 3-м тергитами брюшка. Кроме того, у браконид могут быть слиты в единый панцирь, скрывающий остальные тергиты, три первых тергита брюшка. Число члеников усиков, как правило, более 20 (рис. 11).

Выделяют две группы браконид: эктопаразиты (Braconinae и Doryctinae) и эндопаразиты (большинство других подсемейств), отличающиеся и по биологии и по строению личинок. Большинство видов это паразитоиды Coleoptera, Diptera и Lepidoptera, но также есть паразиты гемиметаболических (с неполным развитием) насекомых, таких как тли, Heteroptera или Embiidina. Известен паразитизм и на взрослых насекомых

(особенно из отрядов Hemiptera и Coleoptera), а представители двух подсемейств образуют галлы растений (Mesostoinae и Doryctinae).

Дополнительное питание на «медвяной росе», цветках зонтичных, реже крестоцветных, ещё реже – сложноцветных. Гемолимфой питаются эндопаразиты или эктопаразиты – парализаторы.

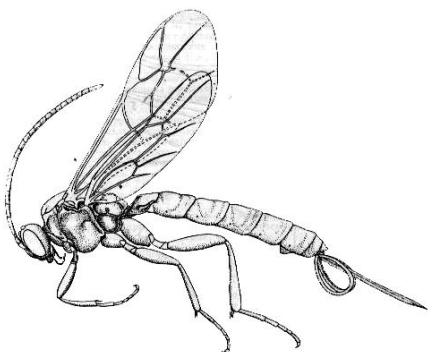


Рис. 10. Ихневмонид

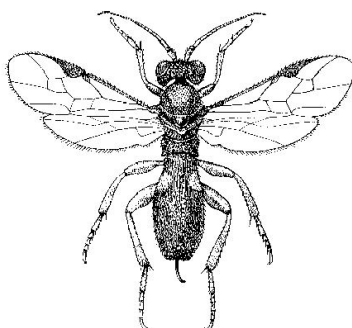


Рис. 11. Браконид

Яйце-личиночные, личиночные или имагинальные паразиты. Эктопаразитизм – на скрытоживущих насекомых. Для эктопаразитов обычны развитие на личинках, парализация добычи, групповое развитие и полифагия. Эндопаразиты могут паразитировать в различных стадиях хозяина, чаще всего одиночные олигофаги. Личинка вконец, в теле погибшего хозяина или рядом.

Бракониды являются в основном паразитами фитофагов. Вторичного паразитизма у них не наблюдается. Паразитируют на чешуекрылых, жесткокрылых, некоторые подсемейства – на двукрылых, полужесткокрылых, сеноедах, пилильщиках и сетчатокрылых. Взрослые бракониды нуждаются в питании углеводной или белковой пищей. Некоторые бракониды могут играть существенную роль в качестве регуляторов численности вредителей.

---

В лесозащите успешно использовались: *Apanteles solitaries* – паразит ивового шелкопряда *Stilpotiasalicis* (США, Канада); *Opius ilicis* – паразит падубовой минирующей мушки *Phytomyza ilicis* (Канада) и другие.

---

**Тлѣвые наездники** (Aphidiidae) – внешне весьма сходны с браконидами, от которых отличаются перегибом брюшка и всегда укороченным яйцекладом. Нередко редуцированное жилкование. Иногда выделяется как **Aphidiinae** – подсемейство Braconidae.

Всегда одиночные эндопаразиты тлей. Обычно – олигофаги. Для большинства характерно окукливание внутри шкурки хозяина. Куколка в коконе.

Использовались при подавлении тлей, питающихся на древесных растениях (США – Калифорния).

## **Chalcidoidea**

**Хальциды (Chalcidoidea)**– надсемейство подотряда Стебельчатобрюхие. Включает около 22 000 описанных видов, распространѣнных по всему миру. Потенциальное общее число видов оценивается от 375 000 до 500 000 таксонов. Для Средней Европы указано 2000 видов. Большинство видов мелкие и даже микроскопические (от 0,2 до 5 мм). Жилкование крыльев почти полностью редуцировано до пары жилок.

В основном, паразиты членистоногих, однако встречаются паразиты растений и хищники. Взрослые хальциды ведут свободный образ жизни и чаще всего держатся в местах обитания хозяев. Питаются нектаром цветов и сладкими выделениями сосущих насекомых. Наибольшее значение имеют паразитические энтомофаги, среди них отмечены самые разнообразные формы паразитизма. Более мелкие таксоны, однако, весьма специализированы по формам и кругу хозяев.

Личинки хальцид являются наружными и внутренними паразитами членистоногих, преимущественно насекомых. Многие хальциды – паразиты второго и третьего порядка.

В защите леса используются следующие семейства Chalcidoidea:

**Chalcididae,**

**Pteromalidae,**

**Encyrtidae,**

**Eulophidae,**

**Aphelinidae,**

**Trypogrammatidae.**

**Chalcididae** – паразиты куколок, коконов, пупариев. Размеры мелкие (от 2,5 до 12 мм). Тело без металлического блеска, чѣрное или бурое с жѣлтыми пятнами. Заражают мух, жуков, бабочек, пилильщиков.

**Pteromalidae** – некрупные (реже более 3 мм) хальциды. Пищевые связи разнообразны, преимущественно паразиты двукрылых, чешуекрылых и жуков. Впроизводственных опытах хорошие результаты показаны паразитами короеда–типографа (*Tomicobia seitneri* и др.).

**Encyrtidae** – хальциды с компактной, обтекаемой формой тела и головой не уже груди. Длина тела у большинства видов 1–2 мм. У некоторых редуцированы крылья. Обычные хозяева – кокциды; всего круг хозяев включает 9 отрядов насекомых, а также иксодовых клещей. Характерен внутренний паразитизм. Некоторые развиваются полиэмбрионически.

Для защиты леса ценность имеют некоторые виды яйцедов чешуекрылых (*Ooencyrtus* и *Ageniaspes*).

---

*Ooencyrtus kuwanai* акклиматизирован в США, Испании, Северной Африке для борьбы с непарным шелкопрядом (частичный успех).

*Ageniaspes fuscicollis* ввезён в Среднюю Азию для борьбы с яблонной молью (успешно, но программа не была завершена).

---

**Eulophidae** – размеры мелкие (от 0,4 до 6 мм, в основном 1–3 мм). Крылья с сильно редуцированным жилкованием. Паразиты чешуекрылых, двукрылых, червецов и щитовок. Внутренние и наружные паразиты куколок и личинок, яйцееды. Есть даже полуводные виды, паразитирующие на жуках Psephenidae. Имеют хозяйственное значение, как энтомофаги минирующих насекомых. Для борьбы с вредителями в качестве агентов биологической борьбы чаще применялись представители родов *Diglyphus*, *Sympiesis* и *Pnigalio* (Eulophinae).

---

Пример использования в практике лесозащиты – акклиматизация в США и Канаде *Dahlbominus fuscipennis* для борьбы с пилильщиками *Diprion* и *Neodiprion*.

---

**Aphelinidae** – размер до 1 мм (редко до 2). Тело компактное, окраска бурая, жёлтая, реже чёрная. Большинство – эндопаразиты тлей, кокцид и алейродид. Характерен аутопаразитизм.

---

Использовались при подавлении тлей, питающихся на древесных растениях (США – Калифорния).

---

**Trychogrammatidae** – очень мелкие хальциды (0,2–1,2 мм). Тело жёлтое, бурое или чёрное без металлического блеска. Яйцееды чешуекрылых, жуков, цикадовых. Имеются телиотокические формы (рис. 12).

Производственная практика и эксперименты с различными видами рода нередко были вполне успешны при защите сельскохозяйственных культур и садов, но при подавлении вредителей леса имели спорные результаты. Технология применения трихограммы в защите леса нуждается в дальнейшей разработке.

## Proctotrupidea

***Proctotrupoidea*** (Проктотрупойдные наездники) – надсемейство подотряда Стебельчатобрюхие. Включает около 5000 описанных видов, распространённых по всему миру. Большинство видов – мелкие и даже микроскопические организмы (от 0,2 до 5 мм); именно в это надсемейство входят наиболее мелкие представители всего класса насекомых. Исключение представляют представители семейств *Proctorenyxidae* (до 14 мм) и *Pelecinidae* (с яйцекладом до 70 мм).

Усики коленчатые. Жилкование крыльев может быть более или менее полным, или редуцированным, как у хальцид. Нередки формы с укороченными или отсутствующими крыльями. Специализированные эндопаразиты. У многих отмечена полиэмбриония.

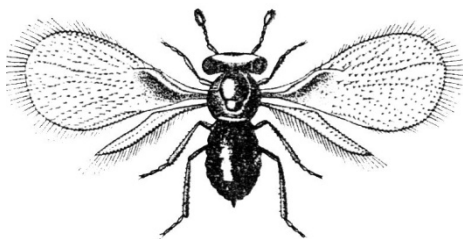


Рис. 12. *Trichogramma* sp.

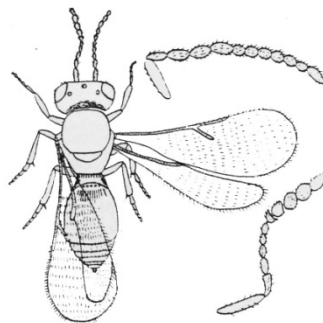


Рис. 13. *Telenomus gracilis*. Сверху – усик самца, снизу – усик самки.

В защите леса используются представители семейства Scelionidae (род *Telenomus*).

Поскольку теленомус весьма зимостоек в СССР и Монголии были проведены успешные производственные опыты по применению *Telenomus gracilis* для подавления очагов сибирского шелкопряда, а других видов

теленормусов — для подавления соснового шелкопряда, античной и ивовой волнянок, кольчатого коконопряда (рис.13).

## КОМПЛЕКС ПАРАЗИТОВ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА

Краткая характеристика наиболее эффективных и перспективных видов.

### *Telenomus gracilis*

Это настоящий бич и спутник сибирского шелкопряда, он находится только там, где обитает этот вредитель. С исчезновением последнего исчезает и он. Имаго привлекаются в массе в кроны деревьев выделениями тлей, кроме того проходит дополнительное питание на боярышнике, клевере, смородине. Яйцеедов можно обнаружить на ветках и листьях берёзы, хвое лиственницы или кедра. Исключительно вынослив к увлажнению, свободно пролетает расстояния в сотни метров. Развитие синхронизировано с развитием хозяина.

Соотношение полов почти всегда бывает 1:3 в пользу самок. Отродившиеся наездники сразу приступают к спариванию и откладке яиц. Но в природе самцы вскоре после спаривания погибают, а оплодотворённые самки уходят на зимовку в лесную подстилку. В следующем году они поднимаются с зимовки, в зависимости от погодных условий, во 2-ой половине мая или даже в начале июня. Активность (поиск и заражение яиц хозяина) они проявляют с наступлением среднесуточной температуры 12°C. Плодовитость одной самки в среднем равна 110–130 яиц, а одна самка в среднем заражает в естественных условиях около 40 яиц шелкопряда. В одном яйце хозяина развивается в среднем 10 особей паразита. Продолжительность жизни самца — 14 суток, самки — до 4-х месяцев и более.

За время развития фазы яйца у хозяина успевает развиваться в двух поколениях.

### *Ooencyrtus pinicola*

Тёмно-голубой, средняя длина тела самки — 1,66 мм, самца — 1,12 мм. По сравнению с теленормусом стадия эмбрионального развития почти в 2 раза длиннее, вследствие этого личинка вылупляется более сформированной.

Летает в самый тёплый период года: частично в июне, в основном в июле. Потомство его вылетает в естественных условиях немного раньше, чем потомство тленомуса, то есть в августе. Зимуют только самки в лесной подстилке. В некоторые годы с тёплой осенью у него, как и у тленомуса, наблюдается двойная генерация, когда отродившееся из первых заражённых яиц шелкопряда потомство оэнциртуса заражает последние яйцекладки вредителя и успешно заканчивает своё развитие.

В искусственных условиях паразит размножается и ведёт себя как трихограмма, то есть способен заражать яйца шелкопряда сразу после отрождения. Он может заражать яйцо за 3–4 дня до выхода из него гусеницы и развивается в нём нормально.

В одном яйце развивается до 5 особей, в среднем – 3. Плодовитость самки – 80–100 яиц, одна самка заражает примерно 34 яйца. Соотношение полов 1:4 в пользу самок. Он может размножаться и партеногенетически. Взрослые особи живут до 3-х месяцев.

По сравнению с тленомусом оэнциртус более чувствителен к увлажнению. В естественных условиях мало изучен. При кошении трав и в кронах деревьев не ловится, на цветах не обнаруживается.

### *Rhogas dendrolimi*

Браконида с длиной тела 10–12 мм (рис. 14). У самки имеется яйцеклад. Во 2-й половине лета самки откладывают яйца с помощью яйцеклада под покровы гусениц. Личинка живёт в теле гусеницы хозяина 20,5 месяцев, из них 14 месяцев. То есть две зимы, проводит в состоянии анабиоза. За период активной жизни она активно мигрирует в теле гусеницы, но предпочитает оставаться в задней половине.

Имаго в кедровниках. Летает в течение почти 2-х месяцев с середины июля до 15–20 сентября. В течение 25–30 дней проходит дополнительное питание на выделениях тлей, а затем, примерно с 10 августа, нападает на появившихся к этому времени в природе гусениц II возраста вредителя. Осенью заражённая гусеница с личинкой паразита уходят на первую зимовку. В начале мая она пробуждается и в первой половине июля (одновременно со здоровыми) достигает IV возраста.

В дальнейшем рост и развитие обоих почти прекращаются до весны следующего года, когда гусеница выходит со второй зимовки. Заражённая гусеница почти совершенно не питается, не растёт и обычно ползает по нижней части дерева, редко достигая его кроны. Личинка паразита в ней линяет и начинает быстро расти. Через 1 дней она снова линяет и к концу месяца достигает длины почти 2 см. Она убивает гусеницу, прогрызая от-

верстие в её груди, через которое выпускает клейкую жидкость и прочно приклеивает жертву обычно к нижней стороне ветки дерева или к стволу.

После гибели гусеница мумифицируется, внутри неё в течение всего июня и половины июля проходит дальнейшее развитие личинки, а затем куколки паразита. Паразит вылетает, проделав отверстие в задней части спинной стороны мумии.

Соотношение полов 1:1. Активен в сумерки. Хорошо летает. Один из эффективнейших паразитов. В кедровых лесах заражает в среднем 65–85 % гусениц шелкопряда.

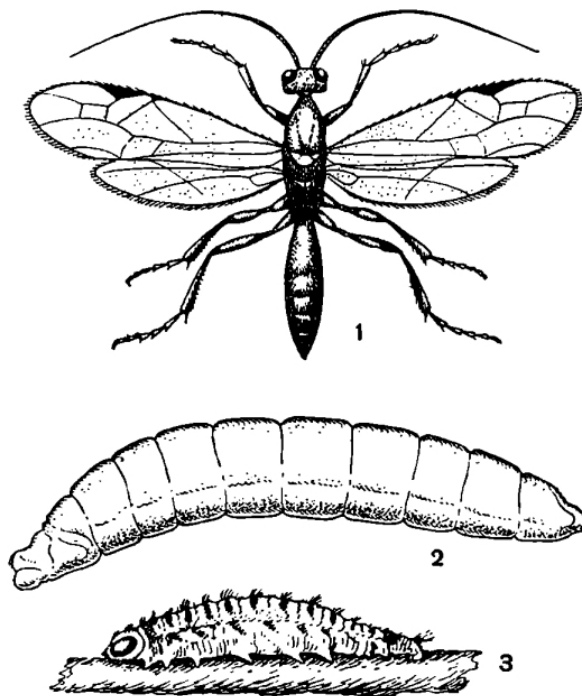


Рис. 14. *Rhogas dendrolimi*  
1. Взрослый наездник. 2. Личинка.  
3. Мумия из гусеницы сибирского шелкопряда

# МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ЛЕСА

## ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Интерес человека к патологии насекомых возник, вероятно, с зарождением оседлого хозяйства, а именно с возникновения пчеловодства и шелководства. Упоминания о болезнях пчел можно обнаружить уже у Аристотеля, то есть в IV веке до нашей эры. Первая регистрация болезней насекомых была установлена в начале XIX века. В это время некоторыми исследователями отмечалась связь между грибами и инфекциями насекомых. Официально приоритет первого описания инфекционного заболевания у насекомых обычно приписывается Аугустино Басси (A. Bassi, 1835–1839), который показал, что возбудителем белой мюскардины шелковичного червя *Bombyx mori* является гриб, названный им *Botrytis paradosa*. В 1912 г. при пересмотре систематики *Hyphomycetes* Виллемен выделил род *Beauveria*, и к настоящему времени возбудитель белой мюскардины тутового шелкопряда именуется как *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin.

После работ А. Басси последовал целый ряд исследований, посвященных изучению болезней насекомых. Например, Герен-Меневилл описал «гематозоиды» из личинок тутового шелкопряда, которые, вероятно, представляли собой споры микроспоридий *Nosema bombycis*. В 1857 г. Д. Деньгов изучает возбудителя нозематоза пчел, которого он назвал «грибковая болезнь». Е. Зандер впоследствии описывает этого возбудителя как *Nosema apis*. Однако пристальный интерес ученых к болезням насекомых возник после классических работ Л. Пастера, посвященных изучению болезней шелковичного червя *B. mori*, на основании которых были предложены эффективные меры борьбы с нозематозом. В 1870 г. Л. Пастер публикует работу «Исследования болезней шелковичных червей», в которой кроме пембины рассматриваются заболевание, известное под названием «флашерия». Следует особо отметить, что данная работа была первым исследованием, в котором доказывалась микробная природа заболевания. С этого времени появляется большое количество сообщений о выделении энтомопатогенных микроорганизмов из насекомых. В 1879 г. И.И. Мечников проводит экспериментальное заражение насекомых, выделенным из трупов жуков р. *Anisoplia* энтомопатогенным грибом *Entomophthora anisopliae* (в 1888 г. Н. Сорокин дал этому грибу название *Metarhizium anisopliae* – зеленая мюскардина). В 1880 г. И.И. Мечников получил культуру зеленой мюскардины на очищенном пивном сусле. Кроме того, ученый обнаружил, что данный энтомопатогенный гриб поражает свекловичного долгоносика *Bothynoderes punctiventris*. И.И. Меч-

никову удалось привлечь к исследованию мюскардины Л.С. Ценковского, который не только проводил наработку спор, но и изучил влияние условий среды на патогенность гриба. Он считал также, что при изучении эпизоотии необходимо учитывать физиологическое состояние организма насекомых. Для наработки и полевых испытаний грибного препарата на основе спор И.И. Мечников привлек И.М. Красильщика, который организовал биостанцию под Киевом в Смеле. И.М. Красильщик разработал первую заводскую установку для производства зеленой мюскардины. Под руководством И.М. Красильщика биоэнтомологическая станция работала 25 лет (с 1883 по 1908 г.), где не только нарабатывали биоматериал, но и проводили исследования возбудителей болезней насекомых и изучали влияние экологических факторов на возникновение и течение инфекций.

К сожалению, эти первые в России опыты не получили ожидаемого широкого внедрения в практику сельского хозяйства. В этот период можно отметить немало неудачных примеров применения биологического метода и в ряде других стран. В частности, в 1910–1911 гг. Д'Эреллем сделана попытка использовать бактерии *Cocobacillus acridiorum*, которые были эффективны против пустынной саранчи в Мексике и Аргентине, но при культивировании на искусственных средах потеряли вирулентность. Это послужило основанием для утверждения о слабой эффективности этого метода. Возможно, подобные неудачи объяснялись тем, что недооценивалась изменчивость возбудителей, и не было методов повышения вирулентности, не было надлежащего анализа условий внешней среды и физиологического состояния насекомых.

В Советском Союзе исследования микозов насекомых первоначально были сосредоточены во Всесоюзном институте защиты растений (ВИЗР). В 1932–1948 гг. А.А. Евлахова публикует работы, в которых описывает использование энтомопатогенных грибов зеленой мускардины и цефалоспориума (*Cephalosporium lecanii*, по современной классификации – *Verticillium lecanii*) против вредителей сельскохозяйственных культур. В 1950 г. вышла работа В.П. Поспелова по изучению развития мюскардиновых грибов в организме свекловичного долгоносика, где кроме зеленой и белой мускардины также описан возбудитель заболевания – розовая мускардина (*Paecilomyces fumosoroseus*). В дальнейшем микозы разных видов насекомых изучали другие ученые бывшего СССР. В результате этих исследований был разработан первый отечественный грибной препарат «Боверин» на основе *Beauveria bassiana*.

Во второй половине XIX в. в Европе появляются первые описания ряда видов энтомофторовых грибов.

Разносторонние систематические исследования по энтомофторовым грибам в нашей стране связаны с именем А.А. Евлаховой, по инициативе и под руководством которой начиная с 60-х годов проводились работы по изучению энтомофторозов членистоногих в различных научных учреждениях СССР. Кроме того, активные исследования энтомофторовых грибов проводились под руководством Я.П. Цинковского в Институте биологии Латвийской Академии наук, Э.З. Коваль – в Институте микробиологии Академии наук Украины, в Аджарском филиале ВНИИ фитопатологии и в Сибирском НИИ земледелия и химизации. К сожалению, к настоящему времени в России остался лишь один коллектив исследователей под руководством Э.Г. Ворониной (ВИЗР), продолжающий активно заниматься изучением данной группы патогенов.

В 1901 г. Ишивата описал заболевание («sotto») тутового шелкопряда, а также изолировал возбудителя. В 1911 г. Берлинер из личинок среднеземноморской мучной моли *Anagasta kuehniella* изолировал аналогичные микроорганизмы и в 1915 г. идентифицировал и описал его как *Bacillus thuringiensis*. Также в 1915 г. Аоки и Чигасаки опубликовали в Японии детальное описание микроорганизма Ишиваты и назвали его *Bacillus sotto*. В 1929 г. русские ученые В. Шорин и С.И. Метальников, работающие во Франции, установили патогенность *Bacillus thuringiensis*, выделенной Берлинером, для трех разных видов насекомых и на основании полученных результатов пришли к заключению, что *Bacillus thuringiensis* патогенна только для насекомых из отряда Lepidoptera. На основании проведенных исследований С.И. Метальников с сотрудниками начали опытные обработки хлопчатника и виноградников этими микроорганизмами на юге Франции и ее колониях, а также в Египте и Швейцарии. Полученные положительные результаты позволили разработать биопрепарат «Фроспор», который производился во Франции.

В СССР бактериальными болезнями насекомых впервые начал заниматься В.П. Поспелов, под его руководством в 30–40-х годах проводились испытания некоторых энтомопатогенных бактерий на саранче, озимой совке и вредителях капусты. В 50-е годы в Ленинграде во время эпизоотии гусениц *Galleria melonella* была выделена культура бактерий *B. cereus* var. *thuringiensis*, в настоящее время известная как *B. thuringiensis* ssp. *galleria*. На основании исследований группы ученых (О.И. Швецовой, Э.Р. Зурабовой, А.Я. Лесковой, Н.П. Исакова, Н.С. Федоринчика) в 1955 г. было обеспечено получение первых образцов отечественного бактериального препарата «Энтобактерин». В дальнейшем после успешных полевых испытаний разработан технологический регламент получения биопрепарата в заводских условиях. Массовое производство энтобактерина было

начато в 1963 г. на Бердском заводе биопрепаратов в Новосибирской области.

В 1949 г. Е.В. Талалаев сообщил о выделении в очаге массового размножения сибирского шелкопряда энтомопатогенной бактерии *B. dendrolimus* впоследствии отнесенной к *B. thuringiensis ssp. dendrolimus* (по современной классификации – *B. thuringiensis ssp. sotto*). В 1953 г. был разработан биопрепарат «Дендробацилин» на основе данной бактерии, и в 1958 г. Первый Московский завод биопрепаратов подготовил опытную партию биопрепарата для широких испытаний. Массовое производство препарата также было организовано на Бердском заводе.

Позднее были созданы другие отечественные бактериальные препараты. Это «Инсектин», разработанный под руководством А.Б. Гукасяна, «Битоксибациллин» – под руководством Н.В. Кандыбина, «Гомелин» – под руководством Л.Т. Крушева, «Лепидоцид» – под руководством Э.Р. Зурабовой.

Первое упоминание о вирусном заболевании насекомых относится к гусеницам шелкопряда-монашенки *Lymantria monacha* в местах значительных повреждений леса Европы в 1889 и 1892 гг. Вирусное заболевание шелкопряда-монашенки («верхушечная болезнь») привлекает внимание многих ученых. Предпринимаются попытки по использованию этого заболевания для снижения численности вредителей леса. Так, Я. Ружичка получил положительные результаты по распространению вирусного заболевания в природной популяции монашенки. В конце 40-х годов широкое использование вирусов в целях борьбы с вредителями люцерны было проведено в США Э. Штейнхаузом и К. Томсоном.

