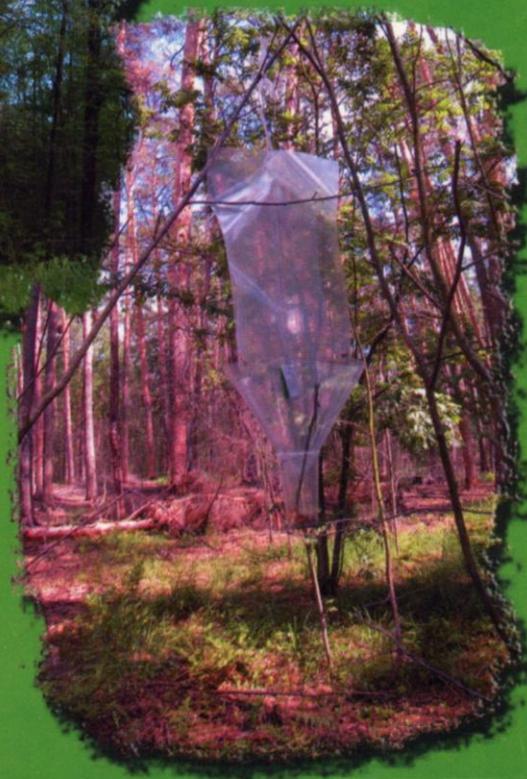


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ ЛЕСА

СПРАВОЧНИК

Том III



БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ
В ЛЕСАХ РОССИИ

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ ЛЕСА

Справочник

Том III

БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ
В ЛЕСАХ РОССИИ

УДК 630*27:630*4

ББК 44.6+44.7

Авторы:

Ю.Н. Баранчиков, к.б.н., ИЛИД (раздел 5.3, 5.4)
А.Н. Бобринский, Рослесозащита (разделы 1.2, 2.1, 2.2)
А. В. Голубев, д.б.н., профессор, МГУЛ (разделы 7, 13)
П.В. Гордиенко, к.б.н., Рослесозащита (раздел 9.3)
Б.С. Денисов, к.э.н., Рослесозащита (раздел 6.1, 6.2, 11.6)
В. М. Жирин, к.б.н., ЦПЭПЛ (раздел 4)
ЮЛ. Кондаков, к.б.н., ИЛИД (разделы 11.1-11.5)
Н.И. Лямцев, к.б.н., ВНИИЛМ (разделы 12, 13.2)
Н.В. Малышева, к.т.н., ВНИИЛМ (раздел 3)
АД. Маслов, к.б.н., ВНИИЛМ (раздел 8)
Л.С. Матусевич, к.б.н., МПР России (раздел 1.1)
Е.Г. Мозолевская, д.б.н., профессор, МГУЛ (разделы 10.1, 10.2)
В.М. Петько, к.б.н., ИЛИД (разделы 5.1, 5.2)
Э.С. Соколова, к.б.н., МГУЛ (разделы 9.1, 9.2)
В.К. Тузов, к.б.н., Рослесозащита (разделы 1.3, 2.3-2.6, 6.3, 9.3, 10.2, 11.7)

Под общей редакцией к.б.н. В.К. Тузова

Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В.К. Тузова. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.

Справочник по данному кругу вопросов публикуется впервые. На основе имеющихся нормативных документов, справочных пособия и иных литературных источников, а также собственных исследований авторов тщательно изложены и систематизированы все методы мониторинга вредителей и болезней леса. Справочник дает исчерпывающую информацию для осуществления полного цикла мониторинга с использованием самых современных технологий. Каждый метод мониторинга проиллюстрирован цветными фотографиями и рисунками. В справочник вошло большое количество вспомогательного материала, содержащего необходимую для осуществления мониторинга информацию, в том числе: таблицы фитомасс основных лесообразующих пород; таблицы угрозы повреждения основными видами вредителей; эталоны для определения категорий состояния основных лесообразующих пород.

Использование приведенного справочного материала позволит увеличить точность работ, значительно уменьшить трудозатраты, повысить вероятность прогнозов и их заблаговременность, улучшить обоснованность назначаемых мероприятий, снизить затраты на их осуществление. В итоге это повысит эффективность ведения лесного хозяйства и увеличит суммарный объем полезностей леса. Более раннее обнаружение очагов разнообразных факторов поражения леса позволит предотвратить их широкое распространение. Издание подобного справочного пособия ускорит и облегчит проведение лесопатологического мониторинга на территории России, позволит получать на всей территории сравнимые данные по состоянию и численности популяций лесных фитофагов и возбудителей болезней, а также верно интерпретировать полученные данные и использовать их для прогноза изменения лесопатологической ситуации.

ISBN 5-94219-112-3

© Winrock International, 2004

© Изд-во ВНИИЛМ, 2004

Данная работа стала возможной благодаря поддержке Отдела по развитию бизнеса и инвестициям Бюро по делам Европы и Азии Агентства США по международному развитию, в соответствии с условиями соглашения о сотрудничестве № GA-RU-5225-03-02.

Мнения, высказанные авторами, не обязательно совпадают с мнением Агентства США по международному развитию.

Содержание

| | |
|--|----|
| 1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА | 7 |
| 1.1. Лесопатологический мониторинг, как составная часть лесного мониторинга | 7 |
| 1.2. Основные понятия лесопатологического мониторинга..... | 9 |
| 1.3. Порядок организации лесопатологического мониторинга..... | 9 |
| 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА | 13 |
| 2.1. Определение числа и величины объектов мониторинга | 13 |
| 2.2. Лесозащитное районирование территории..... | 14 |
| 2.3. Проектирование сети лесопатологического мониторинга..... | 15 |
| 2.4. Пространственное размещение точек учета, пробных площадей и модельных маршрутов..... | 22 |
| 2.5. Проектирование детального надзора..... | 23 |
| 2.6. Определение трудозатрат для организации и эксплуатации натурной сети мониторинга | 23 |
| 3. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ | 25 |
| 3.1. Источники информации для ГИС-технологий в лесозащите..... | 26 |
| 3.2. Применение ГИС на федеральном, региональном и локальном уровне | 29 |
| 3.3. Выбор программного обеспечения и аппаратных средств | 31 |
| 3.4. Основные этапы и последовательность операций при формировании ГИС | 32 |
| 3.5. Хранение данных в ГИС..... | 35 |
| 3.6. Создание ГИС..... | 35 |
| 3.7. Подготовка и перевод данных в цифровую форму..... | 36 |
| 3.8. Географическая привязка данных..... | 40 |
| 3.9. Аналитические возможности ГИС | 41 |
| 3.10. Этапы использования ГИС-технологий при организации и ведении ЛПМ..... | 44 |
| 3.11. Нормативно-правовые вопросы..... | 46 |
| 3.12. Обучение персонала..... | 48 |
| 4. ОЦЕНКА ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ СЪЕМОК | 49 |
| 4.1. Классификация лесных повреждений для проведения лесопатологического дешифрирования материалов дистанционных съемок..... | 49 |
| 4.2. Формирование признаков дешифрирования..... | 53 |
| 4.3. Примеры оценки лесопатологического состояния лесов по аэрокосмическим снимкам | 56 |
| 4.4. Методические рекомендации по оценке лесопатологического состояния насаждений с помощью материалов съемок | 62 |
| 5. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРОМОНОВ | 65 |
| 5.1. Феромонные ловушки..... | 65 |
| 5.2. Диспенсеры | 67 |
| 5.3. Сферы применения синтетических феромонов | 67 |
| 5.4. Организация феромонного мониторинга..... | 68 |
| 6. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ | 69 |
| 6.1. Авиадесантные экспедиционные лесопатологические обследования | 69 |
| 6.2. Наземные экспедиционные лесопатологические обследования | 71 |
| 6.3. Особенности учетов численности и организации мониторинга в комплексных очагах вредителей..... | 73 |
| 7. МЕТОДЫ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ХВОЕ-И ЛИСТОГРЫЗУЩИХ НАСЕКОМЫХ | 75 |

| | |
|--|-----|
| 7.1. Расположение учетных единиц по площади участков и их число..... | 75 |
| 7.2. Учет насекомых в кроне дерева..... | 78 |
| 7.3. Частные случаи учета хвое- и листогрызущих насекомых в кроне дерева | 80 |
| <i>Учет кладок яиц дубовой зеленой листовертки</i> | 80 |
| <i>Учет зимующих гнезд гусениц златогузки</i> | 80 |
| 7.4. Учет хвое- и листогрызущих насекомых на стволе дерева | 81 |
| <i>Учет кладок яиц непарного шелкопряда</i> | 81 |
| <i>Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки в сосновых насаждениях</i> | 82 |
| <i>Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки в ельниках</i> | 82 |
| <i>Учет зимней пяденицы</i> | 83 |
| 7.5. Учет хвое- и листогрызущих насекомых, зимующих или окукливающихся в почве | 84 |
| 7.6. Планы последовательных учетов..... | 85 |
| 7.7. Обратный биномиальный учет..... | 86 |
| 8. УЧЕТ СТВОЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА | 87 |
| 8.1. Общий порядок анализа модельного дерева..... | 88 |
| 8.2. Выборочный метод учета на дереве | 88 |
| 8.3. Упрощенные методы учета стволовых вредителей | 89 |
| 8.4. Учет стволовых вредителей в насаждении..... | 90 |
| 8.5. Учет специфичных видов стволовых вредителей..... | 91 |
| 8.6. Оценка результатов учета..... | 91 |
| 9. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ОЧАГАХ БОЛЕЗНЕЙ | 93 |
| 9.1. Мониторинг болезней в питомниках и молодняках..... | 93 |
| 9.2. Мониторинг очагов болезней в насаждениях | 97 |
| 9.3. Методы мониторинга бактериальных болезней | 102 |
| 10. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ ЛЕСА НА СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ | 108 |
| 10.1. Последствия повреждений леса вредителями | 112 |
| 10.2. Методы интегральной оценки состояния деревьев и насаждений..... | 119 |
| 11. АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА | 124 |
| 11.1. Основные принципы использования гидрометеорологической информации для лесопатологического мониторинга..... | 124 |
| 11.2. Метеорологическая информация (основные формы и содержание)..... | 125 |
| 11.3. Метеорологические характеристики температурного режима..... | 127 |
| 11.4. Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода | 128 |
| 11.5. Оценка условий увлажнения вегетационного периода..... | 129 |
| 11.6. Примеры прогнозирования развития насекомых на основе метеорологической информации | 132 |
| 11.7. Влияние стихийных явлений погоды на состояние насаждений..... | 134 |
| 12. ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ФИТОФАГОВ | 138 |
| 12.1. Задачи и методы прогнозирования..... | 138 |
| 12.2. Закономерности динамики популяций как основа прогнозирования численности насекомых | 140 |
| 12.3. Прогноз динамики очагов | 143 |
| 12.4. Прогноз численности насекомых..... | 152 |
| 12.5. Краткосрочный прогноз повреждения ассимиляционного аппарата деревьев хвое- и | |

| | |
|---|-----|
| листогрызущими насекомыми | 159 |
| 12.6. Автоматизированная система прогнозирования распространения очагов. Адаптивный подход..... | 161 |
| 13. СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЛЕСОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ | 162 |
| 13.1. Определение последствий уничтожения ассимиляционного аппарата деревьев хвое- и листогрызущими насекомыми | 162 |
| 13.2. Определение потерь прироста | 165 |
| 13.3. Экономическая оценка последствий дефолиации насаждений хвое- и листогрызущими насекомыми..... | 165 |
| 13.4. Принятие решений о целесообразности хозяйственных мероприятий в очагах болезней | 167 |
| 13.5. Эколого-экономическое обоснование целесообразности системы лесопатологического мониторинга | 168 |
| ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ | 172 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА | 183 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 186 |
| <i>Приложение 1.</i> Число яиц в зависимости от веса кладки для основных видов вредителей | 186 |
| <i>Приложение 2.</i> Двухзначные случайные числа | 187 |
| <i>Приложение 3.</i> Зеленая масса ветви (г) в зависимости от её диаметра по породам..... | 188 |
| <i>Приложение 4.</i> Таблицы фитомасс и критических чисел гусениц для основных лесных формаций России | 188 |
| <i>Приложение 5.</i> Масса листьев дуба в зависимости от диаметра дерева на высоте груди | 203 |
| <i>Приложение 6.</i> Среднее число деревьев сосны на 1 м ² при полноте 1.0..... | 203 |
| <i>Приложение 7.</i> Изменение веса здоровых коконов самок и плодовитости обыкновенного соснового пилильщика по фазам вспышки | 203 |
| <i>Приложение 8.</i> Построение плана последовательного учёта с интервальной оценкой плотности популяции | 203 |
| <i>Приложение 9.</i> Диагностические признаки главнейших бактериальных болезней | 205 |
| <i>Приложение 10.</i> Категории состояния основных лесообразующих пород..... | 210 |
| <i>Приложение 11.</i> Классификация последствий повреждения леса и тяжести их проявления | 220 |
| <i>Приложение 12.</i> Классификация последствий повреждения вредителями и поражения болезнями деревьев и насаждений..... | 221 |
| <i>Приложение 13.</i> Число хвое- и листогрызущих вредителей, приходящихся в среднем на одно дерево или 1 м ² поверхности подстилки и почвы в насаждении и угрожающих ему 100%-м объеданием хвои или листвы (по Ильинскому, 1965)..... | 222 |
| <i>Приложение 14.</i> Плотность гусениц 1-го возраста на 100 г хвои или листвы, соответствующая различным степеням объедания (по модели Ф.Н. Семевского)..... | 222 |
| <i>Приложение 15.</i> Плотность гусениц 1-го возраста на 100 г хвои или листвы, соответствующая различным степеням объедания (по модели А.В. Голубева) | 223 |

1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В 1985 г. в Женеве была принята Конвенция о трансграничном переносе загрязняющих веществ на приграничных территориях стран Балтийского бассейна (Международная программа ЕЭК ООН). В 1989 г. была подготовлена единая интернациональная методика мониторинга лесов – методика ЕЭК. В рамках участия в этой программе в 1987 г. Гослесхоз СССР взял на себя обязательство создать сеть постоянных пунктов наблюдений за состоянием лесов в 500-километровой зоне вдоль западных границ СССР. Функции национального центра СССР по данной программе были возложены на Литовский НИИ лесного хозяйства. В 1990 г. Госкомлесом СССР при Московском специализированном лесоустроительном предприятии ВНИИЦлесресурс был создан Национальный центр лесопатологического мониторинга. Основная функция Центра – координация ведения мониторинга состояния лесов по программе ЕЭК ООН. Позднее Московское специализированное лесоустроительное предприятие было преобразовано в Российский центр защиты леса.