В 1926 г. в России В.П. Поспелов исследовал больных полиэдрозом гусениц шелкопряда-монашенки *Lymantria monacha* и выделил из них симбиотические дрожжи *Debaryomyces tyrocola*. Скармливание дрожжей гусеницам провоцировало заболевание полиэдрозом. Кроме того, в ряде случаев была установлена возможность стимуляции полиэдроза мюскардиной. Позднее под руководством В.П. Поспелова были организованы массовые обследования популяций насекомых на предмет выявления вирусных заболеваний. В результате исследований О.И. Швецовой, Е.В. Орловской, А.С. Симоновой, Т.А. Шехуриной были выделены десятки энтомопатогенных вирусов преимущественно у чешуекрылых. Е.В. Орловской предложены два способа использования вирусов против насекомых – вредителей лесного и сельского хозяйства: интродукция вирусов в очаг размножения насекомых и применение как «живых инсектицидов». На основе различных штаммов вирусов ядерного полиэдроза капустной совки и непарного шелкопряда Е.В. Орловской были составлены

лабораторные регламенты первых отечественных вирусных энтомопатогенных препаратов «Вирин-ЭКС» и «Вирин-ЭНШ». О.И. Швецовой из популяции серой зерновой совки в Казахстане выявлен вирус гранулеза, периодически вызывающий эпизоотии этого вредителя. В дальнейшем уровень зараженности гранулезом использовался для прогноза численности фитофага.

В конце 50-х – начале 60-х гг. новосибирские ученые начали активную работу по выделению из природных популяций вирусов насекомых и практическому их использованию. Так, В.П. Лукьянчиков выделил вирус гранулеза сибирского шелкопряда. Группой ученых под руководством Н.Н. Воробьевой идентифицированы десятки местных штаммов вирусов – возбудителей болезней насекомых – вредителей сельского и лесного хозяйства. Результаты этих исследований обобщены в монографии Н.Н. Воробьевой. Разработаны вирусные препараты против рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer*) и сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus*), а позднее против шелкопряда-монашенки (*Lymantria monacha*).

История изучения микроспоридий насчитывает более полутора веков и делится на четыре этапа, различающиеся уровнем используемых методик и аппаратуры. Свыше сорока лет, с момента их первого упоминания С. Глюге и до появления работы Е. Бальбиани, публиковались сообщения о находках микроспоридий у различных животных: рыб, членистоногих, нематод и насекомых, особенно у тутового шелкопряда *Bombyx mori*.

Уже на раннем этапе изучения микроспоридий их огромное отрицательное значение привело к постановке экспериментальных исследований биологии и взаимоотношений этих паразитов с тутовым шелкопрядом. После выявления пероральной и трансвариальной передачи паразитов Л. Пастером были разработаны научно обоснованные меры профилактики микроспориidioза на выкормках тутового шелкопряда, сократившие потери шелководства.

К реализации идеи практического использования микроспоридий в борьбе с насекомыми сельскохозяйственного, медицинского и ветеринарного значения одним из первых приступил ученик О. Ировца – чешский исследователь Я. Вейзер. В 50-е гг. идея практического применения микроспоридий привлекла к этой группе паразитов широкий круг исследователей, что нашло выражение в описании многих новых видов, их жизненных циклов и особенностей взаимоотношений с животными-хозяевами. Этот же период характерен первыми удачными полевыми экспериментами с внесением спор микроспоридий в естественный биоценоз для снижения численности американской белой бабочки *Hyphantria cunea*, непарного шелкопряда *Lymantria dispar*, златогузки *Euproctis chrysorrhoea*.

В нашей стране в этот период публикации по микроспоридиям были единичными. Исключением были два вида – *Nosema apis* из медоносной пчелы и *Nosema bombycis* из тутового шелкопряда, по которым публиковалось много работ, касающихся в основном профилактики вызываемых ими заболеваний.

С конца 50-х гг. начался третий этап микроспоридиологии, характеризующийся интенсивными электронно-микроскопическими исследованиями тонкого строения стадий жизненного цикла. В этот период впервые был создан промышленный препарат на основе микроспоридий для борьбы с прямокрылыми насекомыми. В нашей стране были начаты широкие плановые исследования микроспоридий насекомых сельскохозяйственного, медицинского и ветеринарного значения, а также многих гидробионтов, служащих кормовой базой для рыб.

В 1957 г. организовано Сибирское отделение Академии наук СССР, что послужило основой для развертывания исследований сибирских ученых в области инфекционной патологии насекомых и разработки методов микробиологического контроля вредителей лесного и сельского хозяйства. В составе Биологического института (ныне Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН)) под руководством В.И. Полтева в 1958 г. создана лаборатория микробиологии насекомых. К тому времени В.И. Полтевым был выполнен ряд работ по патологии медоносных пчел. В первое десятилетие существования лаборатории проведены детальные исследования микрофлоры больных и здоровых насекомых, в первую очередь сибирского шелкопряда. Впоследствии эти исследования были продолжены А.Б. Гукасяном в Красноярске в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО АН СССР. Одновременно в Биологическом институте начала работать группа по изучению энтомопатогенных вирусов, поражающих насекомых Сибири. По инициативе В.И. Полтева эта группа в 1964 г. преобразована в лабораторию вирусологии, первым руководителем которой была Н.Н. Воробьева. Сотрудник лаборатории В.В. Гулий в 1971 г. организовал лабораторию биометода в Институте химизации сельского хозяйства СО ВАСХНИЛ. В 1998 г. лаборатории микробиологии и вирусологии ИСиЭЖ СО РАН объединяются и формируется лаборатория патологии насекомых.

В 1956 г. была создана Международная Комиссия биологической борьбы, которая способствовала созданию новых лабораторий и институтов по изучению болезней насекомых во Франции, Германии, Швейцарии и т.д. С этого года в программах международных энтомологических и микробиологических конгрессов появились секции патологии насекомых.

В 1971 г. на основе существующей Комиссии создана Международная организация по биологической борьбе с вредными организмами (МОББ). В ее состав входит несколько секций по географическому признаку. По инициативе ученых из стран Восточной Европы в 1977 г. организована Восточно-палеарктическая секция, секретариат которой находится в Москве. Участие в деятельности МОББ позволяет получать научно-техническую информацию об исследованиях в виде трудов совещаний и симпозиумов, а также периодические издания (Информационный бюллетень МОББ). Кроме того, в 1967 г. создано Международное научное общество патологии беспозвоночных, издающее и по сей день периодические издания «Journal of invertebrate pathology» и «News week».

К настоящему времени развитие сети научных учреждений, занимающихся вопросами патологии насекомых, обеспечило разработку методов микробиологической регуляции численности различных видов насекомых.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Микробиологический метод основан на использовании микроорганизмов для борьбы с вредителями леса в период их массового размножения или для сдерживания нарастания численности популяций в первой и начале второй фазы градации.

Насекомые, подобно другим животным, подвержены инфекционным заболеваниям, возбудителями которых являются вирусы, бактерии, грибы, простейшие и др. Всех возбудителей инфекционных болезней насекомых называют **энтомопатогенами**.

В зависимости от типа возбудителя, болезни могут носить острый характер, при котором инфекция быстро распространяется среди особей популяции, вызывая их массовую гибель или хронический характер, при котором происходит постепенное отмирание насекомых.

Острое протекание болезни происходит при высокой плотности популяции насекомых, когда возбудитель активно распространяется среди восприимчивых особей в очагах массового размножения. Такой тип болезни называется **эпизоотией**. Инфекции, не зависящие от плотности насекомых, называются **энзоотиями**. Энзоотии – хронические инфекции, вызывающие заболевание и гибель отдельных особей в популяциях, они не регулируют численность насекомых, но могут снижать их фактическую плотность и поэтому сдерживать периодические колебания популяций.

Энзоотии, как правило, переходят в эпизоотии на высоком уровне численности популяции насекомых, когда она физиологически осложнена неблагоприятными факторами: голодом, не соответствием кормового субстрата, аномальными отклонениями погоды и др.

При искусственном инфицировании, когда лесные насаждения обрабатываются биопрепаратами, содержащими возбудителей, инфекция действует как токсический фактор.

Впервые в мировой практике опыты с энтомопатогенными микроорганизмами были поставлены русским микробиологом И.И. Мечниковым (1879). В широких полевых опытах был использован гриб *Metarrhizium anisoplia* для борьбы с хлебным жуком-кузьмой. В тридцатых годах XX века академик В.П. Поспелов разработал наиболее важные теоретические положения по использованию микроорганизмов для биологической борьбы с вредными насекомыми. Большой вклад в знание болезней насекомых и практического применения был сделан в разные годы учеными России, США, Чехии, Франции, Украины, Японии, Германии и др. Результаты исследований ученых привели к установлению основных принципов микробиологической борьбы.

Для борьбы с насекомыми-вредителями могут использоваться облигатные и факультативные патогены, отвечающие определенным требованиям.

1. Они должны быть безопасны для человека и животных.
2. Должны быть высоковирулентными для насекомого-мишени, легко распространяться в его популяции, вызывать высокую смертность особей.
3. Патологический процесс должен развиваться быстро, чтобы насекомое до прекращения питания или гибели не успевало нанести серьезного ущерба растениям.
4. Производство энтомопатогенов должно быть экономичным, при хранении они не должны терять жизнеспособности и вирулентности.

Для того чтобы эти требования выполнялись, надо точно знать особенности развития вида – мишени и его узкий уязвимый период, когда применение точно выбранного энтомопатогена приведет к максимальной эффективности борьбы.

## БОЛЕЗНИ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ

Инфекционные болезни играют большую роль в динамике численности лесных насекомых. Анализ вспышек массового размножения хвое- и листогрызущих чешуекрылых и пилильщиков показывает, что эпизоотии

часто являются решающим фактором затухания вспышек этих вредителей.

Особенно остро эпизоотии проявляются в условиях континентального климата, подверженного частым и резким колебаниям.

Согласно большинству накопленных в настоящее время данных, развитие эпизоотий среди лесных насекомых стимулируется ростом плотности популяции, при котором энтомопатогенный агент быстро распространяется среди восприимчивых особей. При высокой численности вредителей создаются неблагоприятные трофические условия, связанные с голоданием насекомых и питанием малопригодным кормом. Это приводит к физиологическому ослаблению организма, повышению восприимчивости к патогенным микроорганизмам, находящимся во внешней среде или активации латентной (скрытой) инфекции, циркулирующей в популяциях фитофагов.

Пути распространения возбудителей болезней насекомых разнообразны. Теоретически инфекцию может перенести любой фактор, движущийся через популяцию, что обеспечивает постоянное взаимодействие насекомого-хозяина и возбудителя болезни.

Переносчиками инфекции могут быть абиотические и биотические факторы в биотопе. Ветер и дождевые потоки могут переносить на большие расстояния больных насекомых, разлагающиеся трупы и экскременты больных насекомых, содержащие инфекцию. Хищники и паразиты, контактирующие с больными насекомыми, разносят инфекцию на загрязненных лапках, ротовых частях, яйцекладах. Позвоночные животные, особенно птицы, питающиеся насекомыми, переносят инфекцию на значительные расстояния. Вирусы и микроспоридии, прошедшие через пищеварительный тракт животных, сохраняют свою инфекционность. Механизмы передачи инфекции могут быть связаны с поведенческими реакциями насекомых.

В зависимости от типа болезни ее инфекционность может сохраняться от нескольких недель до нескольких лет.

Инфекционными болезнями в большинстве случаев поражаются личиночные фазы развития насекомых, при некоторых грибных заболеваниях болезнь может развиваться и на других стадиях их развития.

Болезни разных типов характеризуются специфическими симптомами. Наиболее четко эти симптомы проявляются перед гибелью или сразу после гибели насекомых, т. к. развивающаяся вскоре сапрофитная флора маскирует действительные признаки. Для точной диагностики проводят специальный микроскопический анализ погибших насекомых. При этом в зависимости от поставленной задачи используют методы световой, элек-

тронной, сканирующей микроскопии, иммунологические и биофизические методы.

### **Вирусные болезни лесных насекомых**

Вирусы – это простейшие неклеточные формы жизни, паразитирующие на молекулярно-генетическом аппарате в клетках хозяина. Вся многообразная группа вирусов выделена в самостоятельное царство *Vira*.

Первооткрывателем вирусов является русский ученый Д.И. Ивановский (90-е годы XIX в.). Он первый доказал, что вирусы обладают способностью к самовоспроизводству, т. е. репликации, являются облигатными паразитами, размножаются только в живых клетках восприимчивого организма, обладают резко выраженными инфекционными и болезнетворными свойствами.

Вирусы насекомых или энтомопатогенные вирусы – это узкоспециализированная группа клеточных паразитов, приспособленных только к насекомым и обладающих рядом свойств, которые отличают их от остальных групп вирусов.

Одним из важных свойств большинства вирусов насекомых является способность в конечном процессе развития образовывать тельца-включения (инклюзии) в виде белкового матрикса, в котором заключаются зрелые вирионы-носители инфекционного начала. Вирионы – это конечная стадия развития вируса, содержащая генетический материал в виде нуклеиновых кислот – двуспиральной ДНК или одонитчатой РНК.

Вирион – главная вирусная субстанция, передающая генетическую информацию новому поколению вирусов.

Вирионы могут быть палочковидной, сферической, изометрической или прямоугольной формы, они окружены одной или двумя белковыми оболочками – капсидами. Форма вириона является одним из критериев, который используется в классификации вирусов.

Белковые тельца-включения (инклюзии) могут иметь форму многогранников – полиэдров, овальную форму – гранулы. Некоторые вирусы инклюзий не образуют.

Местом репликации вируса в организме насекомого могут быть ядра или цитоплазма клеток. Местом локализации вирусов могут быть различные органы и ткани организма насекомого.

Форма инклюзий и тканевый тропизм также являются критериями, используемыми в классификации вирусов и диагностики вирусных болезней.

Полиэдры и гранулы, в которых заключены вирионы, надежно защищают последних от неблагоприятных факторов внешней среды и способствуют длительному сохранению и распространению вирусов. Вирионы в полиэдрах расположены пучками или одиночно, в гранулах, как правило, только один вирион. Сами полиэдры и гранулы устойчивы к температурным, механическим воздействиям, не растворяются в воде и, находясь вне организма хозяина, могут длительное время сохранять физико-химические свойства.

В зависимости от формы и локализации инклюзий вирусные болезни называют **полиэдромами** и **гранулезами**.

Если вирус развивается в ядрах клеток различных органов и тканей насекомого – болезнь называется **ядерным полиэдрозом общего типа**. Если вирус развивается в ядрах клеток эпителия средней кишки – болезнь называется **ядерным полиэдрозом кишечного типа**. Если репликация вируса происходит в цитоплазме клеток хозяина – болезнь носит название **цитоплазматический полиэдроз**. Названия других вирусных болезней основываются на иных признаках, например радужные болезни, характеризуются тем, что вирионы в процессе развития образуют паракристаллические скопления, в которых происходит дифракция видимого света, дающая эффект радужного свечения пораженных тканей насекомого.

Вирусы, размножающиеся в клетках организма насекомых, которые содержат ДНК входят в семейства *Baculoviridae*, *Poxviridae*, *Iridoviridae*, *Parvoviridae*, содержащие РНК входят в состав семейств *Reoviridae* и *Picornaviridae*.

**Сем. *Baculoviridae*** (бакуловирусы) или палочковидные название получили за палочковидную форму вирионов (от греч. «Бакулум» – палочка).

По морфологии включений (инклюзий) бакуловирусы делят на две группы: А – возбудители ядерных полиэдрозов, В – возбудители гранулезов.

**Сем. *Poxviridae*** (Поксвириды или оспа насекомых).

Вирусы оспы насекомых входят в род *Entomopoxivirus*. Эта группа вирусов имеет большое сходство с вирусами оспы животных. Семейство объединяет самые крупные из известных форм вирусов. Белковые включения (инклюзии) ромбической и веретеновидной формы размером 1–12 мкм. Каждое включение содержит несколько десятков вирионов.

**Сем. *Iridoviridae*** (Радужные вирусы).

Неинкапсулированные (не образующие телец-включений). Вирусы самопроизвольно кристаллизуются внутри живого насекомого, собираясь в правильную геометрическую форму. Благодаря дифракции и отраже-

нию видимого света от граней кристаллических упаковок вирионов, создается эффект радужного свечения пораженных тканей от оранжевого до сине-зеленого и фиолетового оттенков. Вирионы имеют форму икосаэдров (сферическая форма) диаметром 20–120 нм.

**Сем. Reoviridae** (Реовириды, возбудители цитоплазматического полиэдроза).

В состав семейства входят несколько родов, представители которых паразитируют на животных и растениях. Возбудители цитоплазматических полиэдрозов входят в род *Reovirus*.

В цитоплазме чувствительных клеток эпителия средней кишки формируются полиэдры разнообразной формы, чаще в форме куба, октаэдра, икосаэдра, ромбододекаэдра. Диаметр полиэдров 0,3-15 мкм. Вирионы сферической формы 30–60 нм, включены в полиэдры поодиночке.

**Сем. Parvoviridae** (Парвовириды, возбудители Денсонуклеоза).

В состав семейства входят несколько родов вирусов позвоночных животных и род *Densovirus*, представители которого вызывают денсонуклеоз или болезнь плотных ядер у насекомых.

Развиваются в ядрах клеток жировой ткани, могут поражать и ядра клеток других органов. Вирионы представляют собой изометрические, лишенные оболочки частицы, 20–23 нм в диаметре.

**Сем. Picornaviridae** (Пикорнавириды, возбудители вирусного паралича насекомых).

В это семейство входят вирусы, вызывающие болезни человека и животных. Вирусы, вызывающие болезнь насекомых, входят только в один род *Enterovirus*. Поражают клетки кишечника насекомых, клетки мышц, эпителий трахей и др. Вызывают острый паралич насекомых. Вирионы представляют собой изометрические частицы икосаэдрической формы диаметром 20–30 нм.

### **Симптомы и патогенез вирусных болезней насекомых**

Вирусные болезни типа полиэдрозов и гранулезов известны лишь среди насекомых. Эти болезни наиболее широко распространены в популяциях лесных чешуекрылых и пилильщиков. Вирусы, относящиеся к сем. *Vasculoviridae*, характеризуются исключительной специфичностью к своему видовому хозяину, и являются наиболее перспективными.

Формы взаимодействия вируса с организмом хозяина могут быть двух главных типов, в зависимости от продолжительности пребывания вируса в организме и популяции насекомого.

**Первый тип** взаимодействия отличается непродолжительным пребыванием вируса в организме и, как правило, вызывает острый инфекцион-

ный процесс с коротким инкубационным периодом и последующим развитием характерных для данного возбудителя симптомов заболевания. Острая инфекция насекомого заканчивается его гибелью. Из погибших насекомых вирус выходит в окружающую среду и распространяется в популяции хозяина, заражая восприимчивых особей. В биотопе вирус может долго сохраняться, месяцами и даже годами, надежно защищенный полиэдрами или гранулами, пока вновь не попадет в организм хозяина.

**Второй тип** взаимодействия характеризуется длительным пребыванием в организме и в популяции хозяина – персистенцией. В этом случае вирус находится в неактивном состоянии, так называемой латентной форме, и передается в популяции от родителей к потомству. Механизм передачи довольно сложный.

**Трансгенерационная передача** вируса может осуществляться чаще всего через инфицированные яйца самок-вирусоносителей – **трансовариальная** передача, или через другие клеточные структуры: **транспермально, трансгенно**.

Латентный вирус может продолжительное время циркулировать в популяции насекомых, переходя из поколения в поколение, пока не будет активирован какими-либо стрессовыми для хозяина факторами. Этими факторами могут быть аномальные отклонения погоды, чаще всего засуха, голодание, питание неподходящим кормом, конкуренция за пространство, инфекция другой этиологии и т. д. Обычно такое состояние наблюдается во время вспышки массового размножения, когда популяция переходит в кульминационную фазу градационного цикла.

В этих случаях латентная форма вируса, которая существовала в клетках хозяина в виде субвирусных структур, переходит в активную форму, индуцируя интенсивную вирусную продукцию, при которой развивается эпизоотический процесс, и насекомые в массе гибнут, происходит затухание вспышки.

Чаще всего по этой схеме у лесных насекомых развиваются ядерные полиэдрозы общего и кишечного типов. Поражаются болезнью личиночные фазы развития. Заражение происходит при попадании вируса в кишечник гусениц вместе с кормом (**пероральный путь**, «рег ог» греч. – через рот). Передачи инфекции за счет контакта больных и здоровых особей не происходит. Естественное загрязнение вирусом окружающей среды и кормового субстрата идет за счет высвобождения патогена при разложении погибших от болезни насекомых. Дальнейшему распространению вируса способствуют абиотические факторы (дождь, ветер), миграции зараженных хозяев и разнос инфекционного материала энтомофагами (сарко-

фагидами, тахинами, наездниками), птицами и грызунами, которые поедают больных гусениц. При этом вирус, проходя через кишечник этих животных без ущерба инфекционным свойствам, выводится наружу с экскрементами, зачастую на большом расстоянии от мест питания. Вне организма хозяина вирус сохраняет свою активность даже при неблагоприятных внешних условиях. Влажность, сухость, низкие температуры зимой не оказывают на них отрицательного влияния. Однако ультрафиолетовое излучение солнца и высокие температуры инактивируют вирус.

### **Ядерный полиэдроз общего типа**

Возбудителем болезни являются бакуловирусы. Для каждого вида чешуекрылого насекомого свойственен свой собственный специфичный видовой вирус. Например *Baculovirus reprimens* – специфичен только непарному шелкопряду, *B. stlplnotia* – ивовой волнянке, *B. neustria* – кольчатому коконопряду и т.д. К настоящему времени насчитывается более 100 видов чешуекрылых – хозяев этой группы возбудителей полиэдрозов общего типа. При попадании в кишечник гусениц полиэдры под воздействием щелочного кишечного сока, главным образом под действием протеолитических ферментов растворяются, высвобождая вирионы. Вирионы в кишечнике распадаются на мелкие частицы – «провирусы», которые проникают сквозь стенки средней кишки в полость тела, разносятся гемолимфой по всему телу и проникают в восприимчивые ткани различных органов. Обычно поражаются клетки жирового тела, эпителий трахей, гиподерма, нервные клетки, гонады, придаточные железы к мальпигиевым сосудам, мышечная ткань. В течение не более 12 часов после инфицирования происходит внедрение вирусных частиц в клетку – голые частицы вируса прикрепляются к мембране ядра в области поры. Затем вирус проникает в ядро, где происходит его быстрый рост и размножение за счет хроматина и других компонентов ядра. Уже через 24–26 часов после инфицирования наблюдается гипертрофия ядер и образование многочисленных голых вирусных палочек. В дальнейшем вирионы одеваются мембранами. Часть вирионов перемещается в образовавшуюся в ядре вирусную строму, где происходит формирование полиэдров, в которые включаются созревшие вирионы. Заполнив все ядро, полиэдры разрывают его оболочку и выходят сначала в цитоплазму гипертрофированных клеток и по мере их разрушения попадают в полость тела. Вирионы, не включившиеся в полиэдры, разносятся током гемолимфы и инфицируют интактные клетки. Процесс патогенеза обычно составляет 3–12 дней, варьируя в зависимости от возраста гусениц, дозы вируса, температуры окружающей среды. Патогенез заканчивается гибелью гусениц, к этому моменту все инфици-

рованные клетки разрушаются. Внутренние органы и ткани лизируются, превращаясь в беловато-желтоватую жидкость, содержащую большое количество вирусных включений. Образовавшаяся жидкость запаха не имеет. И это является одним из предварительных диагностических признаков вирусного заболевания. В дальнейшем в трупах насекомых будет развиваться сапрофитная флора и появится гнилостный запах.

Внешние симптомы заболевания однотипны и связаны прежде всего со снижением интенсивности питания, замедленностью движений, изменением окраски и состоянием покровов насекомых. В связи с быстрой репродукцией вирусов в клетках гиподермы, приводящей к ее разрушению, покровы тела личинок истончаются и при незначительных механических воздействиях разрываются, что сопровождается выделением гемолимфы и других разрушенных тканей, содержащих массу полиэдров. Особенно хорошо заметны внешние признаки ядерного полиэдроза у гусениц, не имеющих густого волосяного покрова (пяденицы, листовертки, совки, моли).

При типичном ядерном полиэдрозе, не осложненном развитием бактериоза, тело гусениц перед гибелью приобретает молочно-белый цвет. Это связано с тем, что клетки, подстилающие кутикулу, жировая ткань и гемоциты, заполненные беловатыми полиэдрами, просвечивают через истонченные покровы личинок. У гусениц, имеющих густые волоски и бородавки на коже, внешние изменения покровов менее характерны.

В наибольшей степени к вирусам ядерного полиэдроза чувствительны гусеницы младших возрастов. Гусеницы первого возраста легко заражаются даже небольшими дозами возбудителя, всего несколько полиэдров на одну гусеницу. Для заражения гусениц второго возраста требуется уже несколько сотен полиэдров на особь. Повышение устойчивости личинок насекомых к возбудителям ядерного полиэдроза с возрастом — явление универсальное и относится ко всем исследованным видам. Насекомые в фазе предкуколки, куколки и имаго характеризуются относительно высоким уровнем устойчивости к заражению. Больные ядерным полиэдрозом личинки, как правило, погибают. В природе они повисают головами вниз, прикрепившись к субстрату ложными ногами. В некоторых случаях, особенно при заражении гусениц старших возрастов, у насекомых осуществляются процессы метаморфоза и появляются имаго. Однако на различных этапах метаморфоза и у взрослых особей наблюдаются различные аномалии. Особенно часто встречается незавершенность в развитии куколки. Появляются формы, сочетающие в себе признаки личинки и куколки, бабочки могут быть с деформированными крыльями, ассиметричной грудью и брюшком. Самки выходят бесплодными, или не способными от-

кладывать яйца в свойственные им места, что приводит к гибели потомства.