В большинстве европейских стран по этой программе были организованы и развернуты национальные системы мониторинга лесов, на пунктах учетов регулярно собирали информацию. В Российской Федерации мониторинг состояния лесов получил весьма ограниченное распространение, его ведение осуществлялось только на территории Калининградской, Ленинградской и части Тульской областей.

На Конференции по окружающей среде в Рио-де-Жанейро (июнь 1992 г.) была подчеркнута глобальная роль лесов для выживания и устойчивого развития человечества. Россия, подписав основные документы этой Конференции, взяла на себя обязательства на национальном уровне руководствоваться принципами устойчивого развития лесов и сохранения биологического разнообразия.

В соответствии с этими обязательствами было подготовлено и принято постановление Совета Министров Российской Федерации от 26 ноября 1993 г. "О создании Единой государственной системы экологического мониторинга". В этом документе была признана необходимость разработки и внедрения системы мониторинга лесов, которая должна стать составной частью общего экологического мониторинга.

Реализация единой научно-технической политики в области мониторинга лесов России практически начала осуществляться с принятием постановлением коллегии Рослесхоза от 21 октября 1993 г. "Основных положений по организации мониторинга лесов России". Государственная система лесного мониторинга на локальном, региональном и федеральном уровнях рассматривалась в рамках единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Согласно постановлению коллегии Рослесхоза, внедрение лесного мониторинга было возложено на территориальные органы управления лесным хозяйством, Главное управление лесоустройства Рослесхоза и ВНИИЦлесресурс. При этом на ВНИИЦлесресурс было возложено создание методического и программного обеспечения лесного мониторинга, координация работ по организации лесного мониторинга и его ведение на федеральном уровне.

В соответствии со ст. 69 Лесного кодекса Российской Федерации (1997), было намечено развитие мониторинга лесов в целях организации системы наблюдений, оценки, прогноза состояния и динамики лесного фонда для осуществления государственного управления в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, а также усиления их экологических функций.

1.1. Лесопатологический мониторинг, как составная часть лесного мониторинга

Лесной мониторинг – одна из главных функциональных задач органов управления лесным хозяйством. Объект лесного мониторинга – весь лесной фонд России, независимо от форм собственности на землю и лес.

Основная цель ведения лесного мониторинга – информационное обеспечение органов управления лесным хозяйством оперативной и точной информацией о состоянии и происходящих изменениях в лесном фонде России для сохранения устойчивого развития лесного сектора экономики как существенной составляющей развития общества в целом.

В соответствии с "Концепцией лесоустройства" и "Основными положениями лесного мониторинга в России", лесной мониторинг рассматривается как современная информационная технология регистрации текущих изменений состояния лесного фонда, вызванных природными и

техногенными воздействиями на леса, использующая специфические методы сбора и анализа информации и реализуемая в рамках специализированных структур, подведомственных органам управления лесным хозяйством. Лесной мониторинг обеспечивает регистрацию и оценку текущих изменений состояния лесов. В основе этой оценки лежат: данные государственного учета лесного фонда, государственного лесного кадастра и базового лесоустройства; данные регистрации лесохозяйственной деятельности; сведения, полученные при ведении общего надзора за состоянием лесов и при проведении специальных обследований и наблюдений. С учетом этой информации и основанных на ней прогнозов органами управления лесным хозяйством принимаются решения о проведении лесохозяйственных или лесозащитных мероприятий.

Единство системы информационного обеспечения лесного хозяйства обеспечивается тем, что лесной мониторинг опирается на сходные с другими информационными системами отрасли методы и способы сбора, обработки и передачи информации. Система показателей и структура информационных потоков лесного мониторинга строится с учетом требований Единой государственной системы экологического мониторинга, подсистемой которой он является.

Лесной мониторинг отражает весь комплекс факторов, влияющих на состояние лесов. В данном случае имеется в виду не только санитарное и лесопатологическое состояние лесов, но и их ресурсная, экономическая и экологическая оценка. Факторы, оказывающие влияние на состояние леса, как правило, взаимосвязаны. Поэтому разделение мониторинга на отдельные направления носит достаточно условный характер. Однако необходимость такого деления обусловлена различиями в детальности, методах и средствах наблюдения за состоянием лесов и факторами, влияющими на это состояние. По совокупности этих признаков выделяют такие виды лесного мониторинга, как: лесопожарный, ресурсный (учет лесного фонда), лесопатологический, мониторинг лесохозяйственной деятельности и др.

Лесопожарный мониторинг, как отдельное направление, выделяют в связи с огромным воздействием пожаров на состояние лесного фонда. Задачи и методы его специфичны, он отличается высоким, по сравнению с другими направлениями, уровнем организованности и отработанности системы, Лесопожарный мониторинг является частью системы информационного обеспечения службы охраны лесов от пожаров и обеспечивает слежение за возникновением пожаров, регистрацию их последствий, анализ данных и прогнозирование пожарной опасности. Этот вид мониторинга ведется службой охраны лесов от пожаров на территории, где целесообразно проведение борьбы с лесными пожарами. Практически, это территория, находящаяся в сфере действия авиационной и наземной службы охраны лесов от пожаров. Организация информационного обеспечения этой службы возложена на ФГУ "Авиалесоохрана".

Ресурсный мониторинг (учет лесного фонда) проводится органами управления лесным хозяйством по ежегодным статистическим и отраслевым учетным формам. Один раз в 5 лет эти данные и некоторые дополнительные показатели обобщают на федеральном уровне. Первоначально координационные функции по этому направлению выполняло специальное подразделение ВНИИЦлесресурс, а с 2000 г. ФГУП "Рослесинфорг".

Мониторинг лесохозяйственной деятельности проводят в лесах с интенсивным режимом пользования (хозяйственного, рекреационного), в лесных массивах, имеющих высокое средозащитное и ресурсное значение, на особо охраняемых природных территориях. Этот вид мониторинга предполагает широкий выбор методов и средств наблюдения и анализа данных об изменениях состояния лесов под воздействием разнообразных факторов. При этом в любом случае обеспечивается получение определенного минимального набора показателей с установленной точностью. Этот вид мониторинга предполагает получение информации о лесохозяйственной деятельности, а также ведение системы специальных наблюдений. Наблюдение ведется с применением дистанционных методов, в том числе крупномасштабной аэрофотосъемки, видеосъемки с малых высот, и комплекса методов наземного наблюдения, в который входят сплошные и выборочные обследования. Данный вид мониторинга осуществляется, в основном, на локальном и региональном уровнях путем сбора информации для регулярной государственной отчетности и отдельных запросов.

Лесопатологический мониторинг (ЛПМ) является наиболее сложной и развитой частью системы лесного мониторинга России. Как указано в «Положении о лесопатологическом мониторинге» (1997), целью лесопатологического мониторинга является получение и анализ информации о патологических изменениях в насаждениях для обоснования и принятия решений о необходимости проведения лесозащитных либо других лесохозяйственных работ, обеспечения рациональной хозяйственной политики.

Учитывая всеобщую деградацию лесных биоценозов, широкое распространение лесопатологических факторов, под лесным мониторингом, особенно в экологических программах, часто имеют в виду ЛПМ, поэтому в зависимости от задач ЛПМ может рассматриваться или как аналог общего лесного мониторинга, или как его составная часть. Отсюда следует, что при реализации ЛПМ необходимо обеспечить возможность трансформации информационной сети под разные

цели. Как и лесной мониторинг в целом, ЛПМ может иметь несколько уровней: *глобальный, федеральный, региональный, локальный*. Примером глобального мониторинга может служить наблюдение за влиянием на леса трансграничных переносов атмосферных загрязнителей по методике ЕЭК ООН. В России в настоящее время он осуществляется на территории Тульских засек по сетке 4x4 км. Для глобального ЛПМ могут с успехом использоваться и методы дистанционного зондирования с помощью различных видов съемок.

На федеральном уровне ЛПМ в полном объеме до сих пор не организован. Примером регионального мониторинга может служить система мониторинга за сибирским шелкопрядом в Иркутской обл. и Республике Бурятия. Локальный ЛПМ ведется в лесах музея-усадыбы "Ясная Поляна".

1.2. Основные понятия лесопатологического мониторинга

Под лесопатологическим мониторингом (ЛПМ) понимается, как правило, слежение за состоянием, или "здоровьем" леса (health monitoring). Понятие "состояние (здоровья) леса" близко к понятию "устойчивость", но не идентично ему. Оценка состояния возможно дать на фиксированный момент времени с последующей интерпретацией ее в различных целях. Оценка устойчивости связана с анализом достаточно длительного временного интервала и изначально предполагает конкретную целевую установку. Следует, однако, иметь в виду, что оба эти понятия являются субъективными и всегда, в прямой или опосредованной форме, сопровождаются указаниями на место, время, или цель их определения. Например: состояние молодняков, состояние насаждений, поврежденных промвыбросами, состояние заповедных лесов, устойчивость рекреационных лесов, устойчивость сосняков к корневой губке, устойчивость экологически ценных насаждений и т.д. Субъективность в оценке состояния (устойчивости) лесов является одним из слабых мест в построении информационной системы ЛПМ, поэтому формализация показателей состояния – это важная задача в данной проблеме.

Согласно Положению о лесопатологическом мониторинге: "Лесопатологический мониторинг (ЛПМ) – это система оперативного контроля за лесопатологическим состоянием лесов: нарушением их устойчивости, численностью (распространением), повреждением (поражением) вредителями, болезнями и другими природными и антропогенными факторами, – за динамикой этих процессов, обеспечивающая выявление патологических изменений состояния насаждений, оценку и прогноз развития ситуаций для своевременного принятия решений по осуществлению лесозащитных, либо других лесохозяйственных мероприятий".

Помимо понятия мониторинга, как системы периодических наблюдений на постоянных пунктах учета (ППУ), часто применяется понятие "мониторинг", как совокупность всей информации по данному вопросу. Основная задача лесопатологического мониторинга заключается в организации системы, позволяющей оперативно контролировать лесопатологическое состояние всей совокупности лесных насаждений минимальными силами.

Полный **цикл мониторинга** состоит из наблюдения (обнаружения, учета), анализа (обобщения), прогноза вероятного развития событий и принятия решения.

Объектами ЛПМ преимущественно являются леса, находящиеся в стадии ослабления, деградации или под воздействием постоянно действующего патологического фактора, а также сами эти факторы.

Элементами лесопатологического мониторинга являются рекогносцировочные, детальные и экспедиционные обследования; надзор за появлением и распространением вредителей и болезней; листки сигнализации; воздушная таксация насаждений при авиапатрулировании; статистическая и отраслевая отчетность, материалы фотосъемок и т.д. Отдельные элементы лесопатологического мониторинга, как правило, выполняются везде, где присутствует лесохозяйственная деятельность. Однако лесопатологический мониторинг может считаться организованным только тогда, когда все составляющие его элементы системно осмыслены, их объем и пространственное размещение детально обоснованы, работы проводятся по единому плану, а полученная информация имеет четкие параметры, область применения и достоверность.

1.3. Порядок организации лесопатологического мониторинга

Идеальный мониторинг – это регулярный по времени учет в каждом лесном выделе через достаточно малые промежутки времени. Однако применяться он может только в особых случаях на малых площадях, например для памятников природы или особо ценных лесных участков, так как требует очень больших трудозатрат.

Для построения оптимальной (с точки зрения трудозатрат и обоснованности управленческих

решений) системы мониторинга необходимо предусмотреть как минимум два этапа, исходя из допущения, что все участки леса, где на момент учета патология не выявлена, являются здоровыми.

На первом этапе с помощью достаточно грубых, но недорогих выборочных методов, необходимо получить информацию, которая позволит определить примерное местоположение "болевых точек", а также тенденцию и (или) вероятность изменения состояния лесного фонда в них. Такие данные, как правило, имеют относительную величину (например, разность в средних категориях состояния, процентное соотношение погибших и ослабленных насаждений, вероятное количество пораженных насаждений и т.д.), но они позволяют осуществить прогноз развития событий и принять решение о назначении превентивных мер.

Основными методами получения информации о состоянии насаждений при мониторинге на этом этапе являются: выборочные наблюдения на модельных участках, космическое зондирование, проведение феромонного надзора за появлением и распространением вредителей и т.д. Выбор элементарной единицы наблюдения зависит от уровня агрегации информации, уровня затрат и возможностей технического обеспечения. По состоянию выбранных модельных участков делается вывод о состоянии всего лесного фонда.

Полученные на этом этапе сведения, как правило, служат основой для принятия управленческих решений на федеральном уровне или уровне субъекта Федерации, поэтому порядок организации и проведения первого этапа мониторинга должен определяться федеральными структурами управления.

После обнаружения "болевых точек" необходимо получить о них более точную информацию для предотвращения вероятного ущерба в конкретных участках лесного фонда, поэтому переходят к следующему этапу лесопатологического мониторинга – детальному надзору. Методы детального надзора к настоящему времени достаточно хорошо разработаны и опробованы в практике лесного хозяйства. Поскольку проведение детального надзора требует специальных навыков и знаний, то осуществляться он должен, как правило, специализированными лесозащитными организациями.

Первый этап мониторинга выборочными методами может осуществляться или с помощью регулярной сети постоянных площадок учета различной густоты, или путем распределения этих площадок по статистически обоснованным выборкам (стратам) лесного фонда.

Например, мониторинг за влиянием на леса трансграничных переносов атмосферных загрязнителей, организованный в странах Европейского экономического сообщества, проводится на основе регулярной сети ППУ различной густоты. При этом ППУ планируются двух типов:

- элементарного наблюдения (сбор данных по небольшому количеству простых параметров, позволяющих дать оценку состояния лесной растительности, выявление региональных особенностей в развитии фитоценозов, проведение статистических исследований);
- интенсивного наблюдения (детальные исследования всех компонентов экосистем с использованием аналитических методов).

Основной недостаток этой методики состоит в том, что деградация насаждения определяется только по внешним признакам состояния отдельных пород деревьев. Кроме того, во-первых, закладку регулярной сети мониторинга можно осуществить только при условии транспортной доступности большинства лесных участков, поэтому данная методика не нашла широкого распространения в лесах России; а, во-вторых, возникают затруднения при статистической обработке данных по причине неравномерности выборок.

Мониторинг состояния лесного фонда путем распределения пунктов учета по статистически обоснованным выборкам (стратам) был проведен на территории Московской обл. Стратификация лесного фонда и выборочные методы применялись при организации фонового мониторинга за состоянием популяций сибирского шелкопряда в Иркутской обл. и Республике Бурятия.

При детальном надзоре сбор информации происходит как на плановой основе, так и единовременно, на основании листов сигнализации, полученных от работников лесной службы и "Авиалесоохраны".

Базовыми информационными звеньями системы детального надзора являются:

- поведельная лесопатологическая таксация лесов, осуществляемая в процессе выборочного, планового, экспедиционного или других видов обследований (например, для проектирования лесозащитных мероприятий);
- данные надзора за состоянием основных вредоносных факторов;
- поведельный банк таксационных данных;
- картографический банк данных;
- статистическая отчетность и прочая документация по санитарному и лесопатологическому состоянию лесов.

Технологически и функционально каждое звено (элемент) системы мониторинга может быть в значительной степени независимым.

Организация ЛПМ выборочными методами включает следующие последовательные этапы действий:

- выбор объектов ЛПМ;
- предпроектное обследование;
- проектирование ЛПМ;
- реализация сети ЛПМ;
- осуществление наблюдений и получение данных;
- анализ полученной информации;
- прогноз развития наблюдаемых в лесах патологических процессов и явлений и оценка их возможных эколого-экономических последствий;
- выбор оптимальных вариантов лесозащитных, а также других лесохозяйственных мероприятий и принятие решений по их осуществлению.

Прежде чем приступить к проектированию или, другими словами, технико-экономическому обоснованию лесопатологического мониторинга, необходимо как можно конкретнее определить цели и задачи, которые ставятся перед проектировщиками. Желательно, чтобы эти цели и задачи были зафиксированы в техническом задании, которое утверждает заказчик. Как правило, им является владелец или арендатор лесного фонда.

Проведение этапа предпроектного обследования можно исключить, если в течение ряда лет осуществлялись экспедиционные лесопатологические обследования или существует достаточно полная информация, собранная центрами защиты леса. Сбор данной информации наиболее целесообразно организовать на основе лесопатологического районирования лесов. Проектирование ЛПМ и последующие этапы подробно изложены в [разделе 2](#).

Сообразно местным особенностям динамики состояния лесов, региональные системы лесопатологического мониторинга должны иметь свою специализацию. При явной доминанте отдельных патогенных факторов необходимо акцентировать внимание на информации об их динамике, влиянии на состояние насаждений. Например, для регионов с высокой горимостью лесов актуальны проблемы оценки динамики численности популяций насекомых-ксилофагов; в ареалах вредоносности массовых видов хвое- и листогрызущих вредителей – динамика их численности, прошлая и текущая гидрометеорологическая обстановка.

Согласно принципам организации Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), одним из направлений которой является ЛПМ, необходима структурная дифференциация информационных систем по уровням государственного управления. Очевидно, что разные уровни государственного управления лесами предъявляют свои требования к информационному обеспечению, и структура информационных потоков должна определяться задачами этих уровней.

Локальный уровень мониторинга необходим органам управления лесами (лесхозам), владеющим частью лесного фонда какого-либо субъекта Российской Федерации. В этом случае мониторинг прежде всего должен решать задачи оперативного управления лесным фондом, а также служить базой для мониторинга более высокого порядка.

Структура информации о динамике состояния лесов, необходимая для эффективного управления лесами на **региональном уровне**, может быть определена как пространственная картина текущих изменений в масштабе эколого-хозяйственного деления лесного фонда региона (деление лесного фонда субъектов лесопользования по основным типам насаждений и категориям лесов). Элементарный объект мониторинга на региональном уровне – тип насаждений, выделенных по определенной методике на основе анализа структуры лесного фонда, находящегося в ведении отдельного субъекта лесных отношений.

Собственно отслеживаемые параметры остаются такими же, как и на локальном уровне, но укрупняется масштаб наблюдений. Перечень основных параметров состояния лесов, отслеживаемых на региональном уровне должен включать:

- площадь ослабления, усыхания и структура основных причин деградации лесов, запасы древесины в погибших древостоях;
- распространение и динамика состояния популяций насекомых-вредителей, болезней леса;
- объем и структура лесозащитных мероприятий.

Сообразно местным особенностям динамики состояния лесов, региональные системы лесопатологического мониторинга должны иметь свою специализацию. По отдельным важным проблемам, таким, как динамика численности наиболее опасных видов вредителей, могут быть созданы межрегиональные системы, обеспечивающие свободный обмен информацией.

В состав региональных систем лесопатологического мониторинга по мере необходимости должны входить локальные подсистемы, ориентированные на конкретные объекты местного масштаба (например, очаги промышленного загрязнения).

В ситуации разделения полномочий на разных уровнях государственного устройства, на

федеральном уровне управления лесами необходима наиболее общая, обзорная лесопатологическая информация, отражающая качественные и количественные характеристики динамики состояния лесов в масштабе административно-территориального деления. В состав этой информации должны входить следующие сведения:

- площадь ослабления, усыхания и структура основных причин деградации лесов, запасы древесины в погибших древостоях по группам и категориям защитности;

- распространение и динамика состояния популяций насекомых-вредителей, болезней леса по эколого-экономическим группам видов, группам и категориям защитности лесов;

- объем и структура лесозащитных мероприятий по группам и категориям защитности лесов.

Зависимость состояния лесов от разнообразных стихийных явлений и процессов различного происхождения безусловна. Время от времени возникает угроза или происходит повреждение лесов на больших пространствах, что сопровождается большим экономическим и экологическим ущербом. Наиболее яркий пример – лесные пожары. Массовые усыхания лесов, кроме того, связаны с погодными условиями и некоторыми видами насекомых. На **федеральном уровне** должны решаться проблемы масштабных повреждений, при угрозе или возникновении которых потребуются привлечение именно федеральных ресурсов. В этом случае пути снижения ущерба лежат в области оперативного пересмотра плана рубок и освоения запасов древесины в поврежденных лесах на основе своевременного учета и прогноза развития ситуации.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Основные цели лесопатологического мониторинга:

- своевременное обнаружение патологического состояния участков лесного фонда, оперативное выявление и диагностика патологических процессов в лесах;
- получение и анализ информации о патологических изменениях в насаждениях для обоснования и принятия решений о необходимости проведения лесозащитных либо других лесохозяйственных работ, обеспечении рациональной хозяйственной политики.

С точки зрения информатики, задачей мониторинга является определение двух основных закономерностей: распространение наблюдаемых признаков на определенной территории и динамика изменения наблюдаемых признаков во времени.

В идеале объектами лесопатологического мониторинга должны быть все леса, а также факторы, негативно влияющие на лесопатологическое состояние лесов. Однако на практике хозяйствующий субъект всегда ограничен финансовыми ресурсами, поэтому изначально в объекты мониторинга и методику сбора информации приходится вводить существенные ограничения.

Основными ограничителями объема собираемой информации являются:

- число и величина объектов мониторинга;
- количество наблюдаемых параметров;
- периодичность наблюдений;
- точность наблюдений.

Отсюда следует, что если мы хотим знать состояние всего лесного фонда, то придется жертвовать или величиной этих знаний, или временем их получения, или достоверностью (точностью) информации (см. раздел 8). Качество проекта лесопатологического мониторинга будет зависеть от сбалансированности вынужденных ограничений.

Проектирование ЛПМ – сложная и ответственная задача, поэтому при написании технико-экономического задания необходимо следить за тем, чтобы все выводы и принятые решения были логически или математически обоснованы.

2.1. Определение числа и величины объектов мониторинга

Число объектов мониторинга и их величина играют весьма существенную роль в его эффективности. Можно сэкономить значительные ресурсы, ограничив наблюдаемые объекты лесного фонда. Например, можно сосредоточить мониторинг только в особо ценных лесах или наблюдать за состоянием отдельных лесных пород, или только за определенными возрастными категориями лесов (спелые, молодняки) и т.д. В ряде случаев объекты мониторинга ограничиваются возможностью проведения в них наблюдений по выбранной технологии, что характерно для труднодоступных районов Сибири и Дальнего Востока.

Однако, как правило, в целях принятия государственных управленческих решений требуется иметь информацию о состоянии всего лесного фонда. В этом случае приходится вводить ограничения по другим параметрам.

Понятно, что фиксирование текущего состояния лесов не является самоцелью. Гораздо важнее иметь возможность управлять этим состоянием. Такую возможность можно получить, имея заблаговременную информацию о факторах, определяющих это состояние. Для разных регионов этот набор факторов будет иметь свои особенности.

Перечень объектов мониторинга должен предварять проект и быть тщательно обоснован, приведены основные показатели лесного фонда (площадь, породы, категории защитности и др.), а также статистика распространенности и степени влияния выбранных лесопатологических факторов.

Для создания перечня объектов мониторинга целесообразно предусмотреть этап предпроектного обследования, который может включать в себя проведение экспедиционных лесопатологических обследований, сбор данных о лесном фонде, сбор статистических и литературных сведений.

В состав этих данных входит информация о состоянии лесных насаждений: массовом размножении насекомых-фитофагов; грибных, вирусных и бактериальных болезнях деревьев и кустарников; проведенных мероприятиях с целью повышения устойчивости насаждений, подавления очагов вредителей и болезней. Условно эти данные можно разбить на шесть блоков:

- насаждения с повышенным количеством текущего отпада;
- данные об очагах хвое- и листогрызущих вредителей леса;

- информация об очагах прочих вредителей леса (кроме хвое- и листогрызущих);
- данные, характеризующие поражение лесов болезнями леса;
- информация о проведенных истребительных мероприятиях в очагах хвое- и листогрызущих вредителей;
- информация о прочих лесозащитных мероприятиях.

Эти данные могут быть использованы как для выбора первоочередных объектов мониторинга, так и для лесозащитного районирования.

2.2. Лесозащитное районирование территории

Технико-экономическое обоснование следует начинать с разработки схемы лесозащитного районирования территорий.

Как правило, территория лесного фонда в пределах крупных административных единиц неоднородна как по лесорастительным условиям, так и по распространенности вредителей и болезней. Лесопатологическое районирование необходимо для оптимального распределения трудозатрат и финансов, направляемых на лесозащитные цели, поэтому основным критерием для выделения лесопатологических районов или зон служит степень "вреда", наносимого лесному хозяйству каким-либо одним фактором или их комплексом. В случае с хвоегрызущими насекомыми степень вредоносности чаще всего определяется частотой возникновения вспышек массового размножения и ущербом от их реализации. Наиболее весомой частью ущерба является количество погибшего в результате этих вспышек леса.

Организация и проведение любого типа мониторинга – достаточно дорогостоящее мероприятие, поэтому, прежде всего, следует проанализировать экономическую необходимость включения того или иного участка лесного фонда в систему ЛПМ. При этом должен обязательно учитываться такой макроэкономический показатель, как "группа леса", так как он определяет основную целевую функцию, которая и влияет на принятие решений по защите.

Районирование территории по целям, методам и средствам ведения лесного мониторинга ведется на ландшафтно-экологической основе. Это позволяет получить постоянную, не зависящую от временных и случайных изменений основу для проектирования размещения сети пунктов наблюдения.

Решающее значение при выборе методов и периодичности ведения наблюдений имеет оценка экологического значения лесов, также определяющая экономическую целесообразность ведения мониторинга.

При выборе методов и средств ведения ЛПМ большую роль играют состав и уровень воздействия патогенных факторов, а также степень подверженности насаждений их воздействию. Определение этих факторов позволяет оценить риск возникновения изменений состояния лесов и, соответственно, необходимость наблюдения за их состоянием.

Комплексное районирование, учитывающее все перечисленные факторы, позволяет создать основу для составления схемы распределения насаждений по методам, средствам и периодичности ведения наблюдений.

Районирование территории по природным условиям, определяющим характер местообитания лесов, проводится также на основе комплексного подхода, позволяющего учесть весь спектр природных факторов – геологию, эдафоорографические условия, гидрологию, климатические параметры, лесорастительные условия. Таким комплексным подходом, учитывающим основные взаимодействующие компоненты природной среды, является ландшафтный метод, в частности – метод ландшафтно-морфологического анализа лесов.

Этот метод основан на том, что земная поверхность рассматривается как система взаимосвязанных природных территориальных комплексов (ПТК) различной сложности и величины. В процессе анализа последовательно выявляются ландшафтные страны, области, ландшафты, виды местностей, урочищ, фаций. Согласованное разномасштабное ландшафтное картографирование позволяет избежать ошибок определения природных рубежей и типологической принадлежности ПТК. В отличие от других известных методов природного районирования, этот метод изначально создавался с расчетом на потребности лесного хозяйства, оперирует близкими для специалистов лесного хозяйства понятиями и использует существующую в отрасли или относительно легкодоступную информацию.

Наиболее высокий уровень детальности и периодичности наблюдений при ведении мониторинга предусматривается в лесах первой группы. При этом приоритет лесов той или иной категории защитности зависит от особенностей региона.

Дополнительными факторами, позволяющими оценить значение данных лесов для региона, являются занимаемая ими доля площади и оценка уровня потерь, которые повлечет за собой утрата лесами возможности выполнения тех или иных функций. Примером могут служить горные

леса в селеопасных районах, занимающие незначительные площади, но определяющие степень безопасности для обширных территорий.

При районировании территории по методам и средствам ведения мониторинга также необходимо оценить практическую применимость получаемых результатов. Так, нецелесообразно организовывать детальное наблюдение за состоянием насаждений, в которых проведение лесозащитных и лесохозяйственных мероприятий невозможно в течение 2...3 лет после выявления их необходимости.

Следующим этапом при создании схемы районирования является подразделение лесов по уровню их устойчивости и степени подверженности негативным воздействиям. Учет этих характеристик позволяет оценить вероятность возникновения изменений состояния лесов и характер возможных последствий, а в зависимости от этого выбирать методы, средства и периодичность наблюдений.

В рамках поставленной задачи устойчивость лесов - это сохранение их жизнеспособности при воздействии различных природных и антропогенных факторов или их соответствие условиям, в которых они произрастают. Уровень устойчивости лесов определяется их реакцией на одинаковое по силе и характеру воздействие. Другими словами, лесные экосистемы со сходными характеристиками будут сходным образом реагировать на воздействие какого-либо фактора в зависимости от силы его воздействия.

Основой для разделения лесных массивов по степени их устойчивости является ландшафтно-экологическое районирование. Единицы районирования, в пределах которых выявляются лесные экосистемы с разным уровнем устойчивости, можно рассматривать как совокупность множества фаций, или лесных экосистем, обладающих разной степенью устойчивости.

Исходя из условия равного по силе и характеру воздействия фактора в пределах единицы районирования, предлагается следующий алгоритм определения устойчивости.

1. Фиксация наличия патогенных процессов и факторов их вызывающих в пределах конкретного региона. Определение пространственных границ территории с наличием патогенного процесса.

2. Выявление показателей лесорастительных условий в пределах контура: положение в рельефе, тип почв и условия увлажнения.

3. Определение лесоводственных и лесотаксационных показателей: состав, возрастная структура, классы бонитета, полнота, наличие подроста, подлеска, характеристика напочвенного покрова.

4. Выявление положения пораженного насаждения в ряду динамических смен: коренные, условно-коренные леса, производные леса и устойчиво производные леса. Лесные культуры являются отдельной категорией.