Больные самцы не способны к активному полету и отысканию самок. Воздействие вирусов – возбудителей ядерного полиэдроза столь губительно, что после прошедших эпизоотий в популяциях насекомых в течение многих лет наблюдаются глубокие депрессии, характеризующиеся минимальной численностью особей.

### **Ядерный полиэдроз кишечного типа**

Ядерные полиэдрозы кишечного типа обнаружены к настоящему времени только у личинок хвойных пилильщиков (*Diprionidae*) и собственно пилильщиков (*Tenthredinidae*).

Вирусы возбудители ядерных кишечных полиэдрозов как и возбудители ядерных полиэдрозов общего типа относятся к семейству *Baculoviridae*. Полиэдры правильной формы, обычно со сглаженными углами и ребрами, часто близки к шарообразной форме. Палочковидные вирионы расположены в белковом матриксе полиэдра одиночно.

Развитие вируса кишечного полиэдроза у личинок пилильщиков происходит только в ядрах эпителиальных клеток средней кишки. Уже через 24 часа после инфицирования ядра клеток заметно гипертрофируются, через 35–40 часов в ядре формируются вирусные включения. Созревшие полиэдры, накапливаясь в массе в ядре, разрывают ядерную оболочку и выходят в цитоплазму клетки, по мере разрушения клеточной оболочки попадают в просвет кишечника и выводятся наружу с экскрементами. По мере развития болезни большая часть эпителиальных клеток разрушается, в кишечнике накапливается молочно-белая жидкость, содержащая массу полиэдров, которая вытекает из ануса и отрывается из ротового отверстия. Разрушение стенок кишечника приводит к попаданию вирусных включений в гемоцель. Одновременно с этим у насекомых быстро развивается септицемия и они погибают. На 5-й день после инфицирования диаметр клеток жирового тела значительно уменьшается за счет резкого сокращения липидов, поскольку личинки по мере развития болезни прекращают питание.

Существенные изменения претерпевают клетки гемолимфы. Происходит резкое уменьшение количества гемоцитов и нарастание числа отмирающих и мертвых клеток. Быстрое развитие болезни и гибель личинок происходят в младших возрастах. При инфицировании личинок старших возрастов процессы гистолиза, происходящие при метаморфозах, не благоприятствуют развитию заболевания и насекомые могут достичь фазы имаго. У больных личинок старшего возраста перед превраще-

нием в пронимфу пораженные вирусом клетки эпителия средней кишки отторгаются и попадают в просвет кишечника. Вирус может попасть в полость тела в ходе морфологических перестроек пищеварительного аппарата. В таких случаях на различных участках грудных и брюшных сегментов пронимфы, куколок и имаго скапливаются разрушенные эпителиальные клетки средней кишки, наполненные полиэдрами, клеточными фрагментами и даже остатками пищи. Эти образования инкапсулируются гемоцитами и имеют вид опухолей. Иногда опухолевидные образования локализируются в брюшной полости и нередко просматриваются через хитин,

Внешние симптомы заболевания личинок пилильщиков кишечным полиэдрозом хорошо заметны. Личинки прекращают питание, теряют активность. В области брюшных сегментов появляется молочно-белая окраска. Из рта и ануса вытекает жидкость, которая высыхая, прикрепляет погибших личинок к субстрату. В острый период болезни вытекающая из личинок жидкость оставляет на листьях или хвое белый след. Жидкость содержит огромное количество полиэдров, инфицируя среду и заражая здоровых личинок, питающихся загрязненным вирусом кормом.

При попадании вируса в организм насекомого инкубационный период болезни длится от 3 до 15 дней. Большое влияние на скорость развития инфекционного процесса оказывают доза вируса, возраст личинок и температура окружающей среды.

Вирусы – возбудители кишечных полиэдрозов у пилильщиков вызывают остро протекающие эпизоотии и поэтому могут считаться перспективными агентами биологической борьбы. Особенно часто эпизоотии наблюдают у соснового рыжего пилильщика. Они возникают как при естественном ходе градации вредителя в период кульминации вспышки, так и при применении вирусного препарата «Вирин-диприон», выпускаемого отечественной промышленностью.

### Гранулез

Вирусы – возбудители гранулезов относятся к сем. Baculoviridae. Строение и размеры палочковидных вирионов такое же, как и у возбудителей ядерных полиэдрозов. Морфологические различия только в строении включений (инклюзий) – в виде овальных телец-гранул, в которые заключаются по одному, реже по два, слегка изогнутых вириона.

Гранулезом болеют только гусеницы чешуекрылых. Заражение происходит пероральным путем. Попадая в кишечник гусениц, гранулы растворяются, высвобождая вирионы, которые в свою очередь распадаются на мельчайшие фрагменты и через мембрану средней кишки проникают в

полость тела. Гемолимфой вирусные частички разносятся по всему организму и через микроворсинки проникают в цитоплазму и ядра клеток жирового тела, трахеального матрикса, гемоцитов. Уже через 24 часа после инфицирования происходит гипертрофия ядер и изменения в околоядерных участках цитоплазмы клеток. На конечных этапах инфекционного процесса в тканях обнаруживаются клетки, находящиеся на различных стадиях патологии. Отдельные клетки теряют цитоплазму, а ядра, увеличенные в 2–6 раз, разрыхляются.

Внешние признаки развития гранулеза сходны с признаками заболевания ядерным полиэдрозом. Наблюдается вялость реакций, отсутствие аппетита или прекращение питания. Цвет кутикулы изменяется и становится молочно-белым, иногда с розовым оттенком. В большинстве случаев наблюдается отставание в росте и резкое проявление сегментации.

Цвет гемолимфы изменяется от зеленого прозрачного до мутного молочно-белого. Гусеницы, погибшие от гранулеза, остаются на растении, на котором кормились, приклеившись жидкими выделениями, чаще всего головой вниз.

Покровы больных гусениц истончаются и легко разрываются, наружу вытекает разжиженное содержимое, в котором заключено огромное количество гранул.

Среди лесных вредителей гранулез наиболее хорошо изучен у сибирского шелкопряда.

На основе вируса гранулеза сибирского шелкопряда производят вирусный препарат «Вирин-ГСШ».

Кроме сибирского шелкопряда вирусы гранулеза обнаружены у шишковой огневки и ржавой кисточки.

### **Цитоплазматический полиэдроз**

Возбудители цитоплазматического полиэдроза относятся к отдельному роду реовирусов – *Reovirus* в семействе Reoviridae. Тип нуклеиновой кислоты вирионов – РНК. Вирус размножается только в цитоплазме эпителиальных клеток кишечника гусениц чешуекрылых. Некоторые авторы указывают на развитие этой болезни у личинок двукрылых и перепончатокрылых.

Вирусы цитоплазматического полиэдроза обладают меньшей специфичностью, чем вирусы ядерного полиэдроза и гранулеза. Они способны к межвидовой и межсемейственной перекрестной зараженности. В природе эпизоотии цитоплазматического полиэдроза редко проявляются в острой форме, как при ядерном полиэдрозе. Чаще заболевание носит хронический характер, когда в популяции вредителя присутствует не-

значительное число больных особей, которые могут постоянно элиминироваться под действием каких-либо факторов и регулировать численность хозяина.

Полиэдры реовирусов сильно варьируют по размерам и форме. Размеры полиэдров зависят от участка и величины клеток, от возраста гусениц и собственного возраста. Молодые полиэдры иногда в десятки раз мельче зрелых. Белок полиэдров цитоплазматических вирусов по своему составу отличается от белка ядерных полиэдров.

На последних этапах развития инфекционного процесса весь средний отдел кишечника гипертрофируется, приобретает белый цвет за счет переполнения массой полиэдров. Стенки клеток лопаются, и полиэдры попадают в просвет кишечника. Для пораженных цитоплазматическим вирусом гусениц характерны экскременты неестественного известково-белого цвета. Разжиженные выделения из ануса образуют большие беловатозеленые пробки, закрывающие анальное отверстие гусениц. При разрушении средней кишки жидкость с вирусами попадает в передний отдел кишечника и выделяется из ротового отверстия. В зависимости от вида насекомого и возраста гусениц процесс патогенеза может затягиваться до 40 дней. И все это время выделения гусениц инфицируют окружающую среду, являясь источником заражения здоровых особей. Больные гусеницы истощаются, поскольку не могут нормально питаться, постепенно их тела ссыхаются, и остаются приклеенными выделяемой жидкостью к субстрату или осыпаются под кронами дерева и легко распознаются по мумифицированному телу с торчащими из ануса белыми пробками.

Для целей биологической защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых вирусы цитоплазматического полиэдроза могут быть значительными регуляторами их численности. Обладая достаточно широким спектром инфекционности, эти вирусы могут успешно снижать численность вредителей, развивающихся в комплексе (например, пядениц и листоверток). При заражении, когда поражается кишечник, гусеницы быстро утрачивают пищевой рефлекс и не способны наносить серьезного ущерба насаждениям. Больные гусеницы длительное время инфицируют окружающую среду своими выделениями, которые становятся источниками перезаражения здоровых особей.

В таких странах, как Япония и Китай биологическую борьбу с сосновыми коконопрядами рода *Dendrolimus* проводят исключительно вирусными препаратами, основанными на цитоплазматических вирусах. Наиболее известным препаратом является «Мацукемин» японского производства, который широко используется для борьбы с *Dendrolimus spectabilis*.

### **Оспа насекомых**

Вирусы – возбудители оспы насекомых относятся к роду *Entomopoxvirus* сем. *Poxviridae*. Эти вирусы вызывают оспенные болезни примерно у 30 видов насекомых, из которых лесные виды – хозяева вирусов встречаются в разных отрядах и семействах: пластинчатоусые, пяденицы, древоточцы, листовертки, совки. Они также распространены среди саранчовых, пчелиных и некоторых мух. Несмотря на широкий круг хозяев, этот вид изучен слабо. В нашей стране специальные исследования оспенных болезней не проводились и в отечественной литературе практически нет сведений по этой группе инфекций.

Вирионы энтомопоксвирусов имеют сложное строение. У личинок майского хруща, например, они имеют вид овальных образований, размером 120–250 нм. На ультратонких срезах через вирион в электронном микроскопе просматривается почковидная сердцевина или «ядро», окруженное трехслойной оболочкой, и боковое тело, расположенное в боковой части «ядра». Геном энтомопоксвируса представляет собой высокомолекулярную молекулу ДНК. В процессе репродукции энтомопоксвирусов в чувствительных клетках зараженных насекомых обнаруживаются различные по форме включения (инклюзии): яйцевидные, веретеновидные и ромбические.

Отмирание гусениц длилось около 70 дней. Внешние признаки болезни связаны со снижением двигательной активности насекомых, потерей тургора, появлением на поверхности тела белых пятен различной конфигурации.

Развитие оспы у майского хруща происходит обычно в клетках жирового тела и в гемоцитах. При этом наблюдается гипертрофия ядра клетки. В цитоплазме жировые включения постепенно замещаются мелкими 0,7–1 мкм ромбовидными кристаллами, которые увеличиваются до 10–13 мкм и принимают овальную форму. Специфические изменения отмечаются также у куколок и имаго. Характерным внешним симптомом заболевания личинок хрущей является побеление и размягчение тканей. Развитие оспы у хруща происходит очень медленно, до нескольких месяцев.

Кроме указанных видов оспа обнаружена у зимней пяденицы, у дымчатой листовертки-толстушки, у садового хрущика.

### **Болезнь радужности**

Вирусы – возбудители болезни радужности относятся к семейству *Iridoviridae*, род *Iridovirus*. Болезнь поражает насекомых из отрядов чешуекрылых, двукрылых, клопов, жесткокрылых и перепончатокрылых.

Вирионы иридовирусов имеют форму икосаэдров размером 125–210 нм и более, белковая оболочка вириона формирует икосаэдр. Вирионы в процессе развития образуют паракристаллические скопления, в которых происходит дифракция видимого света, дающая эффект радужного свечения пораженных тканей и органов насекомого.

Радужные вирусы насекомых в отличие от вирусов ядерных и цитоплазматических полиэдрозов и оспы не образуют белковых включений (инклюзий). Зрелые вирионы являются последним этапом морфогенеза радужных вирусов.

Заболевание радужностью происходит при попадании вируса в организм насекомого через пищеварительный тракт. Из средней кишки инфекционная ДНК вирионов проникает в полость тела через перитрофическую мембрану кишечника и переносится гемолимфой к восприимчивым тканям. Наиболее активно вирус размножается в жировой ткани, но может развиваться также в клетках эпидермиса, трахеальном эпителии и имагинальных дисках. Инфицированные клетки через несколько дней гипертрофируются. Ядра клеток увеличиваются в 2–3 раза, цитоплазма заполняется вирусной массой.

Пораженные насекомые приобретают сине-голубую или розоватую иридесценцию. На теле личинок появляются молочно-белые или серые пятна различной конфигурации.

У больных насекомых при метаморфозе возникают различные уродства: деформируются крылья, конечности, имаго не могут освободиться от куколочной кутикулы.

### **Влияние факторов внешней среды на развитие вирусных болезней лесных насекомых**

Вирусы являются облигатными паразитами и развиваются в тесном контакте с организмом насекомого-хозяина. Поэтому при вирусной инфекции насекомых все факторы внешней среды, действующие на хозяина, действуют через его органы на паразита и на весь процесс патогенеза.

При использовании вирусов насекомых в качестве агентов биологической борьбы они становятся непосредственными объектами факторов внешней среды (температуры, солнечной радиации) и физиологического состояния хозяина. Необходимо поэтому учитывать степень воздействия этих факторов на сам вирус и в конечном итоге на развитие и интенсивность заболевания особей популяции. Оценкой влияния того или иного фактора является продолжительность инкубационного периода, среднее число дней до начала гибели гусениц и интенсивность их смертности.

Одним из наиболее мощных факторов, влияющих на течение вирусной инфекции, является температура окружающей среды. Как облигатные паразиты, вирусы лучше развиваются в условиях, близких к оптимальным для своего хозяина. Температура окружающей среды оказывает влияние как на внесенный в популяцию вирус при биологической борьбе, так и на активацию латентной инфекции у насекомых.

Повышение температуры увеличивает чувствительность гусениц к заболеванию ядерным полиэдрозом и ускоряет развитие патологического процесса. В природных условиях низкие среднесуточные температуры значительно задерживают инкубационный период ядерных полиэдрозов. Например, у соснового рыжего пилильщика при 24°C инкубационный период ядерного полиэдроза составляет 4–5 дней, а при 12°C продолжительность его увеличивается до 19 дней. При низких температурах снижается и смертность зараженных насекомых.

На основании закономерностей между изменением температуры и продолжительностью инкубационного периода заболевания можно до определенной степени прогнозировать развитие эпизоотий в природных условиях.

Изменение влажности в окружающей среде не оказывает существенного влияния на инфекционный процесс.

Физиологическое состояние и возраст насекомых играют огромную роль в их чувствительности к вирусной инфекции. Наиболее интенсивно развитие болезни происходит у гусениц, ослабленных какими-либо факторами: недостатком питания, неблагоприятными погодными условиями, конкурентными стрессами за пищу и жизненное пространство, что наблюдается при очень высокой плотности популяции. При таком состоянии популяции процент гибели гусениц от активированной латентной инфекции может перекрывать процент гибели от внесенного в популяцию вируса при биологической борьбе. Однако для практики биометода этот факт не является существенным, т. к. главная цель - вызвать эпизоотический процесс в популяции и снизить ее численность до экономически допустимого порога.

Возрастная восприимчивость гусениц не однозначна. Гусеницы младших возрастов больше восприимчивы к вирусной инфекции, чем гусеницы старших возрастов. Этот факт должен всегда учитываться при целенаправленной биологической борьбе. При этом требуется меньший расход вирусного препарата и гусеницы не успевают нанести значительный ущерб лесонасаждениям.

Как уже упоминалось, вирусные включения (полиэдры и гранулы) необычайно устойчивы в природной среде к различным воздействиям.

Белковый матрикс полиэдров и гранул хорошо защищает вирионы и их инфекционную нуклеиновую кислоту от инактивации под влиянием факторов внешней среды и способствует длительному сохранению их в природе.

Однако полиэдры и гранулы не устойчивы к воздействию УФ-излучения солнца. Под воздействием прямых солнечных лучей вирус инактивируется уже при 1–3-х часовой экспозиции. Этот факт должен обязательно учитываться при вирусологической борьбе. Применение вирусных препаратов наиболее эффективно в часы суток, когда УФ-излучение минимально.

### **Бактериальные болезни лесных насекомых**

Бактерии составляют наиболее многочисленную и распространенную группу микроорганизмов, связанных с насекомыми. Энтомопатогенные бактерии не отличаются от большинства других бактерий по основным своим признакам и представляют собой одноклеточные прокариотные организмы, размножающиеся делением. Vegetативные клетки палочковидные или изогнутые, спиралевидные, округленные или другой формы.

Энтомопатогенные бактерии относятся к различным таксономическим группам. Большинство бактерий, пригодных для микробиологической борьбы, принадлежат к отряду Eubacteriales, семейству Bacillacia, состоящему из двух родов *Bacillus* и *Clostridium*, а также некоторые роды из отряда Pseudomonadales.

Не касаясь сложной естественной классификации этой группы организмов, все бактерии, ассоциированные с насекомыми, можно разделить на три группы по свойствам и условиям, определяющим их патогенность: облигатные, факультативные и потенциальные патогены.

**1. Облигатные патогены.** Эти бактерии всегда связаны с определенным заболеванием насекомых и способны размножаться только в живом организме хозяина. К ним относятся возбудители молочной болезни личинок пластинчатоусых (*Bacillus popillia*, *B. lentimorbus*, *B. fribourgensis*), возбудитель злокачественного гнильца пчел (*Bacillus larvae*), возбудитель европейского гнильца пчел (*Streptococcus pluton*).

**2. Факультативные патогены.** Эти бактерии способны заражать чувствительных к ним насекомых, но они не относятся к настоящим облигатным патогенам. Попад в кишечник насекомого с кормом, они вызывают паралич среднего отдела кишечника, убивая хозяина своими токсическими компонентами или ядовитыми продуктами обмена и ферментами. После этого бактериальные клетки проникают в гемоцель, где вызывают

септицемию (массовое размножение бактерий в тканях насекомого). Факультативные бактерии хорошо растут на искусственных средах и не обладают специфичностью к каким-либо отдельным видам насекомых. Эта группа бактерий широко используется в биометодe.

**3. Потенциальные патогены.** Представители этой группы бактерий постоянно присутствуют в кишечнике насекомых, но в здоровом насекомом не размножаются и не причиняют вреда хозяину. При физиологическом ослаблении хозяина какими-либо факторами внешней среды, нарушением режима питания или при заражении другими патогенами эти бактерии могут проникнуть в гемоцель и вызвать септицемию. Они растут на искусственных средах, не обладают специфичностью к каким-либо отдельным видам насекомых. Однако они не являются агентами биологической борьбы с вредными насекомыми.

Бактерии-патогены делят на спорообразующие и неспорообразующие формы. К первым относятся все облигатные патогены и многие из факультативных, ко вторым – все потенциальные патогены и некоторые факультативные.

Все спорообразующие бактерии продуцируют эндоспоры. Эти споры могут продолжительное время сохранять жизнеспособность, находясь в теле мертвого хозяина или в окружающей среде. После того, как эндоспоры поглощены хозяином, они прорастают в кишечнике и дают вегетативные бактериальные клетки. Проникая в гемоцель, они вызывают септицемию, при этом ткани, являющиеся питательной средой бактерий, разрушаются. Незадолго до гибели хозяина снова образуются эндоспоры, которые распространяются в биотопе после разложения трупа хозяина и становятся источниками инфекции.

Спорообразующие бактерии продуцируют, кроме эндоспор, токсические кристаллы, например *Bacillus thuringiensis*. Попадая вместе со спорами в кишечник насекомого, кристаллы растворяются в средней кишке, вызывая ее паралич. Токсические кристаллы вызывают гибель хозяина или ослабляют его. Бактериальные клетки проникают в полость тела и в массе размножаются в тканях организма хозяина.

Бактериальные болезни, независимо от конкретного возбудителя, характеризуются сходными внешними симптомами. Больные насекомые менее подвижны, чем здоровые, у них понижен аппетит, или они вовсе прекращают питание. Из ануса и ротового отверстия выделяется мутная жидкость. После гибели тело насекомого (особенно личинок) быстро темнеет, становится дряблым. Внутренние ткани лизируются, имеют вязкую консистенцию и темно-коричневый цвет, издают гнилостный запах. Погибшие гусеницы обычно повисают вниз головой, прикрепившись

ложными ногами к субстрату. Впоследствии тело насекомых сморщивается и высыхает, при этом кутикула остается неповрежденной.

Для диагностики возбудителей конкретных заболеваний пользуются микроскопическими исследованиями, серологическими анализами и изучением физиолого-биохимических признаков.

### **Молочные болезни насекомых**

Возбудителями болезней являются облигатные патогены *Bacillus popillia*, *B. lentimorbus*, *B. fribourgensis*, отмеченные только у личинок пластинчатоусых. Впервые бацилла была выделена из личинок японского жука в США, затем из личинок разных пластинчатоусых в Колумбии, Австралии, Новой Зеландии и некоторых Европейских странах. В России не зарегистрировано ни одного случая заболевания личинок молочной болезнью. Однако применение препаратов на основе этого патогена в ряде стран показало его высокую эффективность в борьбе с японским жуком и западным майским хрущом.

Симптомы заболевания молочной болезнью достаточно хорошо визуально обнаруживаются. У больных личинок на спинной стороне, особенно на задних сегментах, наблюдается заметное побеление. По мере развития болезни молочное помутнение распространяется на все части тела и в том числе на ноги, которые наливаются побелевшей гемолимфой и набухают. Если обрезать последний членик ноги больной личинки, из ранки выступит мутно-молочная капля гемолимфы, содержащая огромное количество бактериальных клеток. У здоровых личинок гемолимфа чистая, прозрачная.

Зараженные личинки живут продолжительное время и питаются. Особенно долго живут в холодный период года, когда они обычно мало активны. Гибель личинок, как правило, происходит перед линьками и перед окукливанием. Иногда признаки заболевания обнаруживаются и на взрослых жуках.

В естественных условиях заражение личинок пластинчатоусых происходит путем поглощения спор при питании корнями растений. Источником инфекции являются погибшие от молочной болезни личинки. Мертвые личинки, содержащие массу бактерий, разлагаются в почве, их остатки разносятся водой и мелкими почвенными организмами. Здоровые личинки в поисках пищи продвигаются в почве и заражаются.

Проглоченные бактерии в виде спор прорастают в кишечнике, образуя вегетативные формы, которые из кишечника проникают в гемоцель, где они быстро размножаются в крови, вызывая бактериальную септицемию. Когда вегетативные формы становятся многочисленными, наступает спо-

руляция (процесс образования зрелых спор). Образовавшиеся зрелые споры или эндоспоры толстостенные, преломляют свет и видоизменяют прозрачность гемолимфы, делая ее молочно-белой. Зависимость развития болезни от времени в естественных условиях колеблется и в большей степени связана с температурой. При 30°C образование спор происходит на 6-й день, при 25°C на 9-й день, при 22°C – на 11-й день, при 17°C – на 14-й день. Лабораторные исследования показали, что температура, необходимая для развития болезни, колеблется между 16°C и 34°C. При созревании эндоспор в спорангиях наблюдаются светопреломляющие тельца, которые соединены со спорой.

Личинки, зараженные в младших возрастах, гибнут быстрее личинок старших возрастов. Зараженные личинки иногда превращаются в куколок и даже в имаго, однако метаморфоз может быть подавлен и нарушен.

Распространение болезни и образование очагов инфекции зависят от плотности популяции хозяина и от концентрации их личинок в почве. Споры возбудителя могут распространяться многими почвообитающими животными при их передвижении через инфицированные участки.

### **Болезни, вызываемые факультативными бактериями**

Группа патогенов *Bacillus thuringiensis* (Bt) относится к спорообразующим и кристаллообразующим (кристаллоформным) бактериям. Они встречаются преимущественно у представителей отряда чешуекрылых, вызывают при определенных условиях заболевание и гибель хозяина. Эти бактерии обнаружены также у представителей отрядов жесткокрылых, перепончатокрылых, клопов.

*Bacillus thuringiensis* обладает широким спектром патогенности по отношению к чешуекрылым и является в настоящее время основным агентом микробиологической борьбы с ними во многих странах мира. Характерной особенностью *Bacillus thuringiensis* является образование в спорангии в период созревания одновременно споры и кристаллического пароспорального белкового тела-эндотоксина, который иногда называют **дельта-эндотоксином**. Он синтезируется из аминокислот. Заражение гусениц происходит при заглатывании бактерий вместе с кормом. В кишечник гусениц одновременно со спорами попадает кристаллический эндотоксин.

Патогенное действие бактерий на насекомых связано непосредственно с токсинами.

Эндотоксин (кристаллы) легко растворяется в щелочной среде кишки насекомого, вызывая острый токсикоз организма. Особенно токсичны

кристаллы для гусениц чешуекрылых, для которых характерен высокий показатель рН средней кишки.

Зараженные личинки прекращают питаться из-за паралича кишечника, наступающего вскоре после поглощения кристаллов. В зависимости от количества попавшего в кишечник токсина может наступить его частичный, либо полный паралич. В присутствии растворенного кристалла споры прорастают и их вегетативные клетки (палочки) заполняют кишечник и затем полость тела. Уже через час после растворения кристаллов могут возникнуть разрывы в кишечном эпителии. Постепенно эпителиальные клетки отшелушиваются в просвет кишечника, базальная мембрана обнажается и становится проницаемой для вегетативных клеток, которые проникают в полость тела, внедряются в клетки тканей и разрушают их. Происходит массовое размножение бактерий в организме (септицемия). Если насекомое не погибло от токсикоза, то оно гибнет, как правило, в период септицемии. Течение болезни и ее исход в значительной степени зависят от вирулентности бактерий и от дозы попавшего в организм патогена. При остром токсикозе и септицемии насекомое погибает в течение 2–3 дней. Если же заглатывается недостаточная доза патогена, происходит подострый токсикоз, который вызывает обычно синдром бактериальной дизентерии или вялость. При этом может произойти активизация обычных видов кишечной микрофлоры, которые считаются потенциальными патогенами. Их активное развитие может подавить антагонистическим действием развитие *Bacillus thuringiensis*. Насекомое может и не погибнуть в этот период, а перейти в следующую фазу развития – в куколку. В куколке действие ингибирующих факторов исчезает (потенциальные патогены развиваются только в кишечнике личинок), а действие *Bacillus thuringiensis* активизируется на фазе куколок хозяина, отчего они и погибают.

Таким образом, действие *Bacillus thuringiensis* может быть острым и быстротечным, а может растягиваться и проявляться при метаморфозе. У некоторых чешуекрылых паралича кишечника гусениц может не происходить и болезнь развивается по типу септицемии. В этом случае прорастание спор *Bacillus thuringiensis* и размножение вегетативных палочек происходят с некоторой задержкой, благодаря чему сапрофитные микроорганизмы, размножающиеся на открытых тканях кишечника, проникают в гемолимфу и постепенно вызывают септицемию. Палочки *Bacillus thuringiensis* проникают вслед за сапрофитами из мелких очагов в стенках кишечника под мышечным слоем. Скорость гибели гусениц зависит от степени повреждения кишечника, а также от состава микрофлоры бакте-

рий, размножающихся в теле зараженного насекомого. По этому типу патогенеза гусеницы погибают в течение длительного периода.

Все эти неоднозначные процессы развития заболевания надо иметь в виду при учете эффективности борьбы с вредителями при применении бактериальных препаратов, основанных на *Bacillus thuringiensis*.

Некоторые штаммы *Bacillus thuringiensis* помимо эндотоксина вырабатывают другие токсические вещества, оказывающие инсектицидное действие. Например, в процессе жизнедеятельности бактерии выделяют в культуральную среду ряд экзотоксинов: **альфа-экзотоксин** (фосфолипаза-с, действующая на ферменты насекомых), **бета-экзотоксин**, известный как термостабильный экзотоксин (сложное химическое соединение адениновой природы оказывает токсическое и мутагенное влияние на насекомых и других животных); **бета 2-экзотоксин** (экзогенный метаболит адениновой природы, нарушающий физиологические процессы не только у насекомых, но и у растений); **гамма-экзотоксин** (состоит из группы ферментов, их действие на насекомых не оценено).

Термостабильный экзотоксин вырабатывают не все подвиды и штаммы *Bacillus thuringiensis*. Это обстоятельство учитывается при производстве бактериальных препаратов. За рубежом и в нашей стране выпуск экзотоксин содержащих препаратов строго ограничен.

### **Влияние факторов внешней среды на развитие бактериальных болезней**

Представители группы *Bacillus thuringiensis* являются обычными широко распространенными бактериями в лесных биоценозах. Они не являются первичными патогенами для насекомых, не закрепляются в популяциях восприимчивых хозяев, т. к. не передаются от родительских организмов потомству и перенос этой инфекции не обеспечен эффективным механизмом.

Перенос инфекции и контакт с новым хозяином являются случайными процессами.

Как показали исследования отечественных и зарубежных ученых *Bacillus thuringiensis*, вносимый в биотоп в виде промышленных препаратов, воздействует на целевой объект как биологический инсектицид. При этом достигается кратковременный эффект как и при применении химических препаратов. Заболевание и гибель целевых насекомых происходят на фоне общего ослабления популяции, которое может быть вызвано рядом неблагоприятных факторов, действующих на насекомых. Это неблагоприятные погодные условия, действующие на насекомых непосредственно и через кормовые растения, нехватка кормового и пространственного

ресурса, хронические заболевания, вызванные другими патогенами. Поэтому возникновение бактериальной эпизоотии является весьма проблематичной. *Bacillus thuringiensis* не способен распространяться в биотопе, подобно вирусам, даже если он находится в нем длительное время.

Споры *Bacillus thuringiensis* характеризуются высокой устойчивостью при хранении в лабораторных условиях. В высушенном состоянии они могут сохраняться без изменений до 10 лет.

Однако в естественных биотопах влага вызывает быстрое прорастание спор и, если нет подходящего субстрата, они гибнут.

Солнечный свет, особенно ультрафиолетовые лучи инактивируют споры. Это обстоятельство очень важно при выборе погоды и времени суток для биологической борьбы с использованием *Bacillus thuringiensis*. Эта проблема особенно важна для областей с солнечным климатом.

Дождь способствует распространению инфекции. Нанесенный на верхние части кроны при авиа обработках бактериальный препарат при дожде частично вымывается с вершин и инфекция попадает в средние и нижние части крон деревьев. Однако обработки во время сильного дождя не желательны.

Большую роль в развитии болезни после внесения патогена в популяции играет температура окружающей среды. Повышенная температура ускоряет инфекционный процесс у насекомых и поэтому обычно сокращает период от заражения до гибели. При повышенных температурах насекомые более активно поглощают корм и вместе с ним споры и кристаллы бактерий.

Взаимосвязь температуры с развитием болезни хорошо прослежена на примере с дубовой зеленой листоверткой. Применение *Bacillus thuringiensis* на дубе в начале мая давало удовлетворительные результаты до тех пор, пока температура воздуха ежедневно в течение нескольких часов достигала 15° С и выше. Если температура оставалась низкой – + 8–10°С, гусеницы прекращали питаться.

## Грибные болезни насекомых

Многие виды грибов являются возбудителями заболеваний насекомых, клещей и других членистоногих. Число энтомопатогенных грибов в настоящее время превышает несколько сотен видов. Грибы широко распространены в лесных биотопах и играют значительную роль в динамике численности вредителей леса. Энтомопатогенные грибы – это первая группа микроорганизмов, которая была применена для борьбы с насекомыми. Еще в 1879 году русский ученый И.И. Мечников успешно приме-

нил возбудителя зеленой мюскардины против хлебного кузьи и свекловичного долгоносика и этим положил начало исследованиям по применению микроорганизмов в биологической борьбе с вредными насекомыми.

Важной особенностью многих видов паразитических грибов является проникновение их в полость тела насекомого непосредственно через кожные покровы с помощью выделяемых ими различных ферментов (в частности хитиназы) или путем образования на поверхности кутикулы булабовидных утолщений типа апприсориев, представляющих собой вздутия на концах коротких ростовых трубок, образующихся при прорастании спор гриба. Через вздутия ростки мицелия проникают в полость тела. В связи с этим грибы могут заражать насекомых не только в фазе личинок, но так же успешно в фазе куколок и имаго.

Грибы, поражающие насекомых, входят в четыре класса: **Хитридиомицеты (Chytridiomycetes)**, **Зигомицеты (Zygomycetes)**, **Сумчатые или Аскомицеты (Ascomycetes)** и **Несовершенные грибы или Дейтеромицеты (Deuteromycetes)**.

Наибольшее число видов, имеющих паразитическое значение для биологической защиты леса, относятся к классам зигомицетов и несовершенных грибов.

По отношению к насекомым-хозяевам грибы можно разделить на **облигатных патогенов**, которые развиваются только на живых насекомых; **факультативных патогенов**, которые развиваются как на живых, так и на мертвых насекомых или на любом другом органическом субстрате и **сапрофиты**, которые, как правило, развиваются на мертвых остатках насекомых, но при сильной ослабленности хозяина могут стать случайными или потенциальными патогенами.

По спектру инфекционности грибы могут быть узкоспециализированными, паразитирующими только на одном хозяине или только на определенной стадии его развития. Такие грибы в природе встречаются редко. Большинство энтомопатогенных грибов имеют широкий круг хозяев среди насекомых разных таксонов.

В основном, в лесу встречаются энтомопатогенные грибы, связанные с воздушно-наземной средой, с хорошо вентилируемыми ярусами деревьев (грибы из класса Зигомицетов, в частности энтомофторовые) и с почвой (главным образом из классов Аскомицеты и Несовершенные).

Пути заражения насекомых грибами разнообразны. В большинстве случаев заражение происходит через покровы насекомых. Споры грибов прилипают к коже своей маслянистой или слизистой поверхностью и прорастают через кутикулу в тело насекомого. Грибная инфекция может

проникнуть в тело насекомого и через ротовое отверстие вместе с пищей, через дыхальца или отверстия половых путей.

Споры и конидии легко распространяются от источника инфекции (трупы погибших насекомых) ветром, дождевыми потоками или любыми другими факторами.

Условия заражения грибной инфекцией. При заражении грибными болезнями важное значение имеют возраст и фаза развития насекомого. Некоторые грибы из класса Несовершенных, как например *Beauveria*, *Metarrhizium*, *Cordiceps*, или *Spicaria*, заражают личинок и имаго. Энтомофторовые грибы из класса Зигомицетов чаще заражают личинок с тонкими покровами (совки, листовертки, пяденицы) или гусениц волосистых, но в младших возрастах (коконопряды, волнянки). На развитие болезней в значительной степени оказывает влияние температура среды, с которой связана насыщенность воздуха парами воды. Температурный оптимум грибов различен для разных видов. Например грибы р. *Beauveria* и *Metarrhizium* лучше развиваются при +24–25°C, а грибы р. *Aspergillus* при +32–40°C. в то же время некоторые несовершенные грибы (р. *Spicaria*, *Beauveria*), которые особенно часто поражают насекомых, зимующих в почве, развиваются и поражают насекомых при температурах немногим выше 0°C.

Влажность среды имеет исключительно важное значение для развития грибов. Оптимальная влажность для грибов 90–100%. Такая влажность обычно создается несколько раз в сутки при понижении и повышении температуры и, помимо того, каждый организм (насекомое, листья растений) образует вокруг себя тонкий воздушный слой, насыщенный парами. Этого бывает достаточно, чтобы споры, прилипшие к покровам насекомых, начали развиваться и прорасти внутрь организма.

Вирулентность спор и их количество в окружающей среде является очень важным фактором, способствующим заболеванию особей популяции. Степень вирулентности спор определяется скоростью их прорастания и способностью гриба проникать внутрь тела насекомого.

Способность спор к прорастанию быстро снижается от солнечной радиации, от сухого воздуха, от субстрата, на котором развивается гриб. Свойство субстрата имеет большое значение при производстве грибных препаратов. Споры, полученные на неспецифическом субстрате, часто не заражают насекомых, хотя по внешнему виду ничем не отличаются от вирулентных.

Наиболее широко распространены в природе споры таких грибов, как *Beauveria bassiana*, *B. tenella*. Однако их концентрация может быть недостаточной, чтобы вызвать эпизоотии. Вообще единичные споры не спо-

способны вызвать заболевание. Должна быть определенная концентрация спор на поверхности тела насекомого. Специалист должен знать пороговую концентрацию, при которой заражение гарантировано.

### Энтомофторозы

**Энтомофторозы** вызываются облигатными патогенами класса Zygomycetes, порядка Entomophtorales, семейства Entomophthoracea рода *Entomophthora*.

Среди лесных насекомых энтомофторозы отмечены у более чем 30 видов насекомых из 15 отрядов, кроме того они поражают пауков, клещей, многоножек, из лесных видов чаще всего встречаются на дубовой зеленой листовертке, златогузке, кольчатом коконопряде. Заражение происходит через покровы тела насекомых. Прилипшие к телу насекомых споры во влажной среде прорастают в полость тела, где образует гифы, гифальные тела различных размеров, а также бластоспоры. Рост гриба продолжается до полного разрушения органов и тканей организма насекомого и заполнения его тела грибными элементами.

Продолжительность периода от прорастания конидий до гибели у крупных насекомых составляет 5–8 дней, у мелких 2–3 дня. На поверхности покровов тела образуется воздушный мицелий с конидиеносцами в виде бархатистого налета. Трупы погибших насекомых обычно прикрепляются к субстрату специальными выростами на брюшной стороне – ризоидами, позволяющими им долго сохраняться на местах гибели.

Важной особенностью этой группы грибов является отстреливание зрелых конидий на расстояние в тысячи раз, превосходящее их размеры. Толчок образуется от давления плазмы под образовавшейся перегородкой при разрыве конидиеносца. Конидии сильно варьируют по величине и форме, могут оставаться жизнеспособными непродолжительное время, около трех суток. При отсутствии подходящего субстрата они могут прорасти во вторичные, третичные конидии, пока не попадут на восприимчивого хозяина.

Сохраняется патоген только в виде покоящихся спор с толстой оболочкой, которые образуются внутри тела погибшего насекомого или на его поверхности. Покоящиеся споры прорастают весной, попадая на тело насекомого, а при его отсутствии образуют ростковые трубки, которые функционируют как конидиеносцы и также отбрасывают конидии первого, второго и третьего порядка. Покоящиеся споры сохраняют свою жизнеспособность длительное время и остаются вместе с погибшими насекомыми на поверхности почвы, в трещинах коры деревьев, на растительных остатках. Такие споры легко переносят неблагоприятные экологические

условия (зимний или засушливый период). Энтомофторовые грибы в природе способны вызывать спонтанные эпизоотии и резко сокращать численность вредных видов насекомых.

**Признаками энтомофтороза** у насекомых являются вздутие и размягчение брюшка с последующей мумификацией тела, прорастание конидиеносцев в виде бархатистого налета, прикрепление трупа к субстрату ризоидами через ротовые органы или средней частью тела.

Энтомофторовые грибы как облигатные паразиты могут развиваться только в живом организме насекомых и слабо культивируются на искусственных питательных средах. Препаратов на основе энтомофторовых грибов в России не производят.

### **Мюскардинозы**

**Мюскардинозы** вызываются факультативными грибами из класса Несовершенных (Deiteromycetes). В порядках гифомицетов и сферопсидальных встречается большинство энтомопатогенных грибов. Размножение этих грибов происходит только конидиями, которые, попадая на тело насекомого, в местах прикрепления выделяют фермент, растворяющий кутикулу, и прорастают в полость тела.

Гибель насекомых происходит от поражения токсинами, выделяемыми грибом в процессе жизнедеятельности. Дальнейшее развитие гриба происходит уже в мертвом насекомом. Постепенно тело насекомого мумифицируется, заполняется гифами, которые прорастают наружу, покрывая труп густым мицелием, на котором созревают конидии. Конидии рассеиваются в биотопе, заражая других насекомых.

Мицелий, покрывающий тело погибшего насекомого, может быть белого, зеленого, розового, желтого цвета, в зависимости от видовой принадлежности возбудителя. И соответственно, болезни называют: белый, зеленый, розовый и т.д. мюскардинозы. Наиболее распространенный среди лесных насекомых белый мюскардиноз. Он вызывается грибом *Beauveria bassiana*. Известно более 250 видов насекомых, восприимчивых к этому заболеванию. Среди них златогузка, сосновый шелкопряд, лунка серебристая, сосновая совка, сосновая пяденица, многие пилильщики, майский хрущ, сосновый подкорный клоп и много других видов, которые зимуют в почве. Для развития гриба необходима повышенная влажность. Иногда при недостатке влажности на погибшем, мумифицированном трупе насекомого мицелий не образуется. Но при разламывании такого трупа обнаруживается, что всё его внутреннее содержимое состоит из белой грибницы.

Возбудителем белого мюскардиноза майского хруща является гриб *Beauveria tenella*. От предыдущего вида отличается более пушистым мицелием и удлинённой формой конидий. Однако искусственное внесение возбудителя в почву в условиях леса не даёт удовлетворительных результатов, т. к. экологический оптимум гриба и хруща не совпадают. Для гриба необходима влажность 80–100 % при температуре 26 °С, в то время как оптимальными условиями для личинок хруща является влажность 6–7 % и температура 17–20 °С. При влажности 10–11 % и температуре выше 25 °С происходит резкая убыль личинок за счёт их миграции в более подходящие станции. На основе гриба *Beauveria bassiana* выпускают промышленный препарат «Боверин», широко используемый в сельском хозяйстве против колорадского жука. В лесозащите Боверин успешно использовался в опытных масштабах в Чувашии, против соснового подкорного клопа. Осеннее опрыскивание подстилки суспензией с титром 100 млрд. спор/мл в радиусе 20 см от стволов деревьев вызвало 98 %-ную смертность зимующих личинок и имаго клопа.

Зелёный мюскардиоз вызывается грибом *Metarrhizium anisoplia*, к нему восприимчивы более 200 видов насекомых разных групп. Основными хозяевами являются прямокрылые и жуки, повреждающие корневую систему растений (жуки-кузьки, долгоносики). Инфекции, вызываемые этим грибом, во многом сходны с инфекциями грибов рода *Beauveria*. Он так же хорошо культивируется на искусственных питательных средах. Для его развития требуются высокая влажность и температура. На основе этого гриба выпускается препарат «Метаризин» производства Украины.

### Хищные грибы

Среди грибов известна группа гифомицетов (порядок Hyphomycetales, класс Несовершенные), которая называется хищными за их способность образовывать ловчие приспособления для умерщвления и использования в пищу нематод, первичнобескрылых насекомых, простейших.

Мицелий хищных грибов развивается в почве на растительных остатках и других субстратах, но часть питательных веществ они получают из тканей захваченной ими жертвы. Тело нематоды представляет для них, как и для хищных насекомых, только пищу, но не среду обитания, как при паразитизме.

Интерес к этой группе организмов возрос за последние годы в связи с широким распространением древесных нематод во многих странах мира и в ряде Российских регионов, в том числе Московской, Ивановской, Воронежской областях. Особую опасность представляют хвойные нематоды. При высокой потенциальной плодовитости, например сосновая древесная

нематода способна заражать молодые саженцы и средневозрастные сосновые насаждения. Переносчиками нематоды являются долгоносики и жуки-усачи рода *Monochamus*. Карантинный объект нематода *Bursaphelenchus xylophilus*, приведшая к массовой гибели сосны на значительной площади в Японии, Китае и других странах Восточной Азии, на территории России не обнаружена, но является потенциально опасной в связи с усиливающимися перевозками растительных материалов. Попадая из почвы в корневую систему и сосудистые системы стволов и ветвей, вызывают пожелтение хвои, отмирание побегов и стволов. В связи с микроскопическими размерами паразитических фаз нематод они без специальных микроскопических исследований не обнаруживаются. Поэтому использование хищных грибов в лесонасаждениях сосны является перспективным методом биологической борьбы с сосновыми нематодами.

Мицелий хищных грибов состоит из сильно ветвящихся септированных гиф, толщиной 5–8 мкм. На мицелии развиваются различные ловчие приспособления в виде клейких петель, сплетений в виде колец и сетей. Если проползающая нематода прикасается к клейкой ловушке, она прилипает и гриб делает росток внутрь тела нематоды. Разрастаясь по телу жертвы, гриб питается ее содержимым. Многие представители хищных грибов могут выделять экзотоксины, эндотоксины и аттрактанты, привлекающие нематод.

Хищные грибы культивируются на различных питательных средах и могут быть использованы для получения биопрепаратов для борьбы с нематодами путем их внесения в почву.

### **Болезни, вызываемые микроспоридиями**

Среди простейших наивысшим потенциалом в биологическом подавлении вредных насекомых обладают **микроспоридии**. Они чаще регистрируются в популяциях лесных насекомых, так как вызывают у них эпизоотический процесс или хронические заболевания. Микроспоридии могут распространяться в популяциях хозяина двумя путями: горизонтально, т.е. внутри популяции в виде спор и трансвариально на стадии шизогонии в вертикальном направлении, т.е. от родителей к потомству. Трансвариальный путь передачи впервые был установлен Л. Пастером при микроспориidioзе тутового шелкопряда и в настоящее время известен для многих видов микроспоридий, ассоциированных с лесными насекомыми. Например, для большинства видов рода *Thelohania* это преимущественный способ передачи паразита.

Тип **Microsporidia** объединяет облигатных внутриклеточных паразитов насекомых, а также ракообразных и рыб. Болезни, вызываемые микроспоридиями у насекомых, называются микроспоридиозами. Они играют значительную роль в динамике численности вредителей леса. Размножаются микроспоридии путем шизогонии, но имеют и половые стадии развития.

Наиболее перспективными для биометода являются микроспоридии семейства Nosematidae, включающие 8 родов и более 100 видов.

Они вызывают снижение плодовитости, нарушение процесса линьки и метаморфоза, изменение соотношения полов, препятствуют появлению зимней диапаузы. В связи с этим возникают хронические заболевания, принимающие характер эпизоотий и оканчивающиеся гибелью большинства зараженных насекомых обычно в критические для существования популяции периоды.

При дождливой, но теплой осени или во второй половине лета микроспоридиоз нередко сочетается с энтомофторозом, причем гибель насекомых в этом случае происходит в более короткий период.

Заболевание микроспоридиозом может сопровождаться у насекомых изменением окраски тела. Особенно это заметно у насекомых с тонкой кутикулой. Иногда под влиянием микроспоридий жировое тело насекомого становится зеленоватым или желтым. Часто заболевание сопровождается появлением черных угловатых пятен на кутикуле. У гусениц иногда чернеют ноги. Наиболее характерным признаком микроспоридиоза является неравномерный рост личинок, диспропорция тела, большеголовость. В результате истощения жировой ткани тело личинок сохнет, сегменты укорачиваются. Каждое погибшее насекомое может явиться источником инфекции. Размытый дождями труп высвобождает массу зрелых спор, которыми загрязняется пищевой субстрат. Здоровые особи, питаясь инфицированным кормом, заглатывают споры паразита. Источником спор могут так же служить выделения и экскременты зараженных насекомых. При этом в отдельных случаях в теле сухих трупов насекомых споры могут сохраняться в течение нескольких месяцев и даже лет.

Споры микроспоридий могут распространяться в биотопе хищниками и паразитами, контактирующими с больными особями. Споры микроспоридий устойчивы к неспецифическим пищеварительным сокам животных. При поедании больных насекомых птицами, грызунами, споры проходят неповрежденными через их кишечник и остаются инфекционными для своих хозяев.

Микроспоридии могут циркулировать в популяциях насекомых и передаваться трансвариальным путем от родителей к потомкам. Инфекция

может реализовываться как на поверхности яиц больных самок насекомых, так и внутри них в зараженном зародыше.

Пищевая специализация микроспоридий очень широка, хотя некоторые виды отдельных родов обладают достаточно узкой специализацией по отношению к виду хозяина и даже к определенным его органам и тканям, или к определенным фазам развития.

Наиболее широко среди лесных насекомых распространены микроспоридии р. *Nosema*, *Thelohania* и *Plistophora*.

*Nosema* встречается на 60 видах насекомых, в том числе на всех коконопрядах, многих видах волнянок, листоверток, пядениц, на майском хруще, на древоточце пахучем, на некоторых видах короедов.

Среди микроспоридий, поражающих короедов, большой интерес представляет *Nosema typogarphi*, поражающая взрослых жуков короеда типографа. Жуки заражаются по-видимому в процессе питания в минирных ходах или при прогрызании коры, загрязненной спорами паразита.

Инфекция локализуется в жировом теле жуков, где образуются цисты, заполненные спорами. Единичные споры можно обнаружить в плазме лимфоцитов, куда они попадают из разрушенных паразитом тканей. Болезнь чаще встречается среди короедов, концентрирующихся на ловчих деревьях, где развивалось несколько поколений.

Широко распространена *Nosema lymanthiae*, поражающая гусениц непарного шелкопряда, монашенки, златогузки, кольчатого коконопряда.