Сопоставление оценки лесопатологического состояния с указанными показателями позволит выявить типы лесных экосистем с пониженной устойчивостью к какому-либо фактору.

Границы лесозащитных районов по возможности должны совпадать с административными или лесохозяйственными границами. Если ЛПМ проектируется как часть ЕГСЭМ, то границы районов должны соответствовать и экологическим критериям. В экологическом мониторинге границами районов (участков, фаций), как правило, служат водоразделы, а сами участки совпадают с бассейнами больших или малых рек.

2.3. Проектирование сети лесопатологического мониторинга

Сеть постоянных пунктов учета необходимо ориентировать на получение информации о текущем состоянии лесных пород. Это особенно важно, когда на леса воздействует комплекс негативных факторов, из которого сложно выделить ведущий или когда модифицирующие факторы неизвестны.

Постоянные пункты учета (ППУ) по территории можно расположить 4-мя способами: случайный отбор, систематический способ, метод послышной выборки, комбинация этих методов (см. раздел 7). Как правило, на практике применяют два из них – регулярная сеть постоянных пунктов учета (систематический способ) и метод послышной выборки.

Наиболее распространенный вариант мониторинга на регулярной сети ППУ изложен в Методике организации и проведения регионального мониторинга лесов европейской части СССР. Согласно данной методике, подготовительный этап начинают с подбора картографического материала. Обычно используют планы лесонасаждений масштаба 1:25 000. Затем переходят к проектированию биоиндикаторной сети. Биоиндикаторная сеть представляет собой квадраты со сторонами от 10 до 0.5 км. На территории Тульских заповедников, например, биоиндикаторная сеть имеет размер ячеек 2 X 2 км (рис. 1).

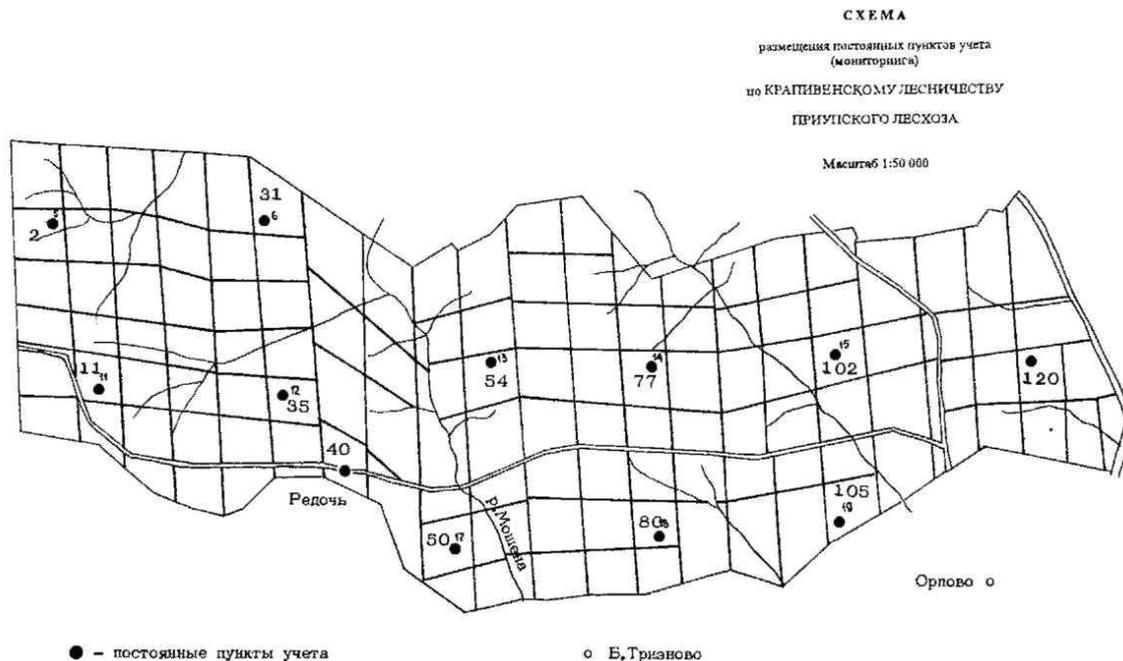


Рис. 1. Сеть постоянных пунктов учета, заложенных на регулярной основе в Тульских засеках

Точки пересечения сети наносят на планы лесонасаждений. ППУ должен подбираться не дальше 500 м от намеченных точек и не ближе 55...40 м от края таксационного выдела и опушки леса. ППУ привязывают к хорошо заметным ориентирам в природе – квартальным просекам, трассам, канавам и дорогам. Расстояние до этих ориентиров измеряют мерной лентой или шагами, а место на ориентире, от которого начинается измерение расстояния, обозначают краской на деревьях с указанием направления или забивают столбик, делая небольшую насыпь (курганчик). Привязку фиксируют на учетной карточке, где указывают азимут и расстояние до центра ППУ. Если



Рис. 2. Маркировка центрального дерева постоянного пункта учета по методике на регулярной основе

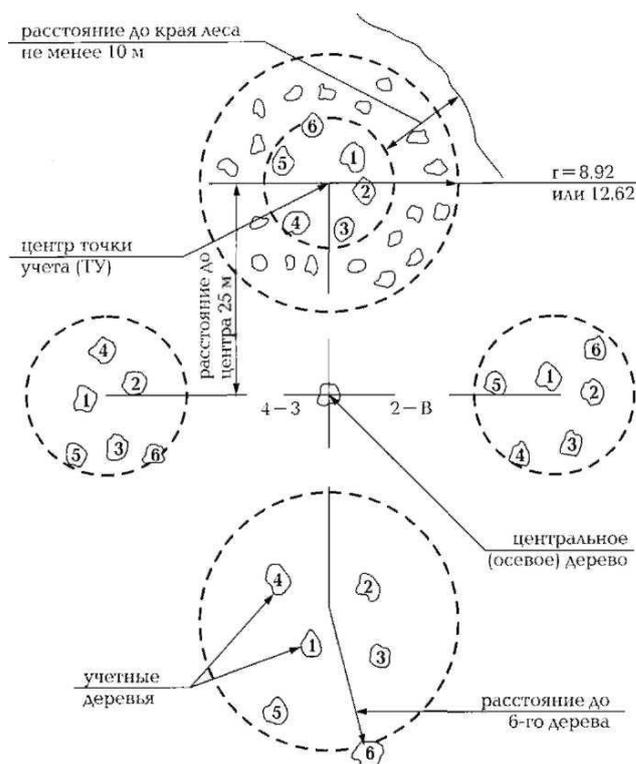


Рис. 3. Маркировка центрального дерева постоянного пункта учета по методике на регулярной основе

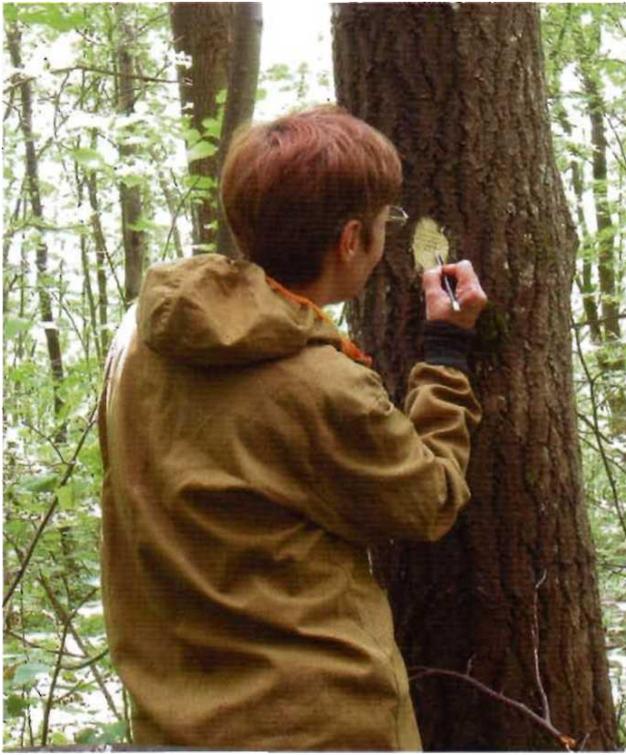


Рис. 4. Обозначение на местности постоянного пункта учета по методике на регулярной основе

развития по Крафту. Всего на каждом ППУ оценке подлежат 24 дерева.

На каждое учетное дерево на высоте 1.6 м белой масляной краской (на березе лучше красной краской) наносят номера: в числителе очередной номер учетного дерева (от 1 до 6), а в знаменателе – номер ТУ (1-С, 2-В, 3-Ю, 4-З). На высоте 1.3 м от шейки корня наносят сплошную линию по окружности ствола. Она служит местом измерения окружности дерева при данном и последующих учетах (рис. 4).

Основные показатели учетных деревьев следующие: порода, периметр дерева (в см) на высоте 1.3 м. класс Крафта, состояние вершины, наличие сухих сучьев (% общего количества), степень плодоношения, возраст хвои, дефолиация кроны (%), в том числе верхней части, дехромация кроны (в %), категория состояния, повреждение деревьев (%) вредителями, болезнями, другими факторами с градацией в 10 %.

Оценка состояния крон включает определение степени дефолиации (потери хвои или листвы) и степени дехромации (изменение цвета – пожелтение, побурение) учетных деревьев (в %) с градацией 10 %.

Дехромацию следует определять, в основном, в солнечную погоду. Запрещается определять дехромацию против солнца и без биноклей.

Работы по определению дефолиации и дехромации проводят в июле – первой половине августа, т.е. в период полного развития листвы, побегов этого года и прекращения побочного воздействия цветения хвойных пород.

Категория состояния дерева оценивается по критериям, приведенным в разделе 10.

На каждой точке учета дополнительно обмеряют модельное дерево. Для этого среди основных лесообразующих пород подбирают среднее по диаметру, с нормальной (несломанной) вершиной дерево.

У каждого модельного дерева устанавливают следующие показатели:

- диаметр кроны – средний по двум направлениям, м;
- высота дерева, м;
- высота до первых зеленых ветвей, м;
- высота до первых сухих ветвей, имеющих веточки 2-го и 3-го порядка, м;
- возраст хвои, лет (обычно, в нормальных здоровых насаждениях сосны составляет 2...5 лет, у ели – 4...7 лет).

У хвойных пород визуально, с помощью бинокля, определяют отношение годичного прироста ствола в высоту и годичного прироста боковых ветвей. Оцениваются те ветви, у которых самый большой прирост. Записываются такие шифры:

- деревья без четко выраженного центрального побега – 0;
- здоровые насаждения – 1;

в центре ППУ отсутствует дерево, то в землю вкапывают столбик с таким расчетом, чтобы его можно было легко обнаружить при повторном обследовании (рис. 2).

В каждом ППУ закладывают 4 точки учета (ТУ) по направлениям сторон света на расстоянии 25 м от центрального (осевого) дерева. ТУ нумеруют: от 1 до 4. В центре точки учета забивают столб высотой 0.5...0.7 м (рядом можно выкопать ямку или сделать курганчик). От центра ТУ измеряют точное расстояние до 1-го и 6-го учетных деревьев. Расстояние меряют рулеткой с точностью 10 см до середины диаметра ствола (рис. 3).

Кроме того, дополнительно на каждой ТУ от центра закладывают круговые площадки размером (радиусом) 8.92 м или 12.62 м (соответственно площади 250 м²; 500 м²) с расчетом взятия в пересчет 6-ти деревьев постоянного мониторинга. При этом на каждой площадке должно быть не менее 19 деревьев. Таким образом, на каждом ППУ будет учтено около 100 деревьев, что дает возможность использовать ППУ как обычные пробные площади.

В каждой точке учета подбирают по 6 живых деревьев из первого яруса, I – III классов

- слабоповрежденные насаждения – 2;
- среднеповрежденные насаждения – 3;
- сильно поврежденные насаждения – 4.

У *лиственных пород* подобные измерения не проводят.

Высота покрытия ствола модельного дерева мхами, начиная от корневой шейки, выражается в дециметрах. Высота покрытия мхами от 0 до 5 м оценивается с точностью 1 дм, выше 5 м – с точностью 1 м; в знаменателе указывается процент охвата ствола мхами на отрезке до высоты их поднятия. Данные записывают в графу "Мхи".

Покрытие ствола модельного дерева лишайниками на высоте 1.3 м указывают в процентах. Для этого на высоте 1.3 м по окружности ствола прикрепляют швейный сантиметр и проводят подсчет покрытой лишайниками поверхности. Данные записывают в графу "Лишайники".

Для деревьев *второго яруса* указывают только состояние.

При учете *подроства и подлеска* указывается его наличие на ППУ (есть, нет) и состояние (жизнеспособный, угнетенный).

Во время проведения полевых работ в точках мониторинга буровом берут образцы на прирост. Образцы берут у деревьев основных пород (ели, сосны, дуба, березы, ясеня, липы) из основного полога насаждения (I и II классов Крафта). Бурение производят на высоте 1.3 м от корневой шейки по двум направлениям (север и юг).

Чтобы организовать наблюдения, удовлетворяющие условиям выборочного метода исследований (оценки), целесообразно произвести расслоение (стратификацию) совокупности на более мелкие единицы. Для биологических систем, и лесных в том числе, за единичный объект часто принимается биогеоценоз, который выделяют по ряду характерных для него признаков. Для лесных биогеоценозов таковыми считаются однородность (однотипность) возрастной структуры, состава пород древостоя, происхождения, динамики биологических процессов и т.д. Эти основные признаки биогеоценоза с той или иной степенью объективности и точности, равно как и его границы, фиксируются лесоустройством для каждого лесного насаждения. Поскольку понятие "лесное насаждение" или "таксационный выдел" в определенной степени соответствует понятию "биогеоценоз", для задач лесопатологического мониторинга за единичный объект принимается лесотаксационный выдел.

Реальную связь с состоянием насаждения имеют основные таксационные характеристики, известные для каждого выдела – породный состав, происхождение, возраст, тип леса (или тип условий произрастания), класс бонитета, полнота. При стратификации лесов на типы насаждений предлагается использовать именно эти показатели. При этом возможно укрупнение типов насаждений (например, насаждения 1б, 1а и 1 классов бонитета – в группу высокобонитетных насаждений, а 5а и 5б классов – в группу низкобонитетных). Подобное укрупнение типов насаждений в группы допустимо и для породного состава, полноты и возраста. Например, для стратификации лесов Московской обл. по типам насаждений, проводимой при организации лесопатологического мониторинга, были приняты следующие объединения:

- по происхождению главной породы в насаждении -лесные культуры или естественные насаждения;
- по месту главной породы в структуре полога – первый или второй ярус (по материалам таксации для региона установлено около 30 вариантов сочетаний групп этих признаков);
- по доле участия главной породы в составе древостоя – чистые (8... 10 единиц состава), с преобладанием главной породы (5...7 единиц) и смешанные (менее 5 единиц);
- по типам леса – 11 групп (установлено лесоустройством для Московской обл.);
- по возрасту – принятое деление на классы возраста;
- по полноте – высокополнотные (с относительной полнотой от 0.8 до 1.0), среднеполнотные (0.6...0.7), низкополнотные (0.4...0.5) и несомкнутые (менее 0.4 и редины).