Представители рода *Thelohania* поражают чаще всего чешуекрылых (зимняя пяденица, златогузка, непарный шелкопряд и др.). Паразит развивается в жировом теле и гемолимфе гусениц. Виды рода *Plistophora* также ассоциированы с гусеницами листоверток, непарного шелкопряда, боярышницы, златогузки и др. Поражаются различные органы хозяина, в основном кишечник. При высокой плотности популяции хозяина может вызвать эпизоотию. Микроспоридиозы носят ярко выраженный очаговый характер, что делает целесообразным их использование путем интродукции в те части ареала вредителей, где эти паразиты отсутствуют, а также для локальной защиты от нарастающего размножения вредителей. Внесенные и циркулирующие в популяциях вредителей микроспоридии могут давать эффект постоянного ослабления насекомых, при котором они становятся более восприимчивы к другим патогенам (вирусам, бактериям).

Для практики биометода важно знать, какие факторы влияют на продолжительность развития и интенсивность размножения микроспоридий, чтобы выяснить причины возникновения и закономерности развития эпизоотий в природе. Это необходимо и для разработки методик массового

разведения микроспоридий, и для прогнозирования численности популяции насекомого-хозяина на основе искусственных очагов эпизоотий.

Воздействие организма хозяина (среды первого порядка), особенно биохимизма его клеток, на паразитирующих в нем микроспоридий имеет наиболее существенное значение при возникновении эпизоотий.

Так, у насекомых, готовящихся к диапаузе, микроспоридии развиваются быстрее и интенсивнее, чем у насекомых в активный период жизни. На развитие паразита влияет возраст хозяина, в котором происходит заражение. Более восприимчивы к инфекции личинки младших возрастов.

Течение микроспориidioза зависит и от такого фактора, как исходная доза спор при заражении. Изменяется не только течение болезни, но и скорость спорообразования паразитов, которое наступает тем быстрее, чем выше была доза спор.

Условия среды обитания хозяина (среда второго порядка) также действуют на развитие микроспоридий, из них наиболее сильно – кормовое растение хозяина и температура окружающей среды. Корм влияет на физиологическое состояние хозяина и через этот фактор на ускорение или задержку в развитии паразита. Изучение взаимоотношений микроспоридий и насекомых в разных экологических условиях показало, что условия, оптимальные для развития хозяина, являются оптимальными для развития паразита. Это легко объясняется тем, что естественный отбор облигатных паразитов, каковыми являются микроспоридии, шел в направлении совершенствования приспособления к развитию в физиологически полноценном организме хозяина. Из этого следует, что микроспоридии как облигатные паразиты хорошо адаптированы к развитию в нормальном организме насекомых, неминуемо становятся естественными регуляторами численности своих хозяев.

Микроспориidioзные болезни в популяциях листогрызущих насекомых локализуются на фазе гусениц, однако больные бабочки при разлете широко распространяют инфекцию в биотопе. Степень распространения болезни в популяции зависит от соотношения числа больных и восприимчивых к болезни здоровых особей и частоты их контактов. Поскольку возможность переноса инфекции возрастает с увеличением числа контактов и ростом возможности взаимного заражения через корм, степень распространения болезни в популяции того или иного вида изменяется в соответствии с изменением хода массового размножения этого вида насекомого.

При массовом размножении вредителя болезнь проявляется в период кульминации вспышки и способствует ее затуханию.

У насекомых, обитающих в почве, масса спор сконцентрирована в местах гибели больных особей и лишь постепенно медленно проникает вглубь почвы с просачивающейся водой или наверх, или в стороны при переносе в кишечнике и экскрементах организмов, поедающих трупы заражённых насекомых.

При гибели от микроспоририозов насекомых, обитающих в верхних ярусах деревьев, инфекция смывается дождями и попадает в средние и нижние части крон, на подстилку и в почву. Инфекция на листьях деревьев с опадом также перемещается в почву. Солнечная радиация действует губительно на споры микроспориридий.

Сохранению в природе некоторых возбудителей микроспоририозов насекомых способствует смена паразитом хозяев, проходящих разные стадии развития в различные сезоны года. Так, при наблюдении в Чехии в сопряженных очагах американской белой бабочки, кольчатого коконопряда и златогузки микроспориридия *Thelohania hyphantria* осенью остается только в зимующих куколках этого вредителя. Зимой почти все зараженные куколки погибают и вместе с ними погибают и микроспориридии. Однако сохранению инфекции хорошо способствуют гусеницы кольчатого коконопряда, очень часто заражающиеся микроспориридиями *Thelohania hyphantria*. В течение весны гусеницы кольчатого коконопряда способствуют сохранению и распространению инфекции тем, что с экскрементами загрязняют спорами микроспориридий листья кормовых растений. На этих листьях, в местах массового размножения, часто перед зимовкой питаются гусеницы златогузки и заражаются паразитом, однако болезнь сильно развивается в них лишь весной и в это время инфекция передается гусеницам американской белой бабочки и кольчатого коконопряда. Таким путем инфекция сохраняется в активных стадиях в течение всего года и передаются от популяции насекомых одного вида популяции другого.

Этот пример наглядно показывает регулирующую роль микроспориридий в популяциях разных видов, обитающих в одном биотопе.

Кроме чешуекрылых микроспориридии играют значительную роль в динамике численности короедов, хрущей, долгоносиков, некоторых перепончатокрылых и клопов.

### **Болезни, вызываемые энтомогельминтами**

Гельминтозы насекомых, как правило, вызываются нематодами – многоклеточные животными, относящимися к типу круглых червей, или перичнополостных Nematelminthes. Нематоды, связанные в своем развитии с

насекомыми, относятся к классу Nematoda, включающего несколько семейств и большое число видов. Связи нематод с насекомыми разнообразны: от облигатного паразитизма до случайных отношений.

Нематод можно обнаружить в самых различных частях тела насекомых. Они могут находиться на наружных покровах, располагаясь скоплениями в межсегментных складках, под надкрыльями, в изгибах половых сегментов. Могут проникать внутрь насекомых, находиться в кишечнике, в полости тела, в различных органах и тканях.

Биологические взаимоотношения нематод с насекомыми тоже различны. Есть нематоды – подлинны патогены насекомых, другие, обитая в кишечнике хозяина, не причиняют ему вреда, или используют насекомых как средство передвижения или укрытия.

По взаимоотношениям с насекомыми и по систематическому положению можно выделить три основные группы нематод:

### **I группа – полупаразиты**

В основном развиваются в кишечнике насекомых, а после смерти хозяина проникают в полость тела, где могут проходить отдельные фазы развития или заканчивать развитие, размножаться и давать ряд поколений.

### **II группа – паразиты**

Представители этой группы паразитируют в полости и тканях насекомых. Это высокоспециализированные паразиты, приводящие хозяина к смерти. Если они встречаются в кишечнике хозяина, то это является переходным этапом их жизни.

### **III группа – комменсалы, сапрофиты, не паразиты**

Представители этих семейств живут в кишечнике насекомых и являются настоящими комменсалами. Из кишечника выходят яйца нематод вместе с экскрементами, попадают на корм и таким образом расселяются внутри популяции хозяина.

Многие нематоды ведут свободный образ жизни, а насекомых используют как средство передвижения, забираясь под их надкрылья, в складки половых сегментов самцов и др.

Как агенты биологического регулирования вредителей леса интерес представляют семейства Steinernematidae из полупаразитов и семейство Mermithidae и Allantonematidae из группы истинных паразитов.

### **Сем. Steinernematidae (штейнернематиды)**

Это очень важное в патологии насекомых семейство нематод включает два рода – *Neoaplectana* и *Steinernema*.

Причем большинство видов этого семейства (более 20) относится к неоплектанам. При ревизии семейства исследователи пришли к выводу, что ряд видов этого рода являются синонимами нематод рода штейнернема. В настоящее время род *Neoaplectana* переведен в синоним рода *Steinernema*, однако видовые названия рекомендовано оставить без изменения. Например, *Neoaplectana glaseri*, *Neoaplectana carpocapsae* и др. – наиболее важные в биометодике виды нематод. Однако наиболее вирулентный штамм, выделенный в ВИЗРе из шелкунов, называется *Steinernema (Neoaplectana) carpocapsae «agriotos»*. В настоящее время в семействе известно 18 видов энтомопатогенных нематод.

*Neoaplectana glaseri*, *Neoaplectana carpocapsae* вызывают гибель насекомых тем, что заносят в их тело патогенных для них бактерий. Инвазионные личинки после проникновения в хозяина с пищей или через дыхальца отгрызают сгусток бактерий в полость тела насекомого, где они размножаются с такой быстротой, что уже через 24–48 часов вызывают гибель насекомого.

В теле погибшего хозяина нематоды успевают дать два – три поколения, причем в первом поколении формируются самки нормальные, длиной 2500–3000 мк и гигантские, длина которых достигает 8000–9000 мк. Самки живородящие и каждая из них отрождает 1000–1500 личинок.

Самцы во всех поколениях мелкие до 1100–1400 мк, инвазионные личинки, выходящие из тела хозяина в окружающую среду, имеют длину 350–500 мк.

Для использования в биологической борьбе с насекомыми, неоплектан культивируют на гусеницах вошинной моли или на специальной питательной среде. Полученных таким путем инвазионных личинок и используют для борьбы с почвообитающими пластинчатоусыми или гусеницами бабочек и пилильщиков. Нематод вносят в почву путем полива водной суспензией, содержащей инвазионных личинок, или вносят в почвенные ямки.

Условиями для развития болезни являются повышенная влажность почвы, хорошее ее прогревание и высокая плотность хозяина.

### **Сем. *Heterorhabditidae* (гетерорабдитиды)**

Нематоды, относящиеся к этому семейству, описаны сравнительно недавно. В настоящее время это семейство включает один род *Heterorhabditis*, в который входят 9 видов. Эти нематоды являются перспективными для биологической борьбы с насекомыми. Большое число видов нематод этого семейства живут во влажной атмосфере на довольно мягкой кутикуле под крыльями жуков, в особенности короедов.

Некоторые виды проникают в складки половых сегментов самцов, часто нарушая функции этих органов. При недостатке влаги личинки нематод забираются в прямую кишку некоторых короедов, иногда забираются и дальше в кишечник и вглубь мальпигиевых сосудов. Некоторые виды способны проникать в полость тела короедов и там переживают период диапаузы хозяина. С началом активной жизни жуков нематоды покидают его тело, проникают через стенки кишечника и с экскрементами выходят в ходы короедов, где завершают развитие в древесной трухе.

### **Сем. Mermithidae (мермитиды)**

Нематоды этого семейства представляют большой интерес для биометода. За рубежом культивируют ряд видов мермитид на искусственной среде и используют для борьбы с некоторыми пластинчатоусыми (японский жук) и стволовыми вредителями (рогохвосты). Мермитиды имеют длинное тело от 4–6 см до 30 см. Голова и хвостовой конец тела суживаются. Вдоль всего тела проходит кишечник, наполненный запасными веществами из жирового тела хозяина.

Пищевод лишен мускулатуры, тянется далеко назад, иногда до анального отверстия. Из-за отсутствия в пищеводе мускулатуры поступление пищи из гемолимфы хозяина происходит непосредственно через поверхность тела и гиподермальное поле, клетки которого насыщают питательные вещества хозяина для своего собственного развития. Яйца в теле самки созревают уже после того, как они покидают хозяина. Мермитиды имеют различные приспособления для прикрепления яиц к растению (шнуры, присоски и т.д.). Заражение происходит либо яйцами, когда насекомые их заглатывают вместе с пищей, либо личинками, у которых есть специальное приспособление – стилет – для активного проникновения в тело хозяина. Изучение мермитид затруднено тем, что для большинства не установлены систематические признаки личиночных стадий, так как личинки чаще всего встречаются в насекомых.

Период развития личинки зависит от скорости развития хозяина и длится 1–12 месяцев. Созревание взрослых червей происходит в почве. В увлажненных местах в почве часто обнаруживаются клубки из нематод, обычно одна самка сплетена с несколькими самцами. Период нахождения взрослых нематод в почве различен. Самки откладывают яйца вблизи своего местонахождения в почве. В течение весны из яиц отрождаются мелкие личинки, которые мигрируют в типичные для них биотопы. Самки откладывают оплодотворенные яйца, но бывает и партеногенез. Число откладываемых яиц у разных видов мермитид различно и иногда достигает нескольких тысяч. Импульсами к откладке яиц служат разные при-

родные факторы: определенная повышенная температура или дождь. Тогда самки выходят из почвы и заползают на растения, где прикрепляют яйца на листья.

Инвазионные личинки мермитид могут выживать, ожидая хозяина несколько месяцев. Мермитиды поражают различные группы насекомых: жуков, прямокрылых, чешуекрылых, перепончатокрылых, водных насекомых.

Многие виды мермитид не обладают большой избирательностью в отношении хозяев. Возможность заражения насекомых мермитидами во многом зависит от характера биотопа, в котором развивается хозяин и его паразит. Поэтому распространение болезней колеблется от единичных находжений до поражения 80–90 % особей.

Зараженные личинки хозяев сильно отстают в росте и развитии, тело их сильно истощается. Когда мермитиды выходят из тела хозяина, они сильно повреждают его покровы. Через поврежденные места проникают бактерии и у насекомых развивается септицемия.

Мермитиды *Psammomermis korsakovi* часто встречаются в хрущах. Самки часто бывают длиной 34 см, иногда их длина достигает 50 и выше см. Самцы значительно короче самок, их максимальная длина 6–7 см. В личинках хрущей обычно обнаруживается по одной мермитиде, в редких случаях 2–3 личинки паразита. Закончив развитие в теле хозяина, черви выходят наружу через ротовое или анальное отверстие. В почве мермитиды скручиваются в клубки из самок и самцов. После оплодотворения самки откладывают яйца в почве, где обитают личинки хрущей. Клубки мермитид могут встречаться на глубине 40–50 см. Самки способны к вертикальным миграциям, обычно они следуют за передвижениями личинок хрущей. Массовая откладка яиц происходит в июне, в середине и конце июня личинки хрущей уже бывают заражены паразитами. Развитие мермитид в личинках хозяина продолжается 2 года. При высокой плотности хрущей мермитидами заражается более 30% особей популяции. В некоторых биотопах нематодные болезни оказывают существенное влияние на развитие хрущей, снижая их численность.

Мермитиды рода *Deladenus* являются активными паразитами рогохвоста *Sirex noctilia*, которые изучались в Австралии, где паразиты практически полностью подавляют рогохвостов на сосне. Заносят мермитиду в стволы деревьев самки рогохвостов.

В ходах личинок рогохвостов, когда завершается их развитие и они начинают окукливаться, репродуктивная система мермитид быстро увеличивается и вскоре каждая самка паразита дает по несколько тысяч яиц. Личинки выходят из яиц еще внутри родительской особи, покидают ее и

переходят в репродуктивные органы куколки хозяина. Там они проникают в развивающиеся яйца самки, либо в семенники самцов, которые при этом стерилизуются. Сформировавшиеся взрослые особи рогохвостов, выходя из ствола дерева, уже несут в своих яйцах или семенниках личинок паразита. При заселении нового дерева самки рогохвостов откладывают свои яйца вглубь ствола, но из них выходят не личинки хозяина, а личинки мермитид.

Эти личинки некоторое время живут свободно между древесными волокнами, питаются симбиотическими грибами, которые заносятся самками рогохвостов при откладке яиц. Личинки мермитид развиваются в инвазионных самок, которые после оплодотворения активно отыскивают личинок рогохвостов, проникают в их тело, и цикл повторяется.

В лабораторных условиях этих нематод культивируют на искусственной среде и специальным приспособлением вводят в дерево.

Имеющиеся в зарубежной литературе сведения о мермитидах позволяют характеризовать их как действенный фактор регулирования численности вредителей. В российской лесозащите нет никакого опыта использования нематод в борьбе с вредными лесными насекомыми. Весьма вероятно, что мермитид можно с успехом акклиматизировать в новых биотопах и расселять в ареалах вредителей путём внесения инвазионных стадий развития в периоды года, благоприятные для заражения определенных популяций хозяев.

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ЭНТОМОПАТОГЕНАХ**

Деятельность природных популяций энтомопатогенных организмов используется в таком направлении биологического контроля насекомых, который можно назвать **пассивным биометодом**. Определяющим моментом в использовании природных популяций энтомопатогенов является критерий (уровень) их эффективности, который находит свое выражение в проценте зараженных патогеном особей вредителя. На основе оценки зараженности популяций насекомых патогенами отменяют защитные мероприятия против фитофагов, что обеспечивает экономию затрат и экологическую безопасность биоценоза. Например, возбудитель массовых заболеваний серой зерновой совки – вирус гранулеза. Показатели зараженности гранулезом популяции серой зерновой совки позволяют прогнозировать ее численность. При поражении от 25 до 50% выживаемость и плодовитость в 1,5–2 раза ниже в последующем году по сравнению с предыду-

щим. Если более 80% популяции зимующих гусениц поражены гранулезом, то совершенно не нужны никакие обработки для подавления ее численности. Роль человека в данном случае сводится к наблюдению за развитием заболевания.

**Активный биометод** заключается во внесении инфекционного начала в биоценоз в виде препарата и может осуществляться двумя способами:

- 1) однократное применение препарата в очаге размножения вредителя в расчете на возникновение искусственной эпизоотии.
- 2) не менее чем двукратное внесение биопрепарата по типу инсектицида.

Следует отметить, что далеко не всегда удается вызвать искусственную эпизоотию при однократном внесении энтомопатогена. С большей вероятностью это происходит в лесных биоценозах, а из энтомопатогенов наибольшую отдачу можно ожидать от вирусных патогенов. Тем не менее, многочисленными работами школы профессора Е.В. Талалаева показана возможность создания искусственных эпизоотий при однократном внесении бактериальных препаратов в лесной биоценоз. Вероятность защиты растений в результате возникшего эпизоотического процесса определяется количеством энтомопатогенных микроорганизмов в биоценозе, численностью вредных насекомых и экологическими условиями. Методика искусственной эпизоотии заключается во внесении вирусного препарата в очаги массового размножения вредителя. Например, в Савальском лесничестве Воронежской области в 60-е годы в каждом очаге соснового шелкопряда 15–20 деревьях размещали по 3000 яиц фитофага, обработанных суспензией вируса гранулеза сибирского шелкопряда и отмечали массовую гибель куколок соснового шелкопряда от гранулеза в сочетании с бактериозами. Это привело к длительному подавлению численности вредителя. Известны примеры как успешных, так и неудачных попыток создания искусственных вирусных эпизоотий в России и за рубежом. Неудачными были попытки инициации вирусных эпизоотий в очагах массового размножения шелкопряда-монашенки. Массовая гибель наблюдалась лишь на тех участках, куда вносили энтомопатоген.

При реализации эпизоотологического направления количество внесенного энтомопатогена может быть незначительным в расчете на инициацию вспышки заболевания.

Более надежным при сохранении той же степени экологической безопасности является второй способ регуляции численности насекомых — по типу биологического инсектицида. Он заключается в двух-трехкратной обработке препаратом с определенной инфекционной нагрузкой. Здесь ориентируются на быстрый эффект внесенного энтомопатогена в данном очаге, а не на возникновение искусственной эпизоотии.

При безусловно высоком уровне экологической безопасности биологических препаратов их применение не всегда дает стабильный эффект. Это связано со сложностью взаимодействия “живых” инсектицидов с организмом насекомого-хозяина и с внешней средой. Гибель насекомых наступает не моментально, а по истечении определенного периода времени, необходимого для развития заболевания. Особенно длительным этот латентный период бывает при использовании вирусных и микроспорицидных препаратов. Кроме того, действующее начало препаратов подвергается разрушительному влиянию ряда абиотических факторов при попадании в окружающую среду, например УФ-облучения. Следовательно, для успешной конкуренции с химическими инсектицидами сами биопрепараты и способы их применения должны отвечать определенным требованиям, обеспечивающим их сохранность во внешней среде и надежность инсектицидного эффекта. Поэтому, прежде чем обсуждать возможности биологического контроля насекомых на конкретных примерах, обратимся к тем подходам, которые лежат в основе повышения эффективности биопрепаратов.

В СССР наработкой микробиологических средств защиты растений занимались два крупных предприятия и около 1700 мелких биофабрик и биолaborаторий. В 2000 году функционировал Бердский завод биопрепаратов и менее 100 небольших производств.

Микробиологические препараты классифицируются, в первую очередь, в зависимости от природы действующего начала. Соответственно, выделяются вирусные, бактериальные, грибные и т.д. препараты. Кроме того, в них содержатся наполнители, консерванты, активаторы, протектанты, источники питания, эмульгаторы, смачиватели, прилипатели и пенообразующие вещества.

Наполнители могут быть жидкими или твердыми. Обязательное их свойство – биологическая инертность. Обычно это каолин, аэросил, природные цеолиты. Роль активаторов заключена в ослаблении вредителя и облегчении проникновения патогена в его организм. Так, для увеличения инсектицидной активности бактериальных препаратов предложено добавлять к споро-кристаллическому комплексу *Bt* активаторы, усиливающие действие эндотоксина как разобщителя окислительного фосфорилирования и дыхания, например  $MgSO_4$  или  $CuSO_4$ . Добавление соли двухвалентного железа в концентрации 0,5% к ВЯП капустной совки (10 млн. полиэдров в 1 мл) привело к двукратному усилению гибели гусениц на третьи и пятые сутки после заражения. Диметилсульфоксид (ДМСО), может служить активатором бакуловирусов или *Bt*. Нередко используются фермент хитиназа, растворяющий стенки кишечника насекомых, и гормо-

ноподобный препарат димилин, вызывающий нарушение их развития. Значительное повышение активности в смеси с хитиназой наблюдалось для дендробациллина. Действие хитиназы, в совместном применении с дендробациллином (в концентрации менее 0,02 %) выражается в ускорении гибели насекомых. Это свидетельствует о возможности снижения концентрации биопрепарата за счет введения биоактиваторов.

Добавление хитиназы к суспензии трех бакуловирусов также значительно повышает инсектицидную активность этих энтомопатогенов.

Что касается грибных препаратов, то данные весьма противоречивы, что объясняется действием хитиназы на сам энтомопатоген. Таким образом, несмотря на универсальность подхода конкретный результат зависит от природы энтомопатогена, вида насекомого и их взаимодействия с ферментом.

Консерваторы (обычно, глицерин, в препаратах на основе грибов – увлажнители) и протектанты обеспечивают сохранение свойств препарата при хранении и во внешней среде соответственно. Источники питания поддерживают вирулентность агента биоконтроля и способствуют его росту. Остальные компоненты обеспечивают оптимальное распределение препарата по субстрату и их контакт.

В целом, препарат должен быть безопасен для окружающей среды, удобен в применении и неагрессивен к аппаратуре и таре.

Современные биопрепараты выпускаются в форме сухих порошков, гранул, капсул, шпунтов, таблеток, паст, гелей, жидкостей, суспензионных концентратов, концентратов масляных эмульсий.

Наиболее распространены дусты, представляющие собой смесь действующего начала с наполнителем и добавками в порошкообразной форме. Размер частиц наполнителя для бактериальных и вирусных препаратов должен быть  $\geq 3$  мкм, для грибных  $\geq 50 \dots 70$  мкм (1 мкм=0,001 мм).

В состав суспензионных концентратов включаются смачиватели и стабилизаторы. Это позволяет длительное время хранить препарат в виде суспензии, которую перед применением легко разбавить до рабочей концентрации. Суспензии бактериальных препаратов готовят не ранее чем за 2 ч до обработки.

В жидких препаратах основой обычно является глицерин.

Пасты используют при производстве препаратов, в состав которых входят микроорганизмы. Характерно содержание действующего начала от 60 до 70 %.

Гранулы (с активным началом, распределённым равномерно) и капсулы (с покрытым оболочкой) применяются обычно против почвообитающих вредителей или корневых патогенов. В этих формах действующий

компонент лучше защищён от влияния внешней среды. Основой их нередко служит альгинат кальция.

Гели используют за рубежом для создания препаратов на основе грибов.

Концентраты эмульсий представляют собой бактериальные или вирусные препараты. Содержание активного компонента в них не ниже 30 %.

В форме шпунтов выпускаются за рубежом препараты, предназначенные для защиты растущих деревьев отгнилей. Шпунт для этого вставляется в ствол дерева.

## ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Практически все отечественные и зарубежные препараты готовят на основе многочисленных культур кристаллоносной бактерии *Bacillus thuringiensis*. Культуры различаются по вирулентности к насекомым и обладают стойкими индивидуальными свойствами. Ко всем бактериальным препаратам предъявляют общие требования, они должны быть стандартными. Титр препарата (концентрация или число вирулентных спор в 1 г для сухих или в 1 мл для жидких форм) должен быть постоянным, соответственно конкретному препарату.

Биологическая активность (БА), или эффективность препарата, оценивается методом биопроб, при которых устанавливают, какое число кристаллов и спор вызывает 50%-ную смертность опытных насекомых за определенное время. Этот показатель выражается индексом ЛД<sub>50</sub>. Затем переводят в международный стандарт ЕА/мг.

Сейчас принято все выпускаемые в мире биопрепараты стандартизировать по международному эталону, поскольку на рынок поступает большое число биопрепаратов из разных стран под разными названиями. Около названия каждого препарата должен стоять международный стандарт. Например, Битоксибациллин (СП) БА-2000 ЕА/г или Дипел (СК) БА-16000 ЕА/г.

**1. Лепидоцид** – спорово-кристаллический комплекс, готовится на основе культуры бактерии *Bt sub. Sp. kurstaki* серотип 3аЗв (Н<sub>3а</sub> Н<sub>3а</sub>) и высоковирулентных селективных штаммов Z-2 и Z-52. Специфической особенностью культуры является способность продуцировать в одной бактериальной клетке два кристалл-токсина (эндотоксина) различной белковой природы. Все препараты лепидоцида - широкого спектра действия.

Препаративные формы лепидоцида

1.1. Лепидоцид СК; БА-2000 ЕА/мг выпускает Бердский завод биопрепаратов. Применяется в защите леса против многих вредителей (сибирский шелкопряд, сосновый шелкопряд, монашенка, непарный шелкопряд, все виды листоверток и пядениц и др.). Норма расхода 1,5–2 кг/га, в зависимости от вида вредителя, породного состава и возраста лесных насаждений.

1.2. Лепидоцид, СП; БА-3000 ЕА/мг. Выпускает Бердский завод. Применяется против златогузки, зеленой дубовой листовертки, кольчатого коконопряда, непарного шелкопряда, пяденицы зимней и обдирало, горностаевых молей, соснового шелкопряда, монашенки и др. Норма расхода 0,5–0,8 – 1,0–1,5 кг/га.

1.3. Лепидоцид ТАБ; БА-3000 ЕА/мг. Выпускает Бердский завод. Применяется против златогузки, пядениц, листоверток, молей, вредителей сада и декоративных насаждений. Концентрация 4–5 таблеток на 1 л воды. Норма расхода 1 литр на 10 м<sup>2</sup> площади обработки, или 2 л на 1 дерево, в спелых насаждениях 5 л/дерево.

1.4. Лепидоцид-50, ( Лепидобактоцид) Ж; БА-2000 ЕА/мг. Выпускает НПП "Экосервис". Применяется против многих вредителей леса, сада и декоративных насаждений. Норма расхода 1,5–2 кг/га.

**2. Битоксибациллин** – спорово-кристаллический комплекс, основан на культуре бактерии *Bt sub.sp. thuringiensis*, серотип 1(H<sub>1</sub>). В препаратах кроме спор и кристаллов (эндотоксина) (1:1) содержится 0,8–1 % экзотоксина.

2.1. Битоксибациллин СП - БА-1500 ЕА/мг. Выпускает ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии и Бердский завод биопрепаратов. Применяется против кольчатого, непарного шелкопряда, монашенки, сосновой совки, горностаевых молей, пядениц. В городских условиях против многих вредителей декоративных насаждений, в том числе паутиных клещей. Норма расхода в лиственных насаждениях 0,8–1,5 кг/га, в хвойных – 1,0–1,5 кг/га.

2.2. Битоксибациллин, ТАБ, БА-1500 ЕА/мг. Выпускает Бердский завод. Применяется против вредителей декоративных насаждений в Ботанических садах, парках, скверах, в плодовых садах. Концентрация рабочего состава 8–10 таблеток на 1 литр воды. Норма расхода от 0,5 до 2,5–3,0 л на 10 м<sup>2</sup> или от 2,0 до 5,0 л на 1 дерево.

**3. Дендробациллин** – первый отечественный бактериальный препарат, предназначается для борьбы с целевым объектом сибирским шелкопрядом. Культура бактерии *Bt sub.sp. dendrolimi* серотип 4a-4в (H<sub>4a</sub> H<sub>4b</sub>) была

получена профессором Иркутского Государственного Университета Е.В. Талалаевым в 1956 г. На заводах Главмикробиопрома с 1958 г. готовили сухой мелкодисперсный порошок с титром 30 млрд. спор в 1 г. С 1969 г. различные препаративные формы дендробациллина выпускал Бердский завод. Это были смачивающийся порошок (СП) с титром 60 и 100 млрд. спор/г и стабилизированная паста с титром 50 млрд. спор/г. В настоящее время выпускают дендробациллин только в одной рецептуре.

3.1. Дендробациллин, СП, БА-3000 ЕА/г. Выпускает Бердский завод. Применяется против сибирского шелкопряда, златогузки, монашенки, пядениц – зимней и обдирало, зеленой дубовой листовертки и др. Норма расхода по препарату 1–3 кг/га в зависимости от возраста древостоя и его породного состава.

**4. Инсектин** – спорово-кристаллический комплекс, основан на культуре *Bt sub. sp. insectus*, выпускался в виде СХП с титром 30 млрд спор/г и СП с титром 60 млрд спор/г. Целевой объект – сибирский шелкопряд. В настоящее время с производства снят. Разработчик - институт ЛиД, автор – А.Б. Гукасян.

**5. Гомелин**, основан на культуре *Bt sub.sp. thuringiensis*. Разработчиком был БелНИИЛХ (г. Гомель).

Возглавлял работу по созданию различных рецептур препарата и внедрения его в лесозащиту выпускник МГУЛа (МЛТИ) д.б.н. Л.Т. Крушев. В настоящее время препарат не выпускается.

В Российской Федерации для борьбы с вредителями леса применяют некоторые бактериальные препараты зарубежного производства. Наиболее популярными из них являются Дипел (Dipel) и Форея (Forey).

**6. Дипел** – коммерческий препарат, производит американская фирма Аббот Лабораториз на основе кристалловой бактерии *Btsub. Sp. kurstaki*, штамм HD-1, серотип III. Препарат широкого спектра инфекционности, применяется против чешуекрылых, порядка 150 видов в более чем 40 странах мира. В России применяется против сибирского шелкопряда.

6.1. Дипел - СП (Dipel-WP) БА – 16000 ЕА/мг с нормой расхода в лесу 1-1,5 кг/га.

6.2. Дипел - СК – жидкий концентрат (ЖК) (Dipel-LC) БА - 16000 ЕА/мл. Норма расхода 1,5–2 л/га по регламенту, против сибирского шелкопряда применяют 2–3 кг/га.

**7. Форей 48 Б (Forey –48 В)**, коммерческий препарат фирмы Аббот Лабораториз, является текучим концентратом, содержащим в качестве активного действующего вещества белковые кристаллы (эндотоксин), продуцируемые бактерией *Bt sub. sp. kurstaki* (Btk).

Препарат применяется для борьбы с гусеницами хвое- и листогрызущих насекомых в лесах самых разнообразных типов. Кристаллы Btk оказывают исключительно сильное инсектицидное действие на гусениц разных возрастов. После проглатывания кристаллов и растворения их в щелочной среде кишечника гусениц, наступает его паралич почти немедленно с последующей гибелью насекомых через 2–5 дней. Форей предназначен для ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) леса. Норма расхода 1 л/га.

**8. Бикол** – новый отечественный инсектицид широкого спектра действия. Получен путем микробиологического синтеза на основе бактерии *Bt sub. sp. thuringiensis*, штамм 98.

Биологическая активность (БА) препарата 2000 ЕА/мг.

Препарат, кроме спор и эндотоксина, содержит в своем составе 0,75–1 % экзотоксина, поваренную соль, смачиватель, прилипатель, фторопротектор, синтетическую отдушку.

Препаративная форма – смачивающийся порошок (СП), производитель – биохимический завод (Москва) по технологии фирмы «Биоин». Цена – 70 руб/кг.

Рекомендован Госхимкомиссией РФ к широкому применению против гусениц хвое-листогрызущих и пилильщиков, личинок и жуков листоедов, листовых слоников, некоторых видов тлей и растительноядных клещей, в том числе паутинных.

Бикол применяют в виде водной суспензии с концентрацией рабочего состава 0,6–1,0 % (60–100 г препарата на 10 л воды). Обработка растений против насекомых рекомендована 2-х кратная с интервалом – 6–8 дней, против растительноядных клещей – многократная в период вегетации с интервалом 15 дней.

## **9. Препараты на основе рекомбинантных штаммов бактерий.**

Для повышения эффективности биопрепаратов на основе Bt разрабатывают методы генной инженерии. В России и за рубежом для получения трансгенных, рекомбинантных штаммов применяют метод электропорации для трансформации вегетативных клеток Bt плазмидной чужеродной ДНК. Используют также методы трансдукции и конъюгации. В ГНЦ прикладной микробиологии сконструированы два рекомбинантных штамма

Вт: К-19 и LT-1. Штамм LT-1 синтезирует токсины, специфичные для чешуекрылых и для жесткокрылых. Скрещивание различных штаммов Вт с последующим отбором рекомбинантных штаммов проводят в ГосНИИ генетики и селекции микроорганизмов. На основе полученного рекомбинантного штамма получена опытная партия препарата **куртен**. Разработана также технология производства инкапсулированных биоинсектицидов нового поколения на основе рекомбинантных штаммов, полученных при внедрении гена *Bt sub. sp. tenebrionis* в штамм *Pseudomonas putida* с помощью плазмиды. На основе ризосферных бактерий р. *Pseudomonas* и р. *Bacillus* получены штаммы, активные как против фитофагов, так и против бактериальных и грибных болезней растений. Рекомбинантные штаммы бактерий не вошли в 2003 г. в Список разрешенных Госхимкомиссией препаратов для использования в полевых условиях.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРУСНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Трудность производства вирусных препаратов связана с проблемой содержания насекомых-хозяев чистых линий, свободных от скрытых (латентных) или хронических инфекций в инсектариях или специальных боксах и разработки для них рецептур искусственного питательного корма (рис. 15).

Этим объясняется тот факт, что вирусных препаратов, особенно предназначенных для борьбы с вредителями леса, очень мало. Отсутствие инсектариев побуждает разработчиков использовать насекомых, взятых из природных популяций. Поэтому нет гарантии чистоты производимых вирусных препаратов.

В нашей стране для биологической борьбы разработано 5 вирусных препаратов: Вирин-ЭНШ, Вирин-диприон, Вирин-ГСШ, Вирин-КШ и Вирин-ПШМ. Только два первых препарата используются в промышленных масштабах, три других применяются в полевых опытах.

В очаге обрабатывают 10–20% кладок для создания микроочагов инфекции. Против гусениц 1–3 возрастов применяют авиаопрыскивание при норме расхода препарата 0,0025 л/га (1,8–2,2 мл/га).

Регистранты препарата ВИЗР, ВНИИ бакпрепарат.

**1. Вирин-ЭНШ, Ж** – применяют для борьбы с непарным шелкопрядом. У гусениц вызывает ядерный полиэдроз общего типа.

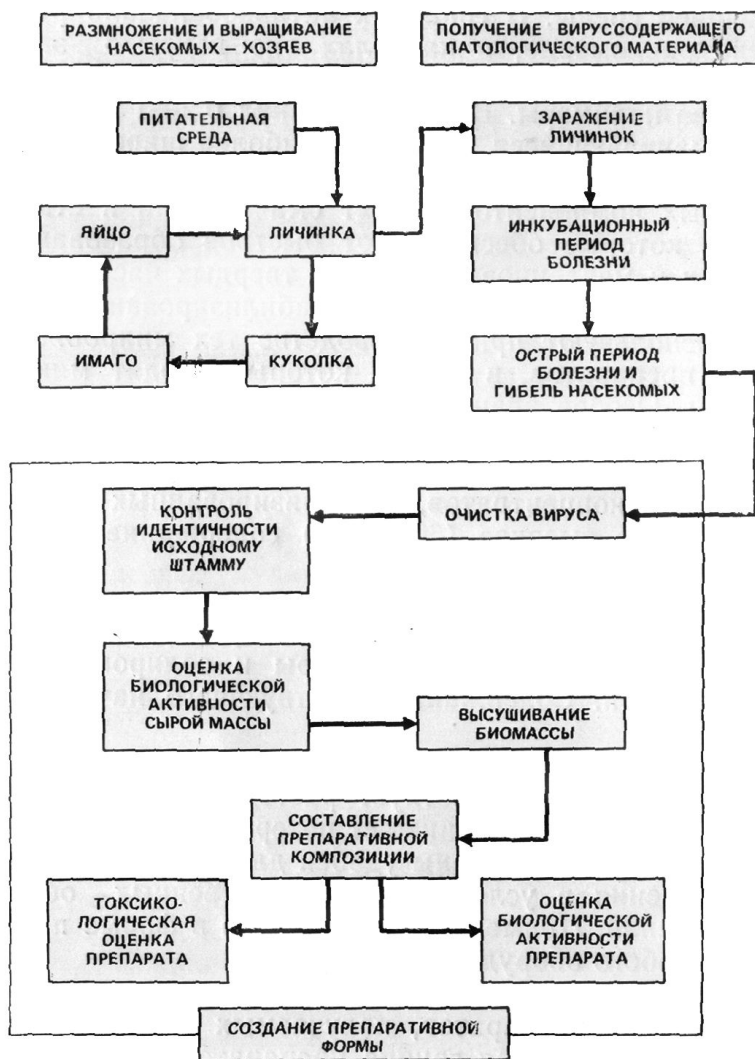


Рис. 15. Технологические этапы производства биологических препаратов на основе вирусов

Препарат выпускается в виде концентрированной суспензии полиэдров в 50%-ном глицерине. Титр не менее 4 млрд. полиэдров/мл. Приме-

няют наземным способом для обработки кладок яиц с нормой расхода 0,0002–0,002 л на 1 кладку.

**2. Вирин-диприон, Ж.** – применяют для борьбы с сосновым рыжим пилильщиком. Вызывает ядерный полиэдроз кишечного типа. Препарат выпускают в виде концентрированной суспензии полиэдров в 50%-ном глицерине. Титр препарата 1 млрд. полиэдров /мл. Норма расхода при авиационной обработке 10–40 мл/га.

Регистранты препарата ВНИИ бакпрепарат, Институт систематики и экологии животных СО РАН.

**3. Вирин-ГСШ, Ж.**– применяют для борьбы с сибирским шелкопрядом. У гусениц вызывает гранулез. Препарат выпускают в виде концентрированной суспензии гранул в 50%-ном глицерине. Титр препарата 50 млрд. гранул/мл. Норма расхода при авиационной обработке 0,1 л/га (100 мл/га).

**4. Вирин-ПШМ, Ж.** – применяют для борьбы с шелкопрядом-монашенкой. У гусениц вызывает ядерный полиэдроз общего типа. Препарат выпускают в виде концентрированной суспензии полиэдров в 50 %-ном глицерине. Титр препарата 1 млрд. полиэдров/мл. Норма расхода 0,5 мл/га. Регистрант препарата: Институт систематики и экологии животных СО РАН.

**5. Вирин-КШ,** применяется для борьбы с кольчатым коконопрядом, Вызывает ядерный полиэдроз общего типа. Выпускается в жидкой форме. Титр препарата не менее 1 млрд. полиэдров в 1 мл. Рекомендован для опрыскивания плодовых и лесных культур с нормой расхода препарата 0,2 л/га совместно с ОП-7. Можно использовать для борьбы с гусеницами младших возрастов в парках, скверах, бульварах и других объектах озеленения в городах. Регистранты препарата БелНИИЗР и Латвийская СХА.

Регистрант препарата: Институт систематики и экологии животных СО РАН.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ГРИБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Грибные препараты обладают широким спектром инфекционности. Они действуют на вредителей контактно, поэтому могут поражать насекомых и в непитающейся фазе. Для производства грибных препаратов разработано несколько рецептов питательных сред, на которых выращивают сапрофитные энтомопатогенные грибы класса Несовершенные поверхностным или глубинным способом. Промышленного производства грибных препаратов в стране нет, в небольшом объеме выпускают их

биолaborатории станций защиты растений, ТОО НВЦ «Биодрон» и по спецзаказу Бердский завод биопрепаратов.

**1. Боверин, Ж.** Готовят на основе гриба *Beauveria bassiana*, штамм ТС 92 (бластоспоры гриба). Титр не менее 2 млрд. спор/г. применяют против сосущих вредителей в закрытом грунте. Норма расхода по препарату 100 г/10 л воды.

Регистрант ТОО «Биодрон».

**2. Боверин, СХП, Г,** титр не менее 2 млрд. спор/г рекомендован к применению в закрытом грунте против сосущих вредителей. Норма расхода 250 г/10 л воды. Расход рабочей суспензии 500–3000 л/га.

Регистрант «Биодрон».

**3. Боверин, СХП** – порошок, состоящий из смеси бластоспор гриба *Beauveria bassiana* и продуктов его жизнедеятельности. Титр препарата 1,5 млрд спор/г. Рекомендован для борьбы с почвообитающими лесными насекомыми с нормой расхода 1–2 кг/га.

Регистрант – Бердский завод биопрепаратов.

**4. Вертициллин.** Выпускается в двух препаративных формах на основе бластоспор гриба *Verticillium lecanii*.

Регистрант ТОО НВЦ

**5. Метаризин.** Препарат на основе гриба *Metarrizium anisoplia*. Действующим началом биопрепарата являются конидии гриба и экзогенные токсины, продуцируемые грибом при заражении хозяина. Титр препарата 50–70 млрд. конидий в 1 г. Применяется против почвенных вредителей, главным образом против имаго и личинок шелкоунов.

Регистрант Белорусский НИИ Биотехнологии.

**6. Микоафидин.** Препарат на основе покоящихся спор, мицелия и токсинов гриба *Entomophthora thaxteriana*, разработан в ВИЗР. Титр препарата –  $3 \times 10^7$  спор в 1 г. Применяется против тлей.

## БИОПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ МИКРОСПОРИДИЙ

Несмотря на то, что микроспоридии широко распространены в популяциях насекомых, производство препаратов на их основе практически не развито. Опыты по применению микроспоридий в лабораторных и природных условиях против непарного шелкопряда (микроспоридия *Nosemalymantria*), американской белой бабочки (микроспоридия *Telohania hyphantria*) и др. показали перспективность этих микроорганизмов против вредных чешуекрылых. В ВИЗРе разработан препарат против совок на основе *Vairimorpha antheraea*. Препарат жидкий, титр 10 млрд. спор в

1 мл. Накопление микроорганизма проводится на гусеницах озимой совки.

## БИОПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ НЕМАТОД

В ВИЗРе разработан препарат **немабакт** на основе нематодно-бактериального комплекса *Steinernema carpocapsae* и бактерии *Achromobacter nematophilus*. Препаративная форма – водная суспензия латентных личинок на пористом носителе. В 1 г носителя (поролоновая губка) содержится 3–5 млн. нематод. Перед употреблением губку опускают в воду, образуется суспензия, которой обрабатывают почву или растения. Препарат рекомендован для борьбы с долгоносиками на декоративных культурах. Его можно использовать и против других вредителей: щелкунов, совок, стеклянниц, мух и др.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА

Технология применения биологических препаратов почти не отличается от применения синтетических химических инсектицидов, выпускаемых в виде концентрированных суспензий, смачивающихся порошков, масляных эмульсий и др. Используются те же методы наземного и авиационного мелкокапельного и ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) или методы аэрозольных технологий оптимальной дисперсности. Институтом химической кинетики и горения СО РАН разработаны аэрозольные генераторы регулируемой дисперсности (ГРД) и специальные технологии для применения бактериальных, вирусных и грибных препаратов.

В 2001 г. ведущими специалистами ВНИИЛМ (Ф.С. Кутеев), ВНИИБЗР (В.Ф. Кобзарь) и отдела авиационной службы России (В.В. Белозеров) было составлено «Наставление по авиационному применению биологических и химических средств защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых». Наставление подготовлено на основе обобщения результатов исследований по совершенствованию технологий применения средств защиты леса от хвое- и листогрызущих вредителей на базе современной авиационной техники. Данный документ рассматривает такие важные для лесозащитной практики вопросы, как определение целесообразности авиационной борьбы, выбор средств борьбы в зависимости от конкретного вредителя, технологические процедуры при авиаобработке лесных насаждений и учет эффективности проведенных истребительных мероприятий.

Во всех случаях выбранного метода борьбы важно достигнуть полного покрытия крон деревьев рабочим составом препарата. Чтобы произошло заражение, инфекционный агент должен быть съеден насекомым-вредителем вместе с листвой или хвоей. Наиболее восприимчивы к возбудителям болезни гусеницы и личинки младших возрастов (1–2 возраст), поэтому сроки обработки должны быть точно соотнесены с фенологией целевого объекта борьбы. Следует иметь в виду, что ультрафиолетовые лучи солнца инактивируют споры бактерий и грибов и полиэдры вирусов. Поэтому опрыскивание проводят в конце дня или рано утром, если насекомое питается днем, когда повышенная влажность способствует лучшему покрытию растений препаратом и пока солнечная радиация не ослабит инфекционного агента в течение нескольких часов, когда питающееся насекомое сможет проглотить летальную дозу возбудителя. При применении биопрепаратов необходимо учитывать погодные условия, которые в значительной степени влияют на развитие инфекционных болезней насекомых. Температура и влажность окружающей среды могут стать серьезным лимитирующим фактором, низкая температура замедляет процесс питания гусениц, поэтому в организм хозяина может попасть недостаточное количество патогена для развития болезни. Кроме того, при низких температурах размножения патогена в теле насекомого может не произойти. Для развития вирусной и бактериальной инфекции требуется температура в пределах 24–28°C. Влажность среды для бактерий и вирусов не имеет значения, т.к. процесс патогенеза развивается внутри насекомого.

Для грибной инфекции требуется высокая влажность среды – 80–100 % и оптимальная температура 24–25°C, ниже 12°C грибы в воздушно-наземной среде не развиваются. В почвенных условиях энтомопатогенные грибы развиваются при более низких температурах.

Серьезным лимитирующим фактором при биологической борьбе может явиться состояние популяции вредителя. Известно, что при нарастании численности (II фаза градационного цикла) популяция не восприимчива к инфекции. В этом случае приходится прибегать к иммунодепрессантам, в качестве которых могут быть ингибитор димелин, фермент хитиназа и др. Микродобавки этих веществ в биологические препараты снижают устойчивость вредителя. Наиболее восприимчивы к инфекции ослабленные популяции насекомых, в период кульминации вспышек (III фаза градации). Ослабляющими факторами при этом являются высокая плотность популяции, недостаток корма, аномальные погодные отклонения и др.

От правильного выбора тактики борьбы и стратегии применения энтомопатогенов зависит эффективность биологической борьбы. Однако от

применения биологических средств не следует ожидать моментального эффекта, как при химической борьбе. В биометодe мы имеем дело с микроорганизмами – возбудителями болезней насекомых и эффект от их применения проявляется через определенный период времени. При инфекции инкубационный период болезни может продолжаться несколько дней и только потом переходить в активную фазу с характерными симптомами. Эффективность применения биопрепаратов оценивается по таким показателям как защитный эффект, фактическая смертность целевого объекта и техническая эффективность.

**Защитный эффект** характеризуется степенью сохранности листвы или хвои за счет уменьшения интенсивности питания инфицированных насекомых. В производственных условиях защитный эффект определяют методом сопоставления данных по интенсивности питания гусениц (личинок) на обработанном и контрольном участках или по степени осыпания экскрементов до и после обработки насаждения на 3-й, 5-й и 10-й день.

**Последствия применения биопрепаратов.** Оценка технологии применения биопрепаратов для защиты леса не может считаться полной без изучения экологических последствий ее использования. Одним из аспектов этих последствий может быть нарастание численности потенциальных вредителей после подавления целевого объекта. С другой стороны, при биообработках, когда масса гусениц вредителя погибает, одновременно может произойти гибель энтомофагов в зараженном ими хозяине. В этом случае необходимо определять степень зараженности целевого вида паразитами и проводить биообработку в сроки, гарантирующие максимальное сохранение естественных врагов.

При проведении тотальных обработок лесонасаждений необходимо изучение поведения внесенного в биоценоз микробиологического агента. При вирусологической борьбе вирус долгие годы сохраняется в биотопе или включается в циркуляцию внутри популяции хозяина и становится впоследствии одним из основных регулирующих факторов вредителя.

При бактериологической борьбе живые компоненты препаратов (споры бактерий) в биоценозе долго не сохраняются, в отличие от вирусов они не передаются от родительских организмов потомству и поэтому не способны вызывать естественно возникающих бактериальных эпизоотий в популяциях лесных насекомых. Однако экзотоксины, содержащиеся в бактериальных препаратах, при многократных обработках лесонасаждений накапливаются в биотопах и могут вызывать нежелательные экологические сдвиги и мутации. Исследованиями российских и зарубежных ученых доказано, что экзотоксины вызывают изменения в меристеме кореш-

ков сеянцев сосны, снижают скорость фотосинтеза, у молодых сосновых культур снижается содержание хлорофилла, уменьшается размер хвои. При любом подавлении вредителя микробиологическими средствами необходимо наиболее полно оценивать как положительный эффект, так и негативные отдаленные последствия.