Наиболее крупное деление лесов региона при проектировании сети лесопатологического мониторинга выполняется в соответствии с лесорастительным районированием. Внутри лесорастительного района для каждой группы лесов, сформированной согласно перечисленным выше признакам, должна быть определена представительность страты в общей совокупности насаждений. Наиболее рациональное размещение сети выборочных наблюдений сопряжено с оценкой стоимости каждой группы лесов (страты). Однако подобная оценка сложна из-за невозможности точного определения сырьевой составляющей в условиях несбалансированности цен и вследствие низкой точности существующих методов стоимостной оценки недревесных полезностей леса.

Стратификацию насаждений удобно осуществлять с помощью компьютерных технологий. С этой целью Российским центром защиты леса был разработан и успешно внедрен в производство комплекс программ, позволяющих быстро и точно производить эту операцию.

Одно из условий успешного осуществления мониторинга и его отличительная особенность – *регулярность наблюдений*. При наблюдении за параметрами состояния древостоя достаточно

КАРТА ЛЕСОВ

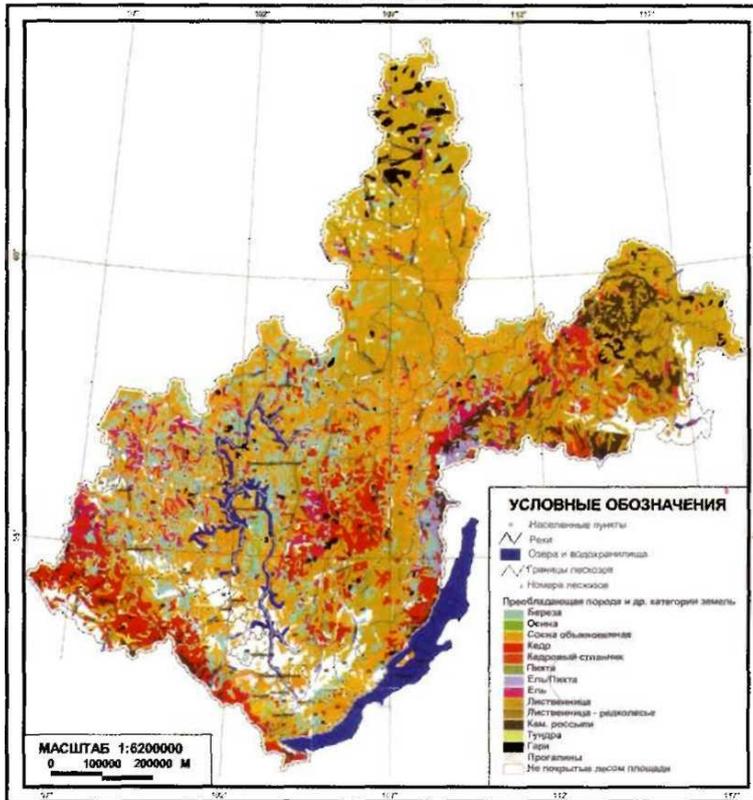


Рис. 5. Карта лесов Иркутской области

ЗОНЫ ЛЕСОЭНТОМОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

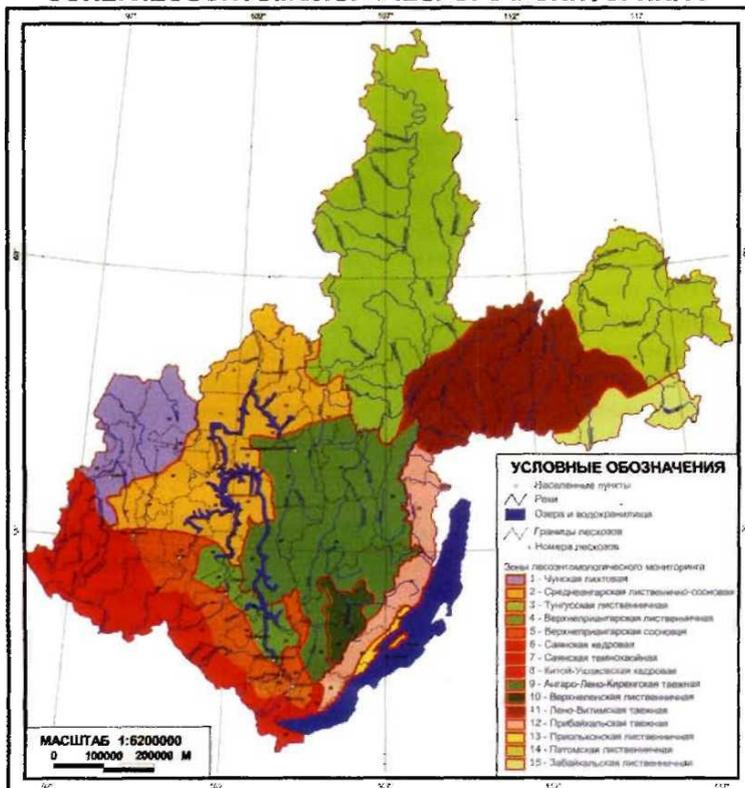


Рис. 6. Лесопатологическое районирование лесов Иркутской области

проводить наблюдения один раз в 1...5 лет, исходя из задач мониторинга, класса устойчивости насаждений и финансовых возможностей. Оптимальный срок наблюдений – окончание вегетационного периода (июль-август).

Состояние насаждений – это интегральный показатель влияния на устойчивость деревьев целого комплекса факторов. Если достоверно известно, что большая часть этого влияния определяется одним или двумя факторами, то появляется возможность предсказать состояние древостоя, наблюдая за динамикой только данного фактора (или факторов). В этом случае мы получаем не только выигрыш по времени, но и значительную экономию трудозатрат.

Например, известно, что состояние кедровых и пихтовых древостоев в некоторых областях Сибири определяется, в основном, динамикой численности сибирского шелкопряда. Таким образом, организовав фоновый мониторинг за этим вредителем, получаем возможность контролировать состояние этих лесов.

Алгоритм организации фонового ЛПМ за сибирским шелкопрядом может быть использован и для других неблагоприятных факторов влияния на леса.

Как и в предыдущем случае, начать следует с анализа лесного фонда (рис. 5). Проанализировав данные лесного фонда, получаем площади насаждений, подлежащих мониторингу, в разрезе пород. Так как далеко не все типы леса заселяются сибирским шелкопрядом (рис. 7), исключаем непригодные типы леса и получаем площади страт, которые необходимо включить в ЛПМ. Если площадь одной из пород составляет 5...10 % лесного фонда, страты можно объединить (рис. 6).

При расчете количества постоянных пунктов учета учитывают следующие факторы:

- количество выделенных лесотипологических разностей (страт);
- заданную достоверность и точность результатов;
- коэффициенты вариации плотности популяции сибирского шелкопряда.

Количество постоянных пунктов учета (ППУ) в каждой из страт зависят от необходимого количества модельных деревьев, или учетных площадок, т.е. постоянных точек учета (ПТУ). Количество ПТУ зависит, в свою очередь, от уровня требований к качеству получаемых данных и степени вариации (изменчивости) самих данных. Качество данных характеризуется, прежде всего,

Пример схемы расположения маршрутного хода
в Прибрежном лесничестве Приозерского лесхоза
Республики Бурятия
Лесоустройство 1991 г.
Масштаб 1:25 000

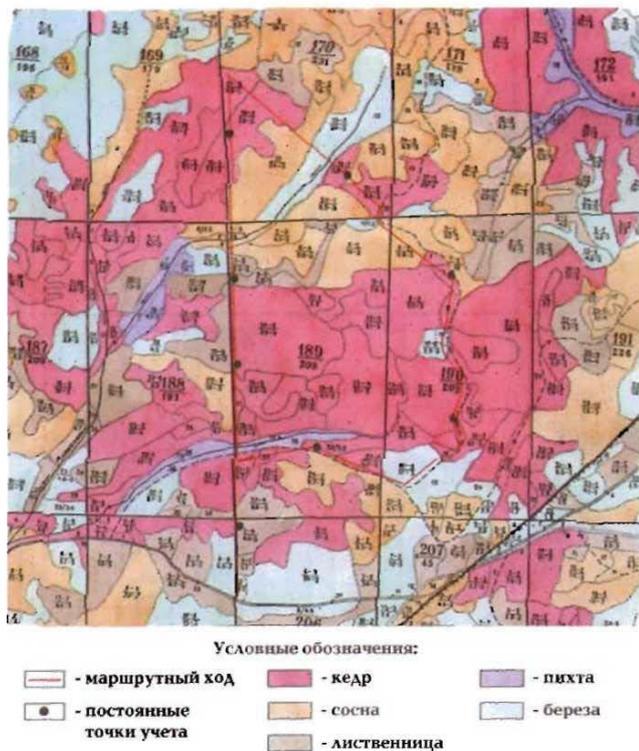


Рис. 8. Нанесение на план лесонасаждений постоянных пунктов учета и маршрутных ходов



Рис. 9. Обозначение на местности начала постоянного маршрутного хода

именно фазе нарастания численности, поэтому количество ППУ для мониторинга должно быть максимально.

Лесопатологический мониторинг за сибирским шелкопрядом на подобранных участках осуществляется по маршрутным ходам (рис. 8). Закладка постоянного маршрутного хода проводится, как правило, по визирам с их разрубкой и промером. Протяженность маршрутов составляет 6...10 км (в среднем 8 км). В начале каждого хода ставят столб, на котором делают отметки о номере маршрута и годе его закладки (рис. 9). Проводится привязка маршрутного хода к квартальной просеке, дороге, реке или другому объекту, отмеченному на картографических материалах. Ход наносят на схему постоянного пункта учета. В конце маршрутного хода ставят столб, на который наносят те же надписи, и указывают протяженность хода.

На каждом маршрутном ходе подбирают постоянные точки учета вредителя (из расчета 1 точка на 1.5 км хода). Их закладывают в насаждениях, предпочитаемых шелкопрядом (рис. 10). В зависимости от длины маршрутного хода количество точек учета должно составлять 5...7 шт., их необходимо нанести на схему постоянного пункта учета. Способы учета выбирают в зависимости от сроков обследования, с учетом, фенологии сибирского шелкопряда. Для шелкопряда учеты проводят на фазе гусеницы во время ее питания в кроне или зимовки в подстилке (рис. 11).

При организации работ по надзору за сибирским шелкопрядом необходимо учитывать экологические условия территории и особенности развития вредителя в конкретной зоне.

Количество ППУ определяется оптимальным соотношением трудозатрат на перемещение между ними и нормами выработки учетных работ на каждом ППУ.



Рис. 10. Оформление на местности постоянной точки учета



Рис. 11. Модельное дерево на постоянном маршрутном ходе

2.4. Пространственное размещение точек учета, пробных площадей и модельных маршрутов

Участки для размещения натурной сети лесопатологического мониторинга подбирают согласно пропорциональной представительности основных типов насаждений (страт) и их распространению. При этом нужно стремиться к случайному распределению ППУ внутри страты. Для организации и эксплуатации сети мониторинга существенное значение имеют доступность и компактность выбираемых участков, что, безусловно, приходится учитывать. В соответствии с изложенными требованиями, для каждого лесничества подбирают 1...2 участка площадью 300...400 га каждый. Подбор кварталов осуществляют по картографическим материалам: топографическим картам масштаба 1:200 000 и 1:100 000, общим схемам лесохозяйственного предприятия, планам лесонасаждений. Для прокладки модельного маршрута выделы внутри кварталов выбирают с учетом возможности их точной привязки и надежной идентификации при прохождении маршрута. Площадь выдела для модельного маршрута должна составлять не менее 1 га. По протяженности маршрут не должен превышать среднего дневного перехода. Предпочтительны маршруты, привязанные к существующим линейным ориентирам и дорожной сети, особенно кольцевые маршруты с надежными ориентирами на местности. Подобранные для модельного маршрута участки леса фиксируют на плане лесонасаждений как проектные. Для закладки ППУ выбирают насаждение из числа наиболее типичных, с наличием нескольких пород в составе, приспевающим или средневозрастным древостоем. Площадь выдела под ППУ должна составлять не менее 2...5 га. В идеальном случае участок под ППУ располагается на модельном маршруте. После закладки ППУ данный выдел должен быть исключен из хозяйственного использования в установленном порядке. В таксационных описаниях в выделах соответствующих кварталов (в разделе "Хозяйственные распоряжения") производится запись о ведении данных работ.

Для некоторых видов вредителей принцип расположения ППУ может быть скорректирован в соответствии с их биологическими особенностями. Например, известно, что дубовая листовёртка предпочитает южные опушки леса, там и следует закладывать ППУ.

В любом случае ППУ следует располагать в местах, где наблюдается наибольшая численность вредителя, так как здесь проявляется наибольшая вариация признака, и, соответственно, именно здесь существует максимальная возможность выявить закономерности динамики его численности.

Учитывая тот факт, что наблюдения при мониторинге проводят длительное время на

фиксированных участках, важное значение приобретает проблема искажения данных в результате осуществления самого наблюдения. В том случае, когда предыдущий учет на постоянных пунктах учета искажает повторный учет, необходимо обязательно иметь резервный ППУ, желательно в этом же выделе. Это особенно актуально для учетов методом околата на полог для сибирского шелкопряда или учетов по яйцекладкам шелкопряда монашенки. При повторном учете на этих же деревьях чистота наблюдений будет уже нарушена, поэтому следует предусмотреть резервные учетные деревья с аналогичными таксационными характеристиками. Это же касается учета соснового клопа и раскопок пилильщика, так как личинки последних накапливаются в почве за ряд лет.

Количественный и качественный состав информации, поступающий от сети ЛПМ, диктует определенные условия к программно-техническим комплексам, обеспечивающим ведение банков данных регионального уровня и контроль за движением информации:

- возможность работы в сети;
- ГИС-технологии;
- открытая архитектура;
- широкий доступ к внешним базам данных.

Техническое оснащение и прочие условия работы тесно связаны с индивидуальными запросами и привычками конкретного специалиста. Однако современные требования и характер анализируемой информации определяют необходимость применения ГИС-технологий и настольных издательских систем.

В настоящее время существует множество программ ведения баз данных, которые можно использовать для хранения информации ЛПМ. На данном этапе мы рекомендуем использовать пакет программ "Лесопатологический мониторинг", разработанный фирмой "Консультант" и внедренный в Российском центре защиты леса.

2.5. Проектирование детального надзора

Порядок ведения детального надзора подробно изложен в "Наставлении по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России" (2001). Его отличают конкретные показатели (площадь, запас и т.д.) информации и точная привязка к лесохозяйственным единицам (лесхоз, лесничество, квартал, выдел). Проектирование детального надзора сводится к задачам, скорее, организационным, нежели технологическим. Однако и в этом случае предварительно необходимо провести лесозащитное районирование.

2.6. Определение трудозатрат для организации и эксплуатации натурной сети мониторинга

В процессе опытных работ по организации и эксплуатации сети мониторинга в Московской и Тульской областях были определены рациональные составы исследовательских групп и примерные нормы выработки на полевые работы по созданию сети маршрутов лесопатологического мониторинга и сбору необходимой информации.

Закладка натурной сети маршрутных ходов и постоянных пунктов учета (ППУ) проводилась силами регионального центра с привлечением работников лесной охраны. Все работы выполнялись постоянными группами, работающими полный сезон. Наиболее удобно работать в группе из 3 человек (инженер-лесопатолог с дополнительной подготовкой и два обученных техника). Руководитель группы – подготовленный специалист, имеющий опыт практической работы и знающий объект наблюдений. На этом этапе решались организационные вопросы, связанные с размещением рабочих групп, транспортным обеспечением работ, а также проводилось обучение руководителей групп методам и приемам работ.

Нормативы трудозатрат по организации сети приведены в табл. 1.

Для работ по эксплуатации сети в каждом лесохозяйственном предприятии организуется группа, возглавляемая специалистом-лесопатологом. При эксплуатации численный состав рабочих групп может быть сокращен до одного инженера-руководителя и одного техника. Ориентировочные трудозатраты по данному этапу приведены в табл. 2.

Таблица 1. Трудозатраты по организации сети лесопатологического мониторинга

| Вид работ | Норма выработки | Необходимое число специалистов | |
|--|-----------------|--------------------------------|------------------|
| | | инженер | техник (рабочий) |
| Подготовительные работы, сут. | пвр. | 1 | - |
| Закладка натурной сети маршрутных ходов ППУ, км | 4.5 | 1 | 2 |
| Лесопатологическая таксация на маршрутных ходах, км | 8 | 1 | 2 |
| Закладка постоянных пунктов учета (модельные деревья), шт. | 18 | 1 | 2 |
| Переезды и переходы в районе производимых работ, сут. | пвр. | 1 | 2 |

Таблица 2. Трудозатраты по эксплуатации натурной сети лесопатологического мониторинга

| Вид работ | Норма выработки | Необходимое число специалистов | |
|---|-----------------|--------------------------------|------------------|
| | | инженер | техник (рабочий) |
| Повторная лесопатологическая таксация по маршрутному ходу ППУ, км | 8 | 1 | 1 |
| Повторный учет по модельным деревьям на ППУ, шт. | 21 | 1 | 1 |
| Повторный учет на площадках в лесной подстилке ППУ, шт. | 32 | 1 | 1 |
| Переезды и переходы в районе производимых работ, сут. | пвр. | 1 | 1 |

3. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

К настоящему времени во многих странах мира геоинформационные системы (ГИС) и технологии получили признание, развиваются и используются как инструмент устойчивого управления лесами. Развитие ГИС-технологий и внедрение их в практику управления лесами обусловлено необходимостью оперативного использования больших объемов данных, потребностью их точной адресации и пространственного анализа. Значение ГИС-технологий для лесозащиты, лесоустройства и лесного хозяйства в целом общепризнано.

Геоинформационная система и географическая информационная система родственные, но не эквивалентные понятия. Геоинформационная система, в отличие от географической, в общем случае является интегрированной системой, направленной на поддержку принятия решений в различных предметных областях, а не только в геодезии и географии. Далее мы будем придерживаться такого же понимания термина, рассматривая ГИС как геоинформационную систему, или информационную систему с пространственной локализацией данных.

ГИС принято определять как набор аппаратно-программных средств, предназначенных для эффективного получения, хранения, обновления, обработки, анализа и отображения всех видов географически привязанной информации. Строго говоря, геоинформационная система (ГИС) и ГИС-технология различаются. ГИС-технология – это технология обработки информации, включающая применение и других систем, которые не относятся к ГИС, т.е. сфера действия ГИС-технологии шире, чем ГИС.

Необходимость использования ГИС при организации и ведении лесопатологического мониторинга обусловлена потребностью эффективного сбора, обобщения и оценки разнообразных источников информации, многие из которых имеют пространственную привязку. Принятие решений по защите леса от вредителей и болезней, в том числе и назначение лесозащитных мероприятий, строится на анализе временных рядов биологических, лесных, климатических и экономических данных. Прогноз возникновения очагов массового размножения вредителей и болезней основан на ретроспективном анализе многолетних наблюдений, с привязкой к конкретным участкам и территориям.

ГИС можно считать оптимальной технологической основой лесопатологического мониторинга, так как она позволяет регистрировать, совмещать, обрабатывать, обновлять и выдавать по запросу пользователя в заданной форме (текст, тематические карты, картосхемы, картограммы, графики, гистограммы, таблицы и пр.) информацию о численности вредителей и распространении болезней леса, о местонахождении и приуроченности очагов насекомых-вредителей и болезней, проведенных лесозащитных мероприятиях. Не менее важно иметь пространственно обобщенные данные о неблагополучном состоянии лесов.

Цель создания и использования ГИС при организации и ведении лесопатологического мониторинга – информационная поддержка и принятие обоснованных решений по защите лесов от вредителей и болезней, сохранению их устойчивости и продуктивности, предотвращению ущерба с учетом экологической и экономической целесообразности.

Для определения места и роли ГИС при организации и ведении лесопатологического мониторинга необходимо исходить из общих принципов и опыта их создания в других предметных областях. В общем случае основные составляющие любой ГИС – это данные, аппаратно-программные средства и обученный персонал. Поэтому для определения места и роли ГИС в ходе организации и ведения лесопатологического мониторинга необходимо охарактеризовать:

- информационные потоки и источники исходной информации, их особенности и доступность;
- технические и программные средства, необходимые для создания ГИС;
- общие принципы и этапы создания ГИС – информационной системы с пространственной локализацией данных;
- аналитические возможности ГИС для пространственного анализа и прогнозирования;
- опыт использования ГИС в отечественном лесном хозяйстве не только с точки зрения его заимствования, но и избежания допущенных ошибок;
- технологию создания выходных документов средствами ГИС и перечень этих документов.

Зачастую в лесном хозяйстве ГИС рассматривается односторонне, как удобный инструмент для создания тематических карт программными средствами. В этом случае используется только один из аспектов ГИС. За рубежом новые тенденции в прикладном использовании геоинформационных технологий связаны с интеграцией, сочетанием различных методов сбора, обработки и интерпретации данных. При этом интеграция рассматривается в различных аспектах: и как комплексный анализ различных информационных источников, и как взаимное дополнение методов сбора и обработки информации, и как сочетание модулей компьютерных программ. ГИС-технология изначально включает интеграционный аспект, поскольку ГИС связывает

пространственную, геометрическую информацию и описательную, тематическую, числовую.

Так, например, тесная интеграция всех этапов – от сбора данных до создания карт – обеспечивает эффективность информационной системы, внедренной в защиту леса Министерством природных ресурсов провинции Квебек – Канада (Nature in Quebec, 2003). Частичная или полная автоматизация создания форм ежегодной отчетности упрощается благодаря структурной организации информации. Банк данных по насекомым-вредителям и болезням хранит всю исходную информацию, собранную в полевых условиях, а также различные производные информационные продукты. Расширенный доступ к информации многих пользователей через локальные и глобальную сети сокращает время ее обработки.

Сбор данных оптимизирован за счет выборочных методов. Измерения, сделанные в полевых условиях, вводят в переносной компьютер и записывают в стандартные цифровые формы.

При аэровизуальных обследованиях дигитайзер (цифрователь), подсоединенный к портативному компьютеру, позволяет, используя геоинформационные технологии, перевести в цифровую форму и получить координатно привязанные данные уже в полете и по каналам связи передать их. Широкая сеть метеорологических станций передает данные о погоде в близком к реальному масштабу времени.

Для лесозащиты важна пространственно-координатная привязка данных. Модуль WxScore™, связанный с Web-браузером, и модуль метеорологических данных WeatherScore™ предназначены для интерактивного анализа пространственных данных напрямую в процессе картографирования. Эти модули построены на строгих принципах геоинформатики и специально спроектированы для интерактивного создания карт в процессе авиапатрулирования. Разработчики информационной системы стремились избежать ее усложнения и сделать доступной как для пользователей начального уровня, так и для аналитиков данных, искушенных в области информационных технологий и быстро оценивающих лесопатологическую ситуацию в целом. Благодаря дружелюбности по отношению к пользователю и простоте в обращении WxScore™ и WeatherScore™ обладают прекрасным потенциалом для обмена информацией, обеспечивая широкий доступ к информации в режиме он-лайн. Перспективы совершенствования информационной системы связывают с наращиванием функциональных возможностей каждого из модулей, включением в экспертный анализ анимационных изображений эволюции природных явлений, в том числе динамики очагов вредителей и болезней леса.

Приведенный пример показывает, насколько ГИС-технологии могут быть востребованы для сопровождения лесопатологического мониторинга на всех его этапах.

Перспективы развития и внедрения подобных технологий в лесозащиту связывают с интеграцией ГИС, Интернет и GPS (глобальных систем позиционирования) в единую технологическую цепь для сбора, обмена данными, их обработки и предоставления пользователю. С помощью GPS-приемников решается проблема привязки данных полевых обследований на местности и создания жесткой координатной основы цифровой карты в полевых условиях. Опыт работы с GPS свидетельствует, что такие приемники пригодны для развития и сгущения геодезических сетей при отсутствии прямой видимости на залесенной территории, в горах, городах и позволяют существенно снизить затраты на проведение комплекса работ по созданию координатной основы ГИС. Программное обеспечение, которое может поставляться с GPS-приемниками, осуществляет обработку "сырых" измерений, полученных в поле, трансформирует их в требуемую систему координат и преобразует выходной файл в формат наиболее популярных ГИС. Для ведения лесопатологического мониторинга в нашей стране упомянутые технологии – более далекая перспектива. В настоящем необходимо сосредоточить усилия на поэтапном внедрении ГИС, определить ключевые звенья и уровни обобщения информации в системе наблюдений, начать формирование банков данных лесопатологической и баз данных картографической информации, их совмещения.

3.1. Источники информации для ГИС-технологий в лесозащите

Данные являются важнейшей составной частью любой ГИС. В общем случае ГИС обрабатывает любые данные, имеющие пространственную составляющую.

Согласно Наставлению по организации и ведению лесопатологического мониторинга и принципам организации ЛПМ, изложенных в [разделе 1](#), информационные потоки формируются по результатам общего мониторинга и детального надзора.

Для обработки информации и стандартизации информационных потоков создана компьютерная программа "Лесопатологический мониторинг", которая предназначена для использования на локальном уровне (АРМ инженера-лесопатолога), региональном (региональные центры защиты леса) и на федеральном уровне (ФГУ "Рослесозащита"). Предусматривается систематизация и анализ лесопатологической информации, полученной по различным источникам,

подготовка документации на проведение истребительных и санитарно-оздоровительных мероприятий. По сути, создается автоматизированная система получения статистической ведомственной и аналитической отчетности в табличной и текстовой форме.

Характеристики первичных источников информации ЛПМ, показателей, внесенных в формы первичной отчетности, и перечня выходной документации представлены в соответствующих руководствах. Эти данные и должны лежать в основе ГИС лесопатологического мониторинга.

При организации лесопатологического мониторинга из ведомственных данных должны использоваться материалы лесоустройства, лесопатологических обследований, статистическая отчетность по лесному фонду, проекты лесозащитных мероприятий.

На начальном этапе разработки проекта системы ЛПМ необходимы данные, характеризующие лесной фонд региона (см. раздел 2). Информацию о структуре лесного фонда готовят государственные лесоустроительные предприятия по результатам базового лесоустройства. Учетные данные по лесному фонду страны в целом обобщаются и обрабатываются в ФГУП "Рослесинфорг".

При ведении лесопатологического мониторинга в формы первичной отчетности, помимо специальной лесопатологической информации, вносят повидельную характеристику насаждений – породный состав, класс возраста, типы леса, полнота и пр. Поэтому при создании ГИС в системе ЛПМ должны приниматься в расчет лесотаксационная и лесохозяйственная информация, ее особенности, форма представления, форматы хранения.

Таксационные выделы – первичные лесохозяйственные учетные единицы. Таксационные характеристики насаждений назначаемые хозяйственные мероприятия по выделам заносят в карточку таксации. Каждый таксационный выдел отображают на планшетах лесоустройства. Карточка таксации – первичный источник, по которому формируют тематические базы данных лесоустроительной информации. Для обработки этой информации в лесном хозяйстве используют свои профессиональные системы управления базами данных (СУБД). Соответствующая информация о СУБД, использующихся в лесном хозяйстве, представлена в табл. 3.

Таблица 3. Системы управления базами данных, использующиеся в лесном хозяйстве

| Название | Пользователь/ разработчик | Операционная система | Комментарии |
|-----------------------|--|--|---|
| СУБД-L | Лесоустроительные предприятия МПР России | MS DOS | Прототип СОЛИ-1, ранее использовавшейся в лесоустройстве. Обеспечивает доступ к повидельной информации. СУБД разработана 20 лет назад для MS DOS на языке С. Может работать на IBM-совместимых компьютерах минимальной конфигурации |
| ПЕТРЛЕСПРО (ПЛП) | Северо-Западное лесоустроительное предприятие | MS DOS, разрабатывается новая версия для ОС WINDOWS | Прототип СОЛИ-2, ранее использовавшейся в лесоустройстве. Предназначена для обработки повидельной информации в формате карточек таксации СОЛИ и КТ-95 (карточка таксации согласно инструкции 1995 г.). Спроектирована в оболочке FOXPRO, BORLAND C++. Для обмена между базами данных используются ASCII файлы. Подсистема ЛУГИС |
| Учет лесного фонда | Федеральный, региональный и локальный уровни управления | MS DOS, ОС WINDOWS | Используется СУБД FOXPRO. Может работать на IBM-совместимых компьютерах минимальной конфигурации. В системе обрабатываются агрегированные данные учета лесного фонда |

В базе данных по каждому выделу и кварталу содержатся следующие показатели: номер выдела, площадь, характеристики рельефа, состав пород, возраст, высота, диаметр, полнота, запас, класс бонитета, тип леса, тип лесорастительных условий, описание элементов леса, класс товарности, степень повреждения насаждений и пр.