## УСИЛЕНИЕ ИНСЕКТИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ БИОПРЕПАРАТОВ

При обсуждении влияния абиотических факторов внешней среды на энтомопатогены отмечалась отрицательная роль осадков, экстремальных температур, УФ-облучения, кислорода воздуха. Для защиты действующего начала биопрепаратов от этого влияния принято добавлять вещества, нетоксичные как для самих патогенов, так и для окружающей среды. Например, для предотвращения смыва биопрепаратов с поверхности кормового растения используют пленкообразующие полимеры (поливинилпирролидин, поливиниловый спирт и т.д.). Образованные ими пленки могут защищать и от солнечного излучения. Кроме того, используют такие протекторы, как активированный уголь, двуокись титана, меласса, отруби, рибофлавин и другие. Удобнее использовать в качестве протекторов от УФ-облучения антиоксиданты. Так, в суспензию дендробациллина перед облучением добавляли антиоксидант неозон-Д. В случае лепидоцида наиболее эффективным протектором оказался антиоксидант 2,4-диоксибензофенон, который увеличивал устойчивость препарата к УФ-облучению в 5–6 раз. Латвийскими исследователями показана перспективность защиты антиоксидантами от УФ-облучения энтомопатогенных вирусов – основы препаратов против кольчатого шелкопряда и капустной белянки. В качестве антиоксидантов использовали ионол и дилудин. Интересно, что протекторы от УФ-облучения энтомопатогенного гриба *B. bassiana* 2-окси-4-метоксибензофенон и 2,2-окси-4-октоксибензофенон сходны по составу с 2,4-диоксибензофеноном. Из них наилучший эффект обнаружил первый протектор под торговым названием оксibenзон. При использовании масляной эмульсии оксibenзона конидии *B. bassiana* сохранялись длительное время при облучении с длинами волн 280–320 нм. Антиоксиданты могут выполнять двойную функцию: служить протекторами от солнечного излучения и увеличивать срок хранения энтомопатогенов. Увеличение срока хранения вирусных и бактериальных препаратов с помощью введения биоантиоксидантов установлено для жидких и сухих форм. Например, срок хранения жидкого вирусного препарата вирин-ЭКС значительно увеличивается при добавлении ионола и фенозана.

Непосредственное влияние на изменение активности энтомопатогена может оказать другой энтомопатоген. Их взаимодействие довольно часто проявляется в природе при смешанных инфекциях. Наблюдаются такие типы взаимодействий, как независимое сосуществование, антагонизм, синергизм либо аддитивный эффект. В плане повышения эффективности биологического контроля представляет интерес явление синергизма. В этом случае преимущество смешанной инфекции выражается в более коротких сроках наступления гибели насекомого и увеличенной инсектицидной активности. Целесообразно совместное использование бакуловирусов с энтомопатогенными бактериями или грибами, что сокращает длительный латентный период развития вирусного заболевания. При этом очевидна необходимость индивидуального подхода к каждому виду насекомого-хозяина.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Биологически активное вещество (БАВ) – любое вещество, вырабатываемое организмом или получаемое им извне и оказывающее либо стимулирующее, либо подавляющее воздействие на происходящие в организме процессы. К БАВ относятся вещества, действующие различным образом, в том числе феромоны, гормоны, антифиданты.

БАВ – это вещество, вырабатываемое организмом и стимулирующее его развитие и функции. Однако, в лесозащитной традиции этот термин имеет приведённое выше более широкое истолкование.

### **АТТРАКТАНТЫ**

Аттрактанты – это биологически активные вещества (БАВ), выделяемые организмом в окружающую среду для химической коммуникации особей одного вида и для стимулирования их поведенческих реакций. Перспективными для биометода являются три группы аттрактантов:

**1. Кайрамоны**, выделяемые кормовыми растениями. Большинство растительноядных насекомых ориентируются на запахи, исходящие от кормовых деревьев. Наиболее привлекательными для них являются деревья, в той или иной степени потерявшие защитные механизмы, свойственные здоровым растениям и ставшие привлекательными для разных групп фитофагов для питания. Хищников и паразитов также привлекают эти запахи, по которым они легко отыскивают своих жертв и хозяев. Привлекательность для энтомофагов может быть усилена выделяемыми насе-

комыми-жертвами (хозяевами) специфическими запахами питающихся в кронах или заселяющих стволы деревьев.

**2. Половые феромоны** – это экзокринные продукты насекомых, выделяемые в окружающую среду и способствующие выполнению специфических внутривидовых функций. Наиболее перспективными для целей лесозащиты являются половые феромоны девственных самок, привлекающих самцов для спаривания. В настоящее время химические формулы половых феромонов многих вредителей леса расшифрованы и используются для получения синтетических аналогов. Синтетические половые феромоны используются в специально разработанных ловушках для надзора за появлением вредителей, для сигнализации сроков проведения лесозащитных мероприятий и отлова самцов. Подробно технология использования половых феромонов при работе с целевыми объектами рассматривается в специальных инструкциях.

**3. Феромоны скопления** – привлекают насекомых обоих полов к благоприятным станциям, источникам пищи, убежищам для зимовки, местам откладки яиц. Феромоны скопления следует рассматривать как потенциальные средства для подавления популяций хозяйственно значимых видов.

В настоящее время зарегистрированы для применения в лесу следующие отечественные феромонные препараты.

**Диспарлюр** – для отлова самцов непарного шелкопряда.

**Вертенол БС-1** – для сигнализации появления короеда-типографа в еловых лесах (2–4 ловушки на 50 га леса) и для отлова жуков в ловушки специальной конструкции (2–4 ловушки на 1 га леса).

**Вертенол БС-2** – для отлова короеда-типографа в еловых лесах (4–8 ловушек на 1 га леса). Регистрант – ВНИИХСЗР.

Феромоны применяют и для модифицирования традиционного способа уничтожения насекомых с помощью ловчих деревьев. В этом случае на деревьях, наиболее пригодных для размножения стволовых вредителей, размещают приманки с синтетическим феромоном, затем после заселения деревья срубают и уничтожают либо обрабатывают инсектицидами.

Используют феромоны также для нарушения стереотипа поведения насекомых в лесу. Этот метод заключается в усилении фонового вмешательства до той степени, когда насекомые не могут обнаружить правильный источник запаха (метод дезориентации). Этого эффекта можно достигнуть, насыщая атмосферу синтетическими феромонами или создавая множество искусственных источников запаха в среде обитания. В первом случае насекомые не могут отыскать волны запаха, во втором – они затрачивают время и энергию на поиск ложного источника запаха. Можно раз-

мещать капсулы с синтетическими феромонами по опушкам леса, выманивая самцов из насаждения. В этом случае самки остаются неоплодотворенными. С технологической точки зрения искусственные источники запаха феромона представляются наиболее реальным способом нарушения стереотипа поведения насекомых.

## Использование феромонов

**Феромон** – вещество, выделяемое животным во внешнюю среду и вызывающее специфическую реакцию у других особей того же вида (половые феромоны, феромоны разметки территории, феромоны агрегации, феромоны тревоги). Феромоны могут быть синтезированы химически.

Первые предположение о наличии феромонов было сделано англичанином Бутлером (1609) на основании наблюдений за медоносной пчелой. В конце XIX в. были сделаны попытки использовать против непарного шелкопряда ловушки с живыми самками (США). Далее был предложен ряд методик по использованию выделенных из естественной среды феромонов для мониторинга численности вредителей, в том числе и в СССР, но основой для их широкого практического применения стала расшифровка Бутенандтом (1959) структуры феромона тутового шелкопряда.

Аналоги половых феромонов синтезированы у 1716 видов чешуекрылых, принадлежащих к 51 семейству, в том числе: волнянки – *Lymantriidae*, совки – *Noctuidae*; листовертки – *Tortricidae*, огневки – *Pyralidae*, коконопряды – *Lasiocampidae*, пяденицы – *Geometridae*, а также жесткокрылых: короедов – *Scolytidae*, долгоносиков – *Curculionidae*, щелкунов – *Elateridae* и других групп вредителей.

В большинстве случаев феромоны применяются в ловушках. Наибольшее распространение получили следующие конструктивные типы ловушек:

1. Простейшими клейкими ловушками служат картонные листы различного размера, смазанные клеем. Приманка помещается в отверстие в середине листа.

2. Крыловые ловушки состоят из двух частей (верхней и нижней), соединенных проволокой по четырём углам. Открыты для проникновения насекомых со всех сторон. Обе части изнутри имеют незаменяемые клейкие поверхности. За рубежом применяются для отлова некоторых видов листовёрток.

3. Треугольные (дельта-ловушки). Самый распространенный тип ловушек (рис. 16). Они имеют форму треугольной призмы с воронкообразными треугольными входными отверстиями по торцам. Иногда на боко-

вой стороне ловушки.предусматривается прозрачное полиэтиленовое окно. Самцы, обладающие положительным фототаксисом, отвлекаются от входных отверстий светом, проникающим сквозь окошко и, таким образом, снижается вероятность их вылета из ловушки. Рекомендуются для отлова различных видов листоверток, сосновой совки, непарного шелкопряда.

---

При проведении мониторинга непарного шелкопряда изготовление ловушек проходило следующим образом. Лист ламинированной бумаги размером 410×240 мм или 620×360 мм сгибался и скреплялся скобками, скрепками или нитью. Затем в нём проделывались отверстия для крепления к дереву, а внутрь помещались диспенсер и вкладыш, смазанный клеем. Таким же образом изготавливались принципиально не отличающиеся цилиндрические ловушки.

---

4. Коробчатые (инсектицидные) ловушки без клеевой поверхности типа «молочный пакет» по форме представляют 4-хгранную прямоугольную призму с входными отверстиями с 4 сторон в верхней части ловушки и крышу, направляющую бабочек к входным отверстиям. Они удобны тем, что имеют достаточно большую емкость и именуются в иностранной литературе как «ненасыщаемые» ловушки. В них используют инсектицидные пластинки, не теряющие действия по мере заполнения ловушки. Широкое распространение коробчатые ловушки получили в США в системе мониторинга непарного шелкопряда.

5. Жидкостные ловушки сходны с третьим типом, но фиксация насекомых в них происходит с помощью какой-либо жидкости, также обладающей инсектицидными свойствами. Ловушки изготавливают в основном из негигроскопичного картона или пластика.

6. Для отлова короедов используют имитирующие стволы деревьев ловушки из проволоочной сетки в виде цилиндров с обрубками стволов, заселенным жуками или синтетическим аттрактантом, а также, ловушки в виде вставленных друг в друга нескольких пластиковых воронок.

Гибель (удержание) насекомых достигается разными способами. Из них наибольшее распространение получили ловушки, в которых используется клей или инсектицид.

Для успешного применения феромона очень важно подобрать тип диспенсера (устройства, содержащего феромон и испускающего его во внешнюю среду). Диспенсер должен быть изготовлен из химически инертного материала, не изменяющего молекулярной структуры феромона. Очень важно, чтобы диспенсер равномерно испускал феромон в течение всего периода лета насекомого. Этот период различается для разных видов вре-

дителей и может длиться до 3 месяцев. Резиновые диспенсеры, как правило, выпускают большую часть феромона в течение недели и потому они мало пригодны для мониторинга вредителей. В современной практике широко используют диспенсеры с полихлорвиниловым и парафиновым покрытиями.

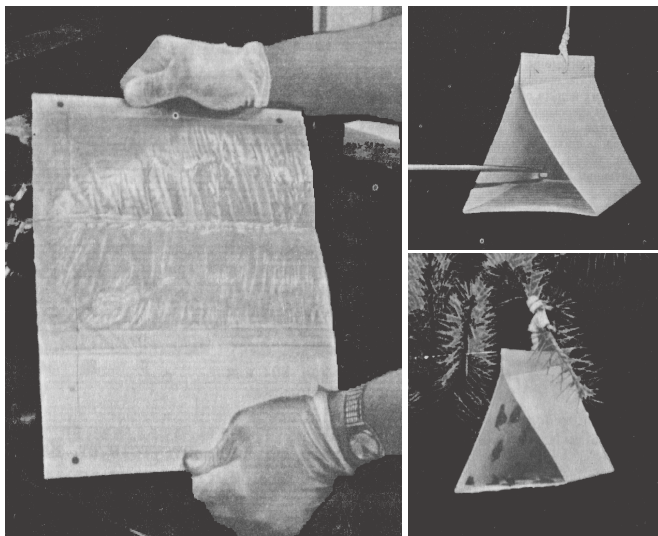


Рис. 16. Дельта-ловушка для отлова псевдотсуговой волнянки (слева – заготовка, смазанная клеем, справа сверху – в готовую ловушку помещают диспенсер, справа внизу – попавшие в ловушку самцы волнянки)

Феромоны могут применяться с целью мониторинга и с целью подавления.

Тактика применения феромонов в обоих случаях различна. Различаются и объекты. Мониторинг проводится для представителей всех перечисленных выше систематических групп, истребительные же мероприятия касаются преимущественно жесткокрылых.

Суть мониторинга при помощи феромонов заключается в выставлении в лесу ловушки, в которую объекты контроля привлекаются запахом феромона. Заключение о целесообразности тех или иных мероприятий делается на основании результатов проверки ловушек. При помощи ф. ловушек можно контролировать как численность вредителя, так и его распространение.

Феромонные ловушки крайне необходимы при установлении направления и скорости распространения популяций насекомых-вредителей. Особенно наглядно это продемонстрировано в США, где распространение ареала непарного шелкопряда носит фронтальный характер, и ловушки сигнализируют о появлении этого вредителя в новых местообитаниях.

Весьма перспективно применение феромонных ловушек на учетных площадях, расположенных в труднодоступных местообитаниях вредителей, где применение традиционных методов учета численности (маршрутно-ключевое наземное обследование с валкой учетных деревьев и околотом) в начале и в конце сезона остаются практически единственными методами наблюдения и требуют больших трудовых и материальных затрат.

Сфера применения феромонных ловушек не ограничивается только лишь обнаружением данных видов в природе и учетом их численности. Феромонные ловушки делают возможным изучение ранее неизвестных аспектов биологии и экологии лесных чешуекрылых. В частности - изменчивости некоторых морфологических характеристик имаго насекомых на протяжении летного сезона, а также, механизмов половой коммуникации имаго, исследование которых имеет большое значение в организации системы феромонного мониторинга, в особенности для видов-вредителей, по отношению к которым такая система еще не разработана. Применение феромонных ловушек для подобных исследований особенно целесообразно при крайне низких плотностях популяции вредителя, когда обнаружить насекомых другими методами (околотом, валкой модельных деревьев, методом модельных ветвей) практически невозможно.

В отечественных условиях имеется опыт применения различных типов ловушек для мониторинга ряда вредителей. Ниже будет дано краткое описание особенностей их применения с указанием производителя. Выбраны те из них, которые испытывались (применялись) относительно недавно, и опыт их использования был описан наиболее подробно.

Ловушки для типографа, разработанные в НИИ химических средств защиты растений, основаны на применении препарата вертенол. Этот отечественный препарат действует лучше зарубежных аналогов за счёт использования специфических добавок к действующему веществу. Вертеолом пропитывается пористый диспенсер, упаковываемый затем в фольгу. Диспенсер вскрывается и помещается в ловушку непосредственно перед применением. Срок его действия – 2 месяца. Проверку ловушек необходимо осуществлять не реже раза в 2 недели. Опыты, проведённые в Московской обл. (Орехово-Зуевский лесхоз) совместно специалистами Российского ЦЗЛ, МГУЛ и ряда НИИ, показали наибольшую эффективность

коробчатых ловушек с одним диспенсером. Эти же ловушки показали потенциальную пригодность для мониторинга ряда других видов стволовых вредителей. В настоящее время выпускается в двух формах: БС-1, применяемый для мониторинга и отлова, и БС-2 – только для отлова.

Кроме типографа, метод использовался или изучался для струйчатого заболонника (США), полосатого древесинника (Германия), лубоедов-дендроктонов (США).

Также в 1980-е годы были разработаны методики мониторинга за сосновым шелкопрядом (на основе разработок ВНИИ биологических методов защиты растений), сосновой совкой (Тартуский университет и ВНИИБМЗР), рыжим сосновым пилильщиком (Институт химии Башкирского филиала АН СССР), зелёной дубовой листовёрткой (Тартуский университет и ВНИИБМЗР).

До начала установки ловушек необходимо определить потребность в них. Для вредителей лесного и лесопаркового хозяйства, мониторинг за которыми возможен в лесах России, выработаны нормы, приведённые в таблице 6.

Таблица 6

**Нормы экспозиции ловушек для мониторинга за вредителями леса на территории России**

Вредитель	Место проведения опытов	Количество ловушек	Примечания
Американская белая бабочка	Европейская часть России	1 на 1...5 га	В зависимости от возраста, густоты и схемы посадки деревьев; для контроля за численностью и распространением
Короед-типограф	<sup>*)</sup>	2...4 на 50 га	Барьерные ловушки; для определения сроков начала лёта
Боярышниковая листовёртка	Башкортостан	1 на 1 га	Для контроля за численностью
Непарный шелкопряд	<sup>*)</sup>	2 на 100 га	Для контроля за численностью
Монашенка	<sup>*)</sup>	не менее 2 на 100 га	Для контроля за численностью
Зелёная дубовая листовёртка	<sup>*)</sup>	не менее 2 на 100 га	Для контроля за численностью
Сосновая совка	<sup>*)</sup>	не менее 2 на 100 га	Для контроля за численностью

<sup>\*)</sup> Нормы рекомендованы для всего ареала вредителя

Периодичность учетов зависит от доступности местообитаний вредителя, его численности и от типа ловушки. Оптимальный вариант наблю-

дений – размещение ловушек до начала лёта вредителя, и сбор после окончания лёта. Это особенно важно в том случае, если мониторинг осуществляется в труднодоступных местах, где нет возможности проверять уловы несколько раз за сезон (например, в темнохвойной тайге – местобитании сибирского шелкопряда). Здесь целесообразно использование коробчатых ловушек. Если мониторинг ведется в легкодоступных местах, например, на полях, или в садах, можно использовать клейкие ловушки. В этом случае учеты и смену клеевых вкладышей рекомендуется проводить с интервалом 7–10 дней – при низкой, и через 3–5 дней – при высокой численности вредителей.

Достижение порога вредоносности определяется по числу особей поднадзорного вредителя, приходящихся на одну ловушку. Значения, определенные для разных видов, приведены в таблице 7.

Таблица 7

**Пороговая численность некоторых видов поднадзорных вредителей**

Вид	Норма	Примечания
Американская белая бабочка	1 шт. на 5 ловушкосуюток	
Боярышниковая листовертка	>10 шт. на ловушку <sup>*)</sup>	Для рекомендованных образцов феромонов По результатам опытов в Башкортостане
Непарный шелкопряд	>60 шт. на ловушку	Европейская часть России
	>50 шт. на ловушку	Азиатская часть России
Монашенка	>50 шт. на ловушку	
Сосновая совка	>30 шт. на ловушку	

\*) Уловистость в годы нарастания численности и эруптивной фазы вспышки для разных образцов отличалась от 12,4±5,3 до 68,8±42,6 бабочек на ловушку

На примере лесных (непарный шелкопряд, типограф) и сельскохозяйственных (хлопковая и озимая совки) вредителей выявлена зависимость динамики лёта от климатических факторов и особенностей местности. В первую очередь, лёт определяла температура. Типограф начинает массовый лёт при достижении 20°C. Срок начала лёта непарного шелкопряда в лесах Красноярского края совпадал с достижением среднесуточной температуры 13°C, массовый лёт наступал в среднем на 56 дней позже перехода среднесуточной температуры через 15°C. Эти данные позволили оптимизировать время выставления ловушек; разумеется, в других регионах, и тем более для других видов, необходимо уточнение этих сроков.

При определении плотности вредителя желательно также сделать поправку на ветровые условия. Опыт мониторинга совок показал, что при

скорости ветра выше 2 м/сек лёт (и уловистость ловушек) резко падает, а выше 8 м/сек – отсутствует совершенно. Ясно, что в случае большого количества дней с сильным ветром численность поднадзорного вредителя будет несколько занижена, особенно в случае компактного периода лёта.

Большое значение имеет мозаичность условий. Неоднородность их нужно учитывать при выборе мест установки ловушек. Первый вид совок из двух, упомянутых здесь, попадался в массе в ловушки, выставленные на открытых пространствах, второй – в условиях защиты ловушек от прямого освещения (под прикрытием лесополос и т. д.). Лесные вредители также реагируют на место установки ловушки. Надзор за типографом следует проводить в насаждениях с участием ели не менее 5 единиц, ослабленных хронически действующим или катастрофическим фактором. В условиях Европейской части России этот вид предпочитает ловушки, размещённые в хорошо освещённых местах.

Таким образом, для выбора наиболее предпочтительных условий размещения ловушек необходимо в первый год проведения мониторинга разместить ловушки в максимально разнообразных условиях, если нет конкретных рекомендаций для данных вида и условий. На основании полученных данных вырабатываются рекомендации по поводу оптимального их размещения в последующем.

В системе феромонного мониторинга крайне необходима стандартизация как самих ловушек, так и методик их использования для каждого наблюдаемого вида. Стандартизация ловушек заключается, прежде всего, в использовании одинаковых ловушек в пределах всего ареала того или иного вида вредителя.

Обоснованность применения определенного типа ловушки зависит не только от способности заманивать насекомых и фиксировать насекомых. При выборе ловушек играют роль следующие критерии: удобство в обслуживании ловушек (простота сборки, возможность извлечения и подсчета пойманных насекомых, длительность сохранения фиксирующих свойств), способность противостоять попаданию осадков вовнутрь. Инсектицидные коробчатые ловушки гораздо в большей степени соответствуют перечисленным выше требованиям, чем клейкие, но значительно уступают последним по масштабам использования. Клейкие ловушки оказываются предпочтительнее из-за более низкой стоимости и удобства монтажа. Кроме стандартизации типов ловушек не менее важна разработка единого руководства по их применению для каждого отдельного вида.

Размещать феромонные ловушки следует в одних и тех же насаждениях, на участках постоянного наблюдения, в местах рекогносцировочного

надзора за соответствующими видами вредителей, в одно и то же время каждый год. Сроки размещения ловушек и продолжительность экспонирования для одного и того же вида могут отличаться в разных частях ареала. Поэтому для планирования мониторинга важно иметь данные по фенологии лёта с учетом местных климатических условий.

Высота и места расположения ловушек зависят от того, где летают самцы в поисках самок, выделяющих феромон. Например, уловы листовертки *Laspeyresia pomonella*, в верхней части кроны (около 3 м) оказались втрое выше, чем в ловушках, расположенных на уровне глаз (1,5–1,7 м). Уловы сосновой совки (*Panolis flammea*) были наиболее результативны, если ловушки располагали на высоте 4 м.

Очень важно из года в год располагать ловушки в одних и тех же местах, так как улов ловушки зависит не только от высоты над поверхностью земли, но и от особенностей микрорельефа. Понижения рельефа или возвышенности, лесотаксационные характеристики древостоя могут влиять на распространение в воздухе феромонного следа, затрудняя или облегчая самцам поиск источника запаха.

Периодичность учетов зависит от доступности местообитаний вредителя, его численности и от типа ловушки. Оптимальный вариант наблюдений – размещение ловушек до начала лёта вредителя, и сбор после окончания лёта. Это особенно важно в том случае, если мониторинг осуществляется в труднодоступных местах, где нет возможности проверять уловы несколько раз за сезон (например, в темнохвойной тайге – местообитании сибирского шелкопряда). Здесь целесообразно использование коробчатых ловушек. Если мониторинг ведется в легкодоступных местах, например, на полях, или в садах, можно использовать клейкие ловушки. В этом случае учеты и смену клеевых вкладышей рекомендуется проводить с интервалом 7–10 дней - при низкой, и через 3–5 дней – при высокой численности вредителей. Важно, чтобы ловушка всегда могла фиксировать попадающих в нее насекомых. Засорение клейких поверхностей ведет к искажению результатов учета.

Стандартизация конструкции ловушек, методик их использования – необходимые условия получения объективной информации о состоянии популяций вредителя, достоверности данных, полученных по уловам в разные годы в разных местообитаниях вида. От стандартизации в определяющей степени зависит внедрение ловушек в производство.

Подавление вредителей может осуществляться истреблением насекомых при помощи феромонных ловушек, разрыва связи между полами или концентрации вредителя на небольшой площади.

Феромонные ловушки используют и как средство для снижения численности самцов методом отлова, то есть, для создания так называемого самцового вакуума, пытаясь увеличить тем самым количество неоплодотворенных самок в популяции. Как показывает практика, такой метод борьбы с чешуекрылыми возможен лишь в сравнительно небольших изолированных насаждениях при низкой численности вредителей и часто мало эффективен. Гораздо более массово этот метод применяется по отношению к короедам и в меньшей степени – к жукам-щелкунам. Известны многочисленные примеры снижения гибели деревьев при отлове короедов таким способом. Например, в 1984 г в Европе удалось подавить популяцию короеда-типографа *Ips typographus*. Более миллиона жуков *Scolytus multistriatus* были отловлены 400-ми клеевыми ловушками.

Истребительные мероприятия отработаны как в России (Московская и Пермская обл.), так и в ряде стран Европы и Канаде для типографа. Для этого используются те же ловушки, что и для проведения мониторинговых работ, но уже из расчёта 2–4 ловушки на гектар при использовании вертолёта БС-1 или 4–8 – при использовании БС-2. Экспозиция одной ловушки позволяет защитить от гибели минимум 1–2 дерева. Отлов целесообразно сочетать с другими лесохозяйственными и лесозащитными мероприятиями (рубка, уборка свежезаселённых деревьев). Возможно применение феромонов для обработки ловчих деревьев, но этот метод экономически менее выгоден. Проводились также успешные опыты по обработке феромоном:

- деревьев, назначенных в рубку в ближайшее время,
- порубочных остатков, на которых жуки заведомо погибнут от иссушения,
- пней с обработанной клеем боковой поверхностью,
- деревьев некормовой породы,
- диспенсеров с последующей выкладкой на песок, где жуки гибли от перегрева.