Особенность баз данных по объектам лесоустройства заключается в том, что лесотаксационная информация в них хранится в специфических форматах, которые напрямую не импортируются в программную среду распространенных ГИС-программ. Поэтому требуется либо создавать заново тематические базы данных (атрибутивные таблицы) с лесотаксационной информацией, связанные с картографической базой данных, непосредственно путем ввода численных значений в той ГИС оболочке, в которой выполняются работы по мониторингу, либо использовать конверторы, осуществляющие перевод, например из формата СОЛИ в формат DBF.

И только затем в программной среде ГИС приходится осуществлять присоединение таблиц по одинаковым полям, например идентификаторам с номерами квартала и выдела.

Картографический материал – необходимый источник пространственной информации для организации и ведения ЛПМ, который включает схематические карты лесхозов и планы лесонасаждений лесничеств, где намечается формирование сети наблюдений ЛПМ.

Планово-картографические материалы лесоустройства составляют на основе натуральных лесоустроительных работ и камерального дешифрирования аэрофото- и космических снимков. Перечень планово-картографических материалов, методы их создания, масштабы, требования к содержанию и оформлению, точности, качеству изготовления, системе применяемых условных знаков и обозначений регламентируется отраслевыми нормативными документами (Инструкция о порядке создания и размножения лесных карт, 1987).

Внедрение ГИС-технологий в лесном хозяйстве началось с лесоустройства. Новые технологии неизбежно обострили проблемы точности и достоверности пространственной привязки данных лесной таксации, создания планово-картографической основы, составления лесных карт различных масштабов.

Параметры лесных карт, требования к ним, последовательность операций по составлению оригиналов и изготовлению тиража регламентированы Инструкцией о порядке создания и размножения лесных карт (1987). Инструкция предписывает изготавливать планово-картографические материалы вручную на основе схем визуального дешифрирования аэрофотоснимков, путем копирования крупномасштабных планшетов в оригинальном масштабе или последующего монтажа уменьшенных копий планшетов до карт более мелкого масштаба. Точностные характеристики планово-картографических материалов, как правило, на практике не отвечают нормативным требованиям. Первичные документы (планшеты лесоустройства и производные от них) создаются в условной системе координат. Чтобы корректно использовать их наряду с другими информационными источниками в среде ГИС, например в операциях анализа и совмещения, требуется преобразование планово-картографических материалов лесоустройства в систему географических или декартовых координат. Таким образом, работа в среде ГИС с ведомственными картографическими документами, которые создаются как в традиционном, так и в электронном виде, обязательно потребует координатной привязки контурной (графической) информации.

Лесоустроительный планшет является первичным документом лесоустройства и составляется с использованием геодезических данных или топографической основы: масштаб 1:10 000 (по I, II разрядам лесоустройства) и 1:25 000 (по III разряду). Инструкцией предусмотрено, что картографической основой для лесоустроительных планшетов служат топографические карты масштаба, сходного с масштабом планшета. В качестве геодезической основы используют данные геодезических измерений землеустройства, материалы топографических съемок. Следует сказать, что планшеты составляют в той же проекции Гаусса-Крюгера, что и крупномасштабные топографические карты. На рамках планшета дают выходы километровой сетки прямоугольной системы координат. Другие, производные, планово-картографические материалы составляют, как правило, путем генерализации содержания планшетов и уменьшения до нужного масштаба. Оригинал лесоустроительного планшета содержит следующую графическую информацию, которая потребуется при организации и ведении лесопатологического мониторинга:

- квартальные просеки и границы кварталов;
- границы таксационных выделов;
- питомники, лесосеменные участки;
- особо защитные участки леса;
- границы полос отчуждения магистральных транспортных путей;
- проезжие лесные дороги, постоянные тропы;
- ручьи, реки, мелиоративные каналы, озера;
- бровки оврагов и обрывов;
- границы административных районов;
- границы категорий защитности лесов;
- площади, переданные в долгосрочное пользование;
- конторы лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий, лесничеств, лесопунктов и лесоучастков.

План лесничества – карта, отражающая пространственное размещение лесного фонда в пределах лесничества. Ее изготавливают путем монтажа уменьшенных планшетов с некоторой дополнительной нагрузкой. Здесь приводят условные знаки редины, гарей, вырубков, сельскохозяйственных угодий, болот и заболоченных участков леса, а также надписи классов возраста, классов бонитета, группы запаса эксплуатационных насаждений при возможности их свободного размещения в пределах контура выдела (масштаб – 1:25 000 (1:50 000) в зависимости от разряда лесоустройства). В последующем план лесничества используют для изготовления планов лесонасаждений, обзорных планов лесохозяйственных мероприятий по лесничествам и

составления схематических карт лесхозов.

План лесонасаждений – схематическая карта, характеризующая качественную структуру земель и насаждений лесного фонда по лесничествам. Она изготавливается на основе плана лесничества в том же масштабе путем окраски каждого выдела по преобладающим породам и группам возраста, а также окраски нелесных земель – болот, сенокосов, водоемов и пр.

Карта-схема лесхоза, предназначена для получения обобщенных характеристик лесного фонда и их пространственного размещения. Основные элементы содержания: участки сомкнувшихся и несомкнувшихся лесных культур, лесопокрытые земли, окрашенные по преобладающим породам и группам возраста; лесонепокрытые лесные и нелесные земли. Оформление карты регламентируется инструкцией, цветовая палитра повторяет оформление плана лесонасаждений. Кроме того, на карте-схеме лесхоза приведены:

- границы областей;
- границы административных районов, лесхозов;
- границы лесничеств и смежных землепользователей;
- границы групп и категорий защитности лесов;
- границы лесосечного фонда;
- земли, переданные в долгосрочное пользование;
- квартальные просеки и номера кварталов;
- населенные пункты;
- конторы лесхозов, лесничеств, предприятия по переработке древесины;
- реки, озера;
- пути сообщения, лесовозные и другие дороги;
- постоянные тропы.

Масштаб карты-схемы лесхоза – 1:100 000 (1:200 000 или 1:300 000).

Карта-схема лесов административно-территориального образования (области, края, республики) отражает пространственное размещение лесных массивов и административно-хозяйственное деление лесного фонда по лесопользователям. Составляется в масштабе 1:500 000 и мельче, в зависимости от площади субъекта Федерации, на топографической основе. Масштаб такой же, как на карте-схеме лесхоза. Тематическое содержание карт и детальность нагрузки согласуются с заказчиками работ.

Все плано-картографические материалы, которые используют в лесном хозяйстве в настоящее время, вне зависимости от способа изготовления, передают пользователю на бумажных носителях или пластике. При каждом цикле лесоустройства, через 10...15 лет, плано-картографические материалы изготавливают заново, сеть таксационных выделов меняют. Это обстоятельство может вызывать затруднения при анализе ретроспективной ситуации с очагами вредителей и болезней прошлых лет. Поэтому координатная привязка очагов, лесопатологических выделов, пунктов наблюдений ЛПМ в ГИС позволит накапливать и использовать лесопатологическую информацию вне зависимости от ее адресной привязки к лесотаксационным выделам. Такая координатная привязка может осуществляться в полевых условиях с помощью GPS-приемников, что надежнее и точнее, либо в камеральных условиях при обработке полевых данных и вводе в картографические базы данных.

3.2. Применение ГИС на федеральном, региональном и локальном уровне

Поскольку ГИС, как информационная система, осуществляет информационное обслуживание определенной территории, это обуславливает дифференциацию ГИС по этому признаку. В нашем случае можно выделить следующие территориальные уровни использования ГИС в целях ЛПМ: *федеральный* (национальный), *региональный*, *локальный*.

На федеральном (национальном) уровне выходные картографические документы могут быть представлены в масштабах от 1:2 500 000 до 1:20 000 000 (для обзоров о лесопатологической ситуации по стране в целом); на региональном – в масштабах от 1:500 000... 1:1 000 000 до 1:4 000 000; на локальном уровне – в масштабах, принятых для схематических карт лесхозов и планов лесонасаждений, – 1:25 000... 1:50 000... 1:200 000.

При создании разноуровневых ГИС для ЛПМ должно соблюдаться требование совместимости информации, полученной на разных иерархических уровнях.

Одно из важных свойств ГИС заключается в возможности обобщения (генерализации) и детализации информации, что позволяет рассматривать явления и процессы в динамике, в частности в разных масштабных рядах, и связывать разномасштабные данные между собой. Генерализация обеспечивает обобщение информации при уменьшении масштаба изучаемой территории, а пошаговая детализация позволяет выделять необходимые подробности при укрупнении масштаба. При этом операции по обработке данных просты и доступны широкому кругу

пользователей без углубленных знаний по картографии и информатике. Это позволяет составить запросы к базе данных и получить результат как в картографической форме – в виде тематических карт, так и в табличном виде. Для пользователя такая возможность ГИС упрощает процесс принятия решений. При этом можно использовать не только карты, но и разномасштабные дистанционные данные, изображения. Как поисковая система, ГИС позволяет использовать известные методы поиска в базе данных, а как информационная система, хранящая графические данные, – проводить поиск и запросы путем графической обработки данных. Технологически проблема объединения разных объектов и их свойств, хранимых в ГИС, решается на основе позиционирования, т.е. привязки объектов по координатам или географическому положению. Это означает, что ГИС разных уровней могут обмениваться информацией, поскольку она привязана к единой системе координат. При этом использование различных картографических проекций на картах разных масштабов не является препятствием, так как в ГИС программно решаются вопросы преобразования данных из одной проекции в другую. Понятие "масштаб карт" для выходных документов ГИС не имеет принципиального значения, его можно менять в зависимости от требуемого уровня детальности. Существенное значение имеет масштаб исходных источников информации. Поскольку каждому масштабу карт отвечает определенный уровень генерализации содержания, его полнота и точность координатной привязки, то информация, которая будет храниться и обрабатываться в ГИС, будет иметь точность и детальность исходного картографического источника.

Таким образом, ГИС как информационная система ЛПМ хранит информацию определенного уровня, но за счет универсальности подхода к пространственной привязке может обмениваться данными, поступающими из ГИС более высокого или более низкого уровня. Независимо от уровня использования ГИС результаты запросов к базам данных могут быть представлены обобщенно (на более высоком уровне) или детализировано (на более низком уровне). Такое свойство делает ГИС более эффективным средством поиска и анализа информации по сравнению с другими информационными системами, рассчитанными на хранение и обработку текстовых или цифровых данных.

Благодаря свойствам универсальности и интеграции ГИС позволяет обрабатывать и связывать данные разного уровня детальности, использовать разные наборы и сочетания как количественных, так и качественных показателей для характеристики объектов.

По уровням организации ЛПМ ГИС должна отвечать нескольким основным требованиям.

1. Обеспечивать централизованное хранение и администрирование большого объема данных в базах данных региональных центров лесозащиты и в ФГУ "Рослесозащита". Обязательно соблюдать требования защиты информации. Доступ к информации должен быть организован в клиент/серверной технологии в локальной сети и, возможно, в сети Интернет – для удаленных рабочих мест. Для осуществления информационного обмена необходимы совместимые программные средства.

2. Работа с данными должна проводиться в едином координатном пространстве.

3. Система должна обладать возможностью автоматизированного контроля качества данных.

4. Должна поддерживать возможность связи с другими информационными системами и СУБД, принятыми в лесоустройстве.

При практической реализации этих требований может возникнуть ряд проблем.

Первая из них состоит в совмещении **лесотаксационной** информации различных уровней, формировании информации в электронном виде, включении в базы данных идентификационных кодов для связи таксационных данных и цифровых карт. Для ГИС лесхоза необходимо связывать цифровые планшеты и пывидельные базы лесотаксационных данных. При этом идентификационный код – это составное значение, характеризующее "лесничество-квартал-выдел" как для цифровых карт, так и для баз лесотаксационных данных. Для федерального уровня в базе данных ГУЛФ должны использоваться идентификационные коды "субъект Федерации-лесхоз". Трудности возникают из-за того, что информация разных баз данных, которую нужно совместить, создавалась в лесном хозяйстве независимо друг от друга и имеет разную кодировку в различных базах данных. Например, кодировка лесхозов в базах данных ГУЛФ и СОЛИ-2 отличается.

Вторая проблема заключается в совмещении **картографической** информации различных уровней. В лесном хозяйстве используют как крупномасштабные планшеты, созданные по топокартам, так и упрощенные картосхемы, точность которых на практике не всегда отвечает нормативным требованиям. При создании ГИС возникает проблема унификации представления данных о лесном фонде, приведении пространственных данных к единой системе координат с учетом точности карт и уровня генерализации. Принимая во внимание сложившиеся в отрасли традиции, когда для хранения лесотаксационной и лесопатологической информации уже созданы базы данных, которые управляются различными СУБД, возможно раздельное хранение картографических и атрибутивных данных в независимых информационных системах. В таком

случае необходима разработка или адаптация коммерческих программных средств для динамичного обмена данными между ними. При этом ведение и поддержание тематических баз данных, формирование запросов к отраслевой лесопатологической и лесотаксационной информации останется за действующими СУБД, а картографические базы данных будут создаваться программными средствами ГИС.

При создании программно-аппаратного комплекса ГИС для ЛПМ за основу необходимо принять следующие принципы:

- включение всех необходимых аппаратно-программных средств для ввода, анализа и контроля всех типов данных;
- обеспечение долговременного и надежного хранения данных;
- открытость системы, обеспечение связи со всеми приложениями;
- независимость от аппаратного обеспечения;
- использование сертифицированных программных средств, качественного программного обеспечения, которое постоянно развивается разработчиками и имеет большой потенциал для обновления;
- открытость и расширяемость системы в соответствии с новыми требованиями и технологиями сбора и обработки данных;
- обеспечение обработки, интерпретации и анализа всех хранящихся лесотаксационных и специальных лесопатологических данных.

3.3. Выбор программного обеспечения и аппаратных средств

Ключевая идея программного обеспечения ГИС состоит в том, что оно является системой управления базой пространственно локализованных данных. Такие базы пространственно привязанных данных, как правило, имеют реляционную и объектно-реляционную структуры.

Программное обеспечение для создания ГИС весьма разнообразно – от систем с упрощенными функциями до сложных многофункциональных пакетов, поддерживающих разные модели данных. Выбор программного обеспечения зависит от многих факторов, в том числе прикладной задачи, используемых данных, стоимости системы и ее эффективности, наличия аппаратных средств у разработчиков ГИС и пользователей на местах.