При использовании феромонов методом дезориентации производится равномерное размещение аттрактанта в биотопе с таким расчётом, чтобы самцы не могли отыскивать самок по запаху. Довольно хорошие результаты получили в США при обработке очагов непарного шелкопряда микрокапсулированным диспарлуром в дозе 5 г/га. В результате произошло снижение численности бабочек до 3 % от контроля. Наибольший эффект возможен на низких уровнях численности (в период спада или после обработки инсектицидами). По сравнению с применением инсектицидов этот способ оказался экономически выгодным.

Также этот метод применялся против некоторых вредителей побегов и филлофагов в Северной Америке.

Концентрация вредителя при помощи феромонных ловушек – метод, начавший разрабатываться недавно. Суть его заключена в том, что выставляемые в межвспышечный период в течение ряда лет на одном и том же месте ловушки приводят к росту концентрации там самцов вредителя. Выделяемые ими феромоны, в свою очередь, привлекают самок. Таким образом, плотность вредителя остаётся стабильно повышенной. Рост же плотности вредителя приводит на третий год к росту плотности его естественных врагов, которые обеспечивают подавление популяции до массового объедания деревьев. Хотя о практическом применении метода говорить рано, опыты с непарным шелкопрядом дали обнадеживающие результаты.

Эксперимент проходил в Рязанской обл. (Касимовский и Кriuшинский лесхозы). В течение 3 лет экспонировались клеевые ловушки с диспарлором (50 мкг/диспенсер). Размещение происходило группами из 6–7 ловушек на площадках до 0,1 га. Расстояние между площадками составляло до 300 м. Снижение численности (кладок яиц на гектар) шелкопряда составило от нескольких раз до нескольких десятков раз, а гибель на всех стадиях развития – 75 % на одном участке и 99 % – на другом.

## ИНГИБИТОРЫ СИНТЕЗА ХИТИНА

Ингибиторы (ИСХ) – гормоноподобные соединения, действия которых основывается на вмешательстве в процессы образования хитина в кутикуле насекомых и в блокировании процесса линьки. У многих видов насекомых ингибиторы проникают через хорион и предотвращают выход личинок из яиц. ИСХ обладают широким спектром действия в пределах отрядов чешуекрылых, двукрылых, прямокрылых, жуков. Некоторые ингибиторы эффективны против паутиных клещей.

Наиболее чувствительны к ИСХ личинки младших возрастов. Личинки старших возрастов более устойчивы, период действия на них ИСХ может затягиваться до 20–30 дней. Такие личинки могут окукливаться, но куколки получаются уродливыми и погибают, не превращаясь в имаго. При использовании ИСХ против чувствительных насекомых очень важно соблюдение сроков проведения обработок насаждений. Наибольшая эффективность достигается, если ИСХ применяется в начале откладки яиц вредителями. В настоящее время выпускают против разных групп насекомых и клещей ингибиторы – производные мочевины – *димилин*, *сонет*, *апполо*, *ниссоран* и др.

Наиболее часто в лесозащите используют **димилин** (на основе дифлубензурана). Его выпускает фирма Филипс Дюфар и Юнироял Кемикал Ко, ИЖ. Препаративные формы – 25 % СП и 45 % КЭ. Применяют в городских зеленых насаждениях и ботанических садах (0,15 кг на 1 га), в хвойных лесных насаждениях для авиаобработок используют 0,04–0,08 кг на 1 га).

Практика применения димилина в Оренбургской области (Первомайский лесхоз) показала, что он достаточно эффективен против рыжего соснового пилильщика. Очаг площадью 150 га возник в культурах 20–26 лет, III класса бонитета, высотой 10–12 м. Обработка проходила с самолёта Ан-2 25–26 мая. Личинки вредителя были во II возрасте. При нормах расхода 0,02, 0,04 и 0,08 кг препарата на гектар (на 50 л рабочего раствора) эффективность обработки спустя 20 дней составила 73–84 %, а итоговая – 81–91 %. Следует упомянуть, что через 10 дней видимого эффекта обработка не принесла; гибель ложногусениц началась позже.

Активно применяется димилин против звёздчатого пилильщика-ткача. В Тверской области (Максатихинский и Лесной лесхозы) борьба с ним проводилась на площади 8440 га. Обработка проводилась димилином 25 % СП из расчёта 15 л рабочего раствора на га (80 г препарата или 20 г действующего вещества на га) авиационным методом. Часть площади была обработана двойной дозой. Сроки обработки – с 19 мая по 7 июня – совпали с временем откладки яиц. Эффективность составила 12–69 % при обработке стандартной дозой, 83–99 % – при обработке двойной. Таким образом, димилин эффективен против пилильщика-ткача при нормах расхода 100–160 г препарата и 20–25 л рабочего раствора на га. Особо следует отметить недопустимость снижения нормы расхода рабочего раствора, так как при этом распределение препарата в кроне будет недостаточно равномерным.

В Шотландии димилин в настоящее время применяется против сосновой совки *Pannolis flammea*.

Также димилин применяется в качестве добавки к лепидоциду при обработках очагов сибирского шелкопряда.

Против скрытоживущих вредителей димилин малоэффективен. При обработке можжевельника против южной можжевельной моли (Краснодарский край, Анапский лесхоз) он показал (при промежуточном обследовании) эффективность ~60 % при авиаобработке и ~40 % – при наземной.

**Аполло СК** (на основе клофентизина) применяют против паутинных клещей с нормой расхода 2–5 л на дерево, в зависимости от возраста. Рекомендованная концентрация по препарату 4 мл на 10 л воды. Регистрант – Мактешим Аган.

**Ниссоран КЭ** (50 г на 1 л) и **Ниссоран СП** (100 г на 1 кг) против клещей с нормой расхода 400–1500 л на 1 га в концентрации рабочего состава от 0,3 до 3,6 % в зависимости от вида и возраста растений. Регистрант – НИГШО СОДА К<.

**Сонет КЭ** (100 г на 1 л) – против листоедов, 10 г на 10 л воды. Расход до 10 л на 100 м<sup>2</sup> обрабатываемой площади. Регистрант – Дау АгроСаенс.

## ГОРМОНЫ

**Гормон** – вещество, вырабатываемое в организме и воздействующее на деятельность его органов и тканей. Насчитывается три гормона насекомых: активационный, экдизон и ювенильный. Вещества, схожие по строению и воздействию на организм насекомого с последним из них – ювеноиды – главным образом и используются в защите растений. Их недостаток заключён, во-первых, в необходимости точно отслеживать состояние популяции насекомых, т.к. ювеноиды действуют только на определённой стадии развития, во-вторых, в том, что действие их проявляется не сразу. Достоинства ювеноидов заключены в их эффективности и экологической безопасности.

Наличие гормонов у насекомых доказано Уигглсуорсом (1935). Ювенильный гормон был выделен Уильямсом (1956), и тогда же было предложено его использование в защите растений. Первые практические испытания были проведены в середине 1960-х гг. Принцип использования ювеноидов состоит в том, что обработка ими в определённый момент вызывает у вида-мишени нарушения развития, приводящие к гибели (стерилизации).

В качестве примера подавления вредителей леса ювеноидами (метопреном) можно привести подавление пяденицы *Lambdina fiscellaria* Ретнакараном (1974). Обработка, проведённая по личинкам последнего возраста, надёжно защитила кроны от объедания на следующий год. К сожалению, подробное описание опыта найти не удалось.

## РЕПЕЛЛЕНТЫ

**Антифиданты** – вещества, препятствующие поеданию кормового субстрата, **репелленты** – отпугивающие от него. На практике их действие довольно трудно разграничить, тем более, что антифидантное и репеллентное действие нередко сочетается с токсическим. Поэтому далее эти группы будут рассмотрены вместе.

В качестве антифидантов в защите леса обычно используют различные компоненты живицы. Использование скипидара второго сорта (скипидар без пинена, СБП) в Ленинградской области (Лисинский учебно-опытный лесхоз) оказалось эффективным против тлей и личинок пилильщиков. Скипидар второго сорта содержит 27–28 %  $\delta$ -3-карена – наиболее токсичного компонента живицы и представляет собой отход производства скипидара, канифоли, камфары и т. д. Он применялся в форме водной эмульсии, а в качестве эмульгатора использовалась сульфитно-спиртовая барда.

Дальнейшие испытания СБП позволили разработать технологию его использования в деталях. Во-первых, они показали, что предпочтительнее использовать окисленный СБП (СБПО). Его можно получить, барботируя СБП воздухом в течение суток.

Во-вторых, было найдено, что для увеличения срока действия СБП или СБПО необходимо введение в рабочий раствор связующего вещества, уменьшающего испарение токсичных компонентов. Наилучшим из всех возможных вариантов оказалась живица. Кроме фиксирующего эффекта, она сама содержит ряд действующих веществ.

Наконец, опыты позволили расширить список эмульгаторов, применяемых в приготовлении растворов. Ими могут служить, помимо сульфитно-спиртовой барды, сульфанол, ОП-7 или ОП-10.

С учётом этого, приготовление рабочего раствора должно проходить следующим образом:

- 1) отweighивается заданное количество сырой живицы (дозировка идёт по ней, так как именно она наиболее дефицитна);
- 2) живица растворяется в буферном растворителе (СБП, СБПО, этанол или бензол) из расчёта 3–5 г растворителя на 1 г живицы;
- 3) буферный раствор вливается при помешивании в подогретую до 30–40°C воду с растворённым эмульгатором;
- 4) если живица выпадает в осадок, то смесь перемешивается на любом механическом смесителе с частотой 2–3 тыс. об/мин.

Испытание приготовленной таким образом смеси в дозе 0,4 л на крону и с концентрацией по живице 1 или 5 % показали гибель от 85 до ~100 % вредителя (большой лиственничный, ольховый жёлтый, большой берёзовый пилильщики, ольховый листоед, сибирский хермес, большая акациевая тля). Более слабым (~70 % гибели) было действие на осиноую пухоспинку и серебристую лунку. Для теплокровных животных этот препарат малотоксичен.

Обработку следует производить так же, как и другими жидкими препаратами. Предпочтительнее всего – мелкокапельные генераторы холодных аэрозолей или ранцевые опрыскиватели. При приготовлении раствора

и при опрыскивании требуется защищаться респиратором и пылеводозащитными очками.

Аналогичные опыты, лабораторные и производственные, проводились в Финляндии и США. Обычно обработка проводилась с помощью опрыскивания, однако, есть опыт авиаобработки репеллентом в пластмассовых шариках. Использовались отходы целлюлозного производства или искусственно синтезированные вещества.

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ БОЛЕЗНЕЙ ЛЕСНЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ**

Биологический метод защиты растений от болезней в настоящее время изучается и практически осуществляется в двух направлениях.

1. Сохранение и усиление полезной деятельности естественного запаса антагонистической флоры для биологического подавления возбудителей болезней.

2. Выделение в культуру наиболее активных видов и штаммов полезных микроорганизмов, продуктов их жизнедеятельности, их массовое размножение и применение в виде биологических препаратов.

Активизация естественного запаса антагонистической флоры применима на лесных и декоративных питомниках, в лесных культурах и в цветоческих хозяйствах. При этом наибольший удельный вес принадлежит агротехническим приемам – обработка почвы, севообороты, использование минеральных и органических удобрений, выбор оптимальных сроков посадки растений и другие мероприятия. Для массового накопления и активизации антагонистических форм микроорганизмов необходимо создавать высокий агротехнический фон, при котором обеспечиваются условия для подавления и уничтожения возбудителей болезней растений. Такой фон создается, прежде всего, при применении научно обоснованных приемов обработки почвы, при которых усиливается газообмен, сохраняется влага, поддерживается оптимальная температура и структура почвы. Большое влияние на численность антагонистической микрофлоры оказывает применение удобрений. Они служат дополнительной питательной средой для антагонистов-грибов, бактерий, актиномицетов.

Ассортимент биологических препаратов против возбудителей болезней растений довольно ограничен. Биологические препараты этого класса основаны на грибах, бактериях, вирусах и их метаболитах. В настоящее время такие биопрепараты нарабатываются, как правило, специализированными фирмами или в региональных биолaborаториях.

## ГРИБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Грибные препараты, применяемые в защите растений, готовят на основе живых культур грибов-антагонистов, гиперпаразитов и на основе антибиотиков микробного происхождения. Большинство грибов, способных подавлять развитие возбудителей болезней растений, относятся к несовершенным грибам. Наиболее изучены антагонистические свойства грибов рода *Trichoderma*. Эги грибы подавляют развитие других микроорганизмов, в том числе фитопатогенов, путем прямого паразитирования, конкуренции за субстрат и выделением ферментов и антибиотиков (виридин, глиотоксин и др.). Виды рода триходермы подавляют развитие преимущественно почвенных фитопатогенов – грибов из родов *Fusarium*, *Pythium*, *Phoma*, *Phytophthora*, *Altrnariae*, *Botrytis* и других возбудителей заболеваний растений. Из триходермы готовят несколько грибных препаратов для борьбы с корневыми гнилями.

**Триходермин, Ж.** Жидкая препаративная форма, содержит споровую массу гриба *T. lignorum* и антибиотики виридин, глиотоксин и др. Титр не менее 1 млрд. спор в 1 г. Применяется в борьбе с корневой губкой и полеганием всходов. Для защиты от корневой губки обрабатывают поверхность пней при проведении рубок ухода и санитарных рубок. При борьбе с полеганием всходов препарат вносят в почву. В защищенном грунте препарат используют для борьбы с фузариозным увяданием гвоздики. Высаженные черенки опрыскивают 0,4%-ным рабочим составом препарата с интервалом 1 месяц.

**Триходермин, Г.** Гранулированная препаративная форма, содержит споровую массу гриба *T. lignorum*, штамм ТВД-93, Титр – 2 млрд. спор в 1 г. Рекомендован для борьбы с корневыми гнилями. Препарат вносят в почву.

**Триходермин, БЛ.** Сухой порошок. Титр не менее 10 млрд. спор в 1 г. Препарат содержит споры гриба *T. lignorum*, мицелий и остатки питательной среды. Применяется для борьбы с корневыми гнилями различных растений.

## БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

**Агат-25К** – многофункциональный бактериальный препарат комплексного действия. Действующее вещество препарата – почвенные бактерии *Pseudomonas aureofaciens* Н 16–2 % с титром  $5-8-10^{10}$  бактерий в 1 мл, выделенные из естественного микробного сообщества ризосферной почвы. В препарате также содержатся биологически активные вещества

культуральной жидкости, витамин С, В1 В2, РР, активные фракции хвойного экстракта, микро- и макроэлементы.

Препаративная форма – текучая паста темного цвета. Назначение препарата – повышение всхожести семян, снижение заболеваемости семян фитопатогенными грибами. Предпосевная обработка семян производится в течение 3 часов в рабочей концентрации препарата 0,03–0,05 %. Кроме того, опрыскивание саженцев в первой половине вегетации 0,01–0,03 % суспензией препарата повышает их устойчивость к заболеваниям и неблагоприятным условиям произрастания.

**Ризоплан.** Препарат готовят на основе грамположительной бактерии р. *Pseudomonas fluorescens* штамм AP-33, с титром  $5 \cdot 10^9$  спор в 1 г. Препарат применяют для предпосевной обработки семян различных культур, а также вегетирующих растений против корневых гнилей (*Fusarium*, *Ophiobolus*, *Bipolaris*), фитофтороза, церкоспороза, склеротиниоза слизистого и сосудистого бактериозов и других заболеваний. Применение ризоплана требует высоких показателей рН почвы, на кислых почвах он не эффективен.

## ВИРУСНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Использование вирусов бактерий в борьбе с бактериозами растений – новое направление в биологической защите растений. Вирусы бактерий – фаги, как правило, обозначают по видовому названию бактериальных хозяев. Они имеют сложную морфологическую структуру, содержат ДНК или РНК.

**Пентафаг.** Препарат готовят на основе бактериальных вирусов, выделенных из фитопатогенной бактерии *Pseudomonas syringae*. Обладает профилактическим и лечебным действием против широкого спектра патогенов и в первую очередь, бактериозов растений, бактериального рака плодовых. Добавление пентофага в садовую замазку увеличивает ее лечебные свойства. Выпускают пентофаг в жидкой форме в концентрации фагов 10 млрд. в 1 см<sup>3</sup> жидкости. Для производства препарата вначале нарабатывают в достаточном количестве бактерии, являющиеся хозяевами, затем вносят вирусные частицы. После внедрения фага в бактериальные клетки идет активная репликация вируса, приводящая к разрушению клетки биопатогенных бактерий. В результате гибели каждой бактериальной клетки выделяется 100...200 новых частиц вируса, способных заражать новые клетки хозяев. Регистрант препарата НИИ микробиологии АН Белоруссии.

## АНТИБИОТИКИ

Антибиотики – это специфические продукты жизнедеятельности организмов, обладающие высокой физиологической активностью по отношению к определенным группам микроорганизмов (вирусам, бактериям, грибам, простейшим) и подавляющим или тормозящим их развитие. Антибиотики обладают выраженной избирательностью действия, то есть подавляют развитие только целевого микроорганизма, не оказывая воздействия на другие организмы.

Биологическую активность антибиотиков (БА) выражают в условных единицах, содержащихся в 1 мл раствора (ед./мл) или 1 мг препарата (ед./мл). Антибиотики, применяющиеся в защите растений, обладают способностью проникать в растения и перемещаться по нему. Они не проявляют фитотоксичности, способны к нейтрализации токсинов и ферментов, выделяемых вредными организмами. В защите растений не применяют антибиотики, используемые в медицинской практике. Во всем мире выявлено и описано свыше 3000 антибиотиков. В России выпускают несколько препаратов главным образом для нужд сельского хозяйства и для лесных питомников.

**Фитолавин-300, СХП.** Производится на основе антибиотика *fungobacteriomicina* (ФБМ), продуцируемого штаммом 696 *Streptomyces lavendulae* БА-300 тыс. ед. активности в 1 г. Разрешен к применению в закрытом грунте против бактериального рака и некроза сердцевины стебля некоторых сельскохозяйственных культур. В лесном хозяйстве применяется на питомниках против полегания сеянцев хвойных пород путем предпосевного замачивания семян в 0,2%-ном растворе на 2 ч или опрыскивания сеянцев 0,2%-ным раствором с интервалом 15 дней (расход 0,2–4 кг/га). Рекомендуются также обработка корней в "болтушке" из глины и коровяка с добавлением 0,3–0,4 % рабочего раствора препарата (1,2–1,6 кг на 1 га) или 25 г на 1000 саженцев. Регистрант препарата – НБС «Фарм-биомед».

**Трихотецин.** Препарат готовится на основе антибиотика, продуцируемого грибом *Trichotecium roseum* и эффективен против многих грибных болезней растений. Применяется для протравливания семян хвойных пород или для опудривания саженцев на питомниках против полегания.

## АНТАГОНИСТЫ

Для борьбы с болезнями растений в лесозащите перспективными являются **грибы-антагонисты**. Так, для обработки пней против корневой

губки используются так называемые пневые конкуренты. Например, **пениофора** гигантская *Peniophora gigantea*, еловый валежный трутовик *Hischioporus abietinus*, одними из первых заселяющие пни.

Одним из перспективных направлений биологического метода борьбы с болезнями, в частности с корневой губкой, является использование грибов-микоризообразователей и ризосферных организмов(грибов, бактерий, актиномицетов), обладающих антагонистической активностью по отношению к патогену.

Кроме грибов-антагонистов известно много видов бактерий, проявляющих высокую антагонистическую активность по отношению к фитопатогенным грибам, в том числе к корневой губке, возбудителям полегания и мучнистой росе.

## ЛИТЕРАТУРА

- Берриман А. Защита леса от насекомых-вредителей. М.: Агропромиздат, 1990. 288 с.
- Бондаренко Н.В. Биологическая защита растений. М.: Агропром, 1986. 276 с.
- Викторов Г.А. Экология паразитов-энтомофагов. М.: Наука, 1976. 152 с.
- Воронцов А.И. Биологическая защита леса. М.: Лесная промышленность, 1984. 264 с.
- Вейзер Я. Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми. М.: Колос, 1972. 640 с.
- Гродницкий Д.Л., Бахвалов С.А., Гниненко Ю.И., Алексеев А.А.. Защита лесов Сибири от вредоносных насекомых. Красноярск: 2004. 161 с.
- Голосова М.А. Биологическая защита леса: учебное пособие. М.: 2003. 151 с.
- Голосова М.А.. Микробиологическая защита растений. М.: 2003. 76 с.
- Гулий В.В., Иванов Г.М., Штерншис М.А. Микробиологическая борьба с вредными организмами. М.: Колос, 1982. 272 с.
- Инструкция по авиационному применению биологических и химических средств защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых. МПР РФ. Пушкино: ВНИИЛМ, 2001. 46 с.
- Евлахова А.А.. Энтомопатогенные грибы. Систематика, биология, практическое значение. Л.: Наука, 1974. 260 с.
- Коломиец Н.Г., Богданова Д.А. Паразиты и хищники ксилофагов Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1980. 277 с.
- Коппел Х., Мертинс Д. Биологическое подавление вредных насекомых. М.: Мир, 1980. 428 с.
- Крушев Л.Т. Биологические методы защиты леса от вредителей. Москва: Лесная промышленность, 1973. 192 с.
- Методы мониторинга вредителей и болезней леса. Болезни и вредители в лесах России. Т. III. МПР РФ. Федеральное агентство лесного хозяйства М.: ВНИИЛМ, 2004. 199 с.
- Монастырский А.Л., Горбатовский В.В. Массовое разведение насекомых для биологической защиты растений. М.: ВО Агропромиздат, 1991. 239 с.
- Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты / под ред. В.В. Глупова. М.: Круглый год, 2001. 726 с.
- Строков В.В. Техника использования фауны для защиты леса. М., Ленинград: Гослесбумиздат, 1956. 67 с.

- Тарасевич Л.М. Вирусы насекомых. М.: Наука, 1975. 198 с.
- Франц Й., Криг Ф. Биологические методы борьбы с вредителями. М.: Наука, 1984. 250 с.
- Хижняк П.А., Бегляров Г.А., Стативкин В.Г., Никифоров А.М. Химическая и биологическая защита растений. М.: Колос, 1971. 215 с.
- Штейнхауз Э. Патология насекомых. М.: Изд. иностранной литературы, 1952. 839 с.
- Штерншис М.В. Повышение эффективности микробиологической борьбы с вредными насекомыми. Новосибирск, 1995. 193 с.
- Яновский В.М.. Лесозантомологический мониторинг: Учеб. пособие. Красноярск: КГУ, 1999. 96с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
История.....	4
Биологические основы.....	12
<b>Классический биометод: интродукция энтомофагов</b> .....	17
Этапы интродукции.....	23
<b>Метод наводнения и метод сезонной колонизации</b> .....	28
<b>Метод внутриареального переселения</b> .....	36
<b>Очажно-комплексный метод защиты леса</b> .....	40
<b>Использование позвоночных животных в защите леса</b> .....	47
<b>Генетический метод</b> .....	56
<b>Искусственное разведение насекомых</b> .....	58
Основные технологические этапы.....	62
Отбор продуктивных рас.....	73
<b>Насекомые – энтомофаги и паразиты, используемые в биологической борьбе</b> .....	75
Diptera (Двукрылые).....	78
Hymenoptera (Перепончатокрылые).....	80
Комплекс паразитов сибирского шелкопряда.....	87
<b>Микробиологический метод защиты леса</b> .....	90
Историческая справка.....	90
Основные принципы.....	96
Болезни лесных насекомых.....	97
Вирусные болезни лесных насекомых.....	99
Бактериальные болезни лесных насекомых.....	112
Грибные болезни насекомых.....	118
Болезни, вызываемые микроспоридиями.....	124
Болезни, вызываемые энтомогельминтами.....	128
<b>Биологические препараты, основанные на энтомопатогенах</b> .....	133
Характеристика бактериальных препаратов.....	137
Характеристика вирусных препаратов.....	141
Характеристика грибных препаратов.....	143
Биопрепараты на основе микроспоридий.....	144
Биопрепараты на основе нематод.....	145
Технология применения биологических препаратов против вредителей леса.....	145
Усиление инсектицидной активности биопрепаратов.....	148
<b>Использование биологически активных веществ</b> .....	149
Аттрактанты.....	149

Ингибиторы синтеза хитина.....	160
Гормоны.....	162
Репелленты.....	162
<b>Применение биопрепаратов против болезней лесных и декоративных растений.....</b>	<b>164</b>
Грибные препараты.....	165
Бактериальные препараты.....	165
Вирусные препараты.....	166
Антибиотики.....	167
Антагонисты.....	167
<b>Литература.....</b>	<b>169</b>

Издание вышло в свет в авторской редакции.

Подписано к печати 27.10.2014 г. Формат 60×84/16.  
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.  
Усл. печ. л. 9,9. Тираж 50 экз. Заказ № 601.

Отпечатано на оборудовании Издательского Дома  
Томского государственного университета  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36  
Тел. 8+(382-2)–53-15-28