Например, ко времени появления ГИС на российском рынке, лесное хозяйство уже имело свои профессиональные системы управления базами данных по выдельной лесотаксационной информации (СУБД-Л, СОЛИ). Задача состояла в совмещении этих СУБД, встраивании их в ГИС, которые можно создать коммерческими программными средствами. В отличие от ГИС, базирующихся на мощных и дорогостоящих аппаратных комплексах класса рабочих станций, лесоустройство остановилось на использовании более дешевых и простых настольных ГИС для составления картографических материалов и их воспроизведения. Системы настольной картографии используют картографическое представление для организации взаимодействия пользователя с данными. В таких системах все основано на картах, карта является базой данных. Большинство таких систем имеют ограниченные возможности управления данными, пространственного анализа и настройки. Таким образом, пока в лесоустройстве используется только та часть функциональных возможностей ГИС, которая позволяет решать задачи подготовки данных, их хранения, обработки и представления в картографической форме. Действия с данными ограничиваются требованиями лесоустроительной инструкции по определению площадных характеристик объектов.

В перспективе предполагается проводить пространственный анализ, пространственное моделирование и прогноз, используя функциональные возможности ГИС.

Разработка ГИС в лесном хозяйстве осуществляется на базе различных программных средств. В настоящее время в лесоустроительных предприятиях и организациях отрасли используются Arc/Info-Arc/View, MapInfo, Geograf/Geodraw, WinGIS, TopoL. Каждая из этих систем имеет свои достоинства и ограничения.

Интересен анализ рынка программного обеспечения, проведенный ГИС-Ассоциацией в 2002 г. Наибольшее число организаций в России отдает предпочтение следующим программным средствам для создания ГИС: Arc/Info, ESRI (18 %), MapInfo (13 %) Geograph (9 %). Число пользователей WinGIS невелико и составляет 2 % общего объема продаж на российском рынке. Среди векторизаторов лидирует Easy Trace (6 %).

Не только лесное хозяйство, но и многие другие ведомства и организации используют широкий спектр ГИС-пакетов. Это объясняется удобством применения тех или иных программ для обработки различных типов данных, наличием необходимых приложений и разработанных конверторов. Вместе с тем, чем больше программных средств используется при разработке

ГИС-проектов, тем сложнее технология, и, возможно, тем менее она продумана на этапе проектирования. Поэтому для работ по созданию карт, когда многофункциональные программные пакеты слишком дороги для разработчиков, можно использовать так называемые ГИС настольной картографии (например: Arc/View, MapInfo, TopoL и др.), которые тоже основаны на реляционной структуре данных. Они доступны для освоения широкому кругу пользователей и имеют удобный интерфейс. Зачастую для решения многих задач в лесном хозяйстве достаточно использования настольных ГИС (или комбинаций их модулей). Однако надо заметить, что профессиональные ГИС нового поколения, в частности ArcInfo 8, более перспективны, так как основаны на более совершенной объектно-ориентированной модели данных, что существенно расширяет возможности и области их применения. Кроме того, новое поколение ГИС ArcInfo предоставляет возможность самим пользователям наращивать функциональность системы и ее настраивать, в частности, поддерживать собственные модели данных. Хотя эти ГИС остаются дорогостоящими, а работа в их среде требует высокой квалификации и профессиональных навыков, тем не менее они имеют большой потенциал для развития за счет использования более совершенного и качественного программного обеспечения.

При выборе программного обеспечения следует иметь в виду еще одну особенность – работа с несколькими ГИС пакетами, несмотря на разработанность конверторов для преобразования из одной рабочей среды в другую, зачастую ведет к потере части информации. Пользователям различных ГИС нередко требуется создавать информационные продукты, которые можно было бы переносить из одной программной среды в другую, сохраняя при этом не только данные, но и всю сопровождающую служебную и вспомогательную информацию. Стандартный подход, предлагаемый разработчиками ГИС, сводится к экспорту/импорту данных, а задача переноса служебной информации ими не решается. Проблема совместимости информации, изначально создаваемой в различных системах, очень актуальна. Например, в ArcInfo и MapInfo реализованы разные объектная модель и модель данных, разные подходы к хранению и отображению информации. Отсюда возникают сложности при переносе информации из одной системы в другую. Большая часть этих проблем решается при помощи специальных прикладных программ, которые разрабатываются дополнительно, либо с привлечением оператора, когда требуется окончательная настройка проекта. Исходя из этого, одно из важных требований при создании разноуровневых ГИС для ЛПМ – использование совместимых программных средств. При этом предпочтение следует отдать более совершенному и качественному программному обеспечению, которое имеет большой потенциал для развития и обновления.

3.4. Основные этапы и последовательность операций при формировании ГИС

ГИС относятся к классу информационных систем, обрабатывающих пространственно локализованные данные. Под пространственной локализацией понимается соотнесение различных видов информации с некой пространственно определенной системой. Такой системой может быть географическая система координат, декартова система координат (система координат карты) и т.п. Большинство современных ГИС используют базы данных (БД), построенные на основе реляционных моделей, имеющих табличную форму.

Создание базы данных для прикладных ГИС заключается в разработке ее структуры, т.е. создании совокупности взаимосвязанных таблиц. Проектирование БД включает:

- определение объектов, данные о которых должны содержаться в базе;
- выявление связей между объектами;
- определение основных свойств объектов, которые будут храниться в БД;
- выявление связей между свойствами объекта;
- составление логической записи общей таблицы, включающей все основные свойства объекта;
- создание нескольких таблиц из общей;
- определение операций при использовании таблиц и создание на их основе запросов (пример реализации запросов представлен на рис. 12);
- создание, при необходимости, форм ввода и форм отчетности.

Организация пространственно локализованных (координатно привязанных) данных имеет свои особенности.

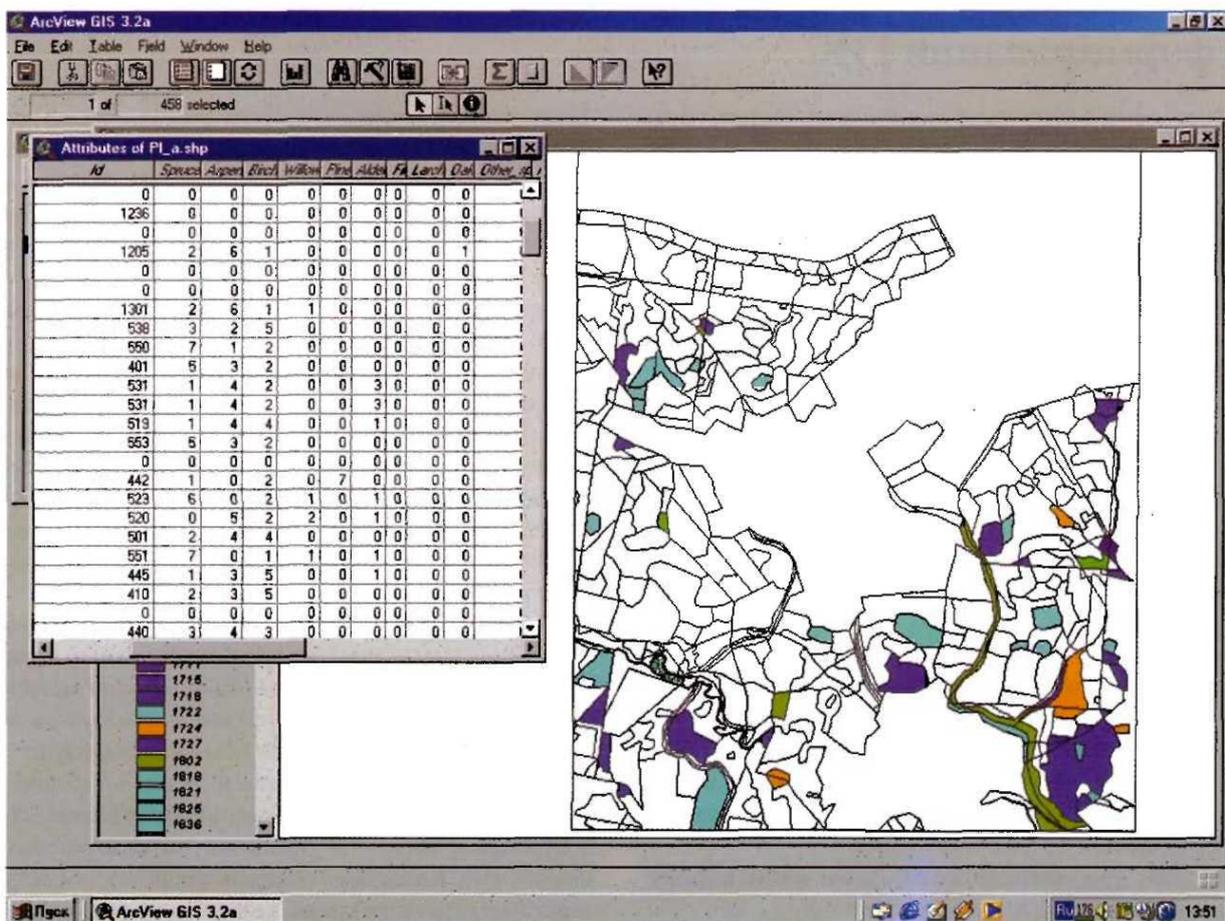
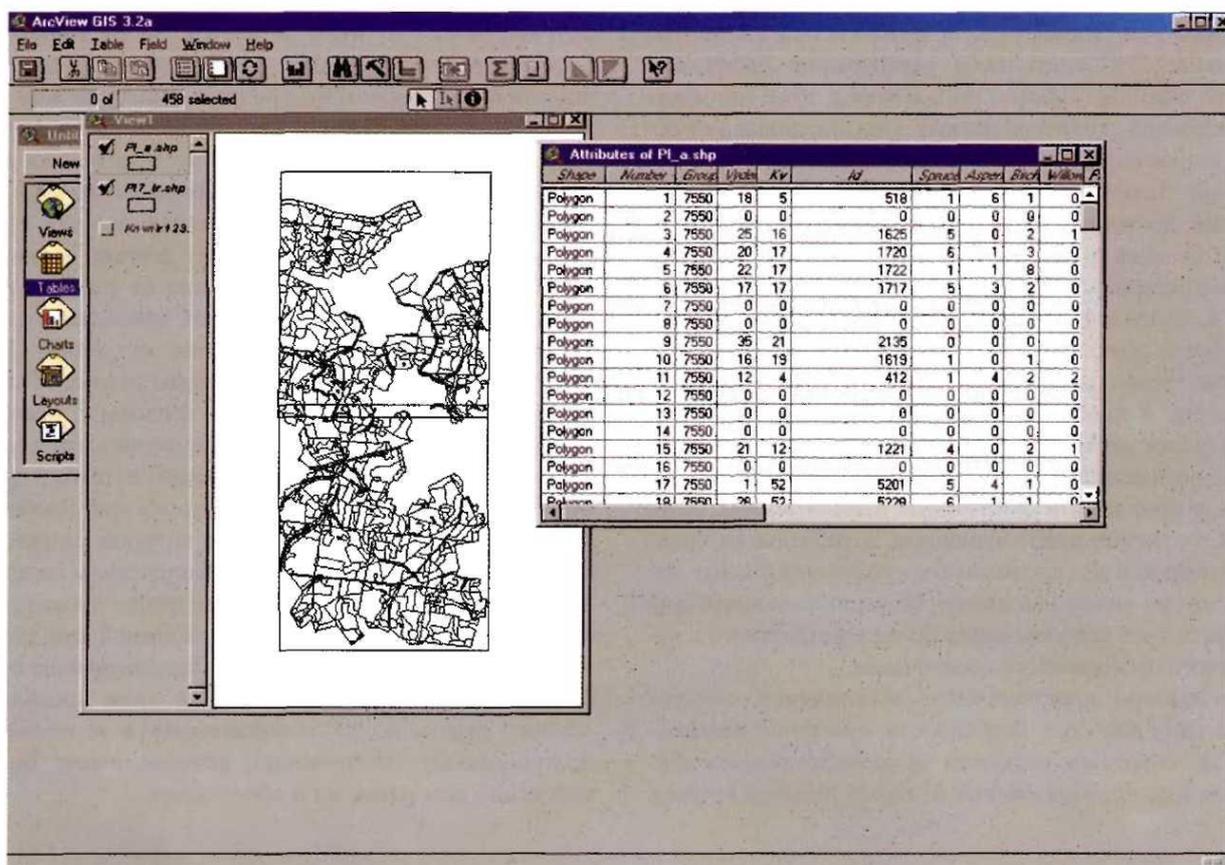


Рис. 12. Создание картографической и атрибутивной баз данных. Отбор данных по логическому критерию

Такие данные подразделяют на составляющие – пространственные и атрибутивные. Пространственная составляющая описывает положение и форму объекта в координатах двух-трехмерного пространства. Атрибутивная информация включает качественные и количественные

характеристики объектов.

Одним из методов работы с пространственными данными является использование индексов. Индекс – форма ссылки на данные, которая ускоряет доступ к данным, упорядочивая значения по полю. Индекс атрибута помогает быстрее найти определенную запись в таблицах атрибутов. В реляционных БД для однозначного определения (идентификации) любой строки в таблицу добавляется столбец с уникальным значением для каждой из строк таблицы, который называется *внутренним ключом, ключевым столбцом или идентификатором (ID)*.

Атрибуты – одно из ключевых понятий геоинформатики. Это группы тематических и временных характеристик, описывающих свойства объекта. Если метрические и геометрические характеристики описываются координатами и для их отображения обычно используют графическую форму представления и, реже, – табличную, то для атрибутивных данных используют таблицы. Таблица, содержащая атрибуты объектов, называется *таблицей атрибутов*. Каждому пространственному объекту соответствует строка таблицы, каждому тематическому признаку – столбец таблицы. Применение атрибутов позволяет осуществлять анализ объектов базы данных с использованием стандартных форм запросов и разного рода фильтров, а также выражений математической логики. Таким образом, атрибутивное описание дополняет координатное и, совместно с ним, создает полное описание моделей ГИС, решает задачи типизации исходных данных, упрощает процессы классификации и обработки.

В общем случае модели пространственных (координатных) данных могут иметь векторное или растровое представление, содержать или не содержать топологические характеристики. Эти модели взаимно преобразуемы.

Векторные модели используют в качестве элементарной составляющей последовательность координат, образующих линию. Линией называют границу, сегмент, дугу. В отличие от обычных векторов, в геометрии дуги имеют свои атрибуты. Атрибуты дуг обозначают полигоны по обе стороны от них. При последовательном кодировании дуги эти полигоны именуются левый и правый. Понятие дуги является фундаментальным для векторных ГИС. Векторные модели получают разными способами. Наиболее распространенный – векторизация растрового изображения и цифрование (дигитализация).

Растровая модель данных определяется как цифровое представление объектов в виде совокупности ячеек растра (пикселей или элементов изображения). В растровых моделях исследуемую территорию отображают в виде дискретных пространственных ячеек, образующих регулярную сеть. При этом каждой ячейке растровой модели соответствует одинаковый по размерам, но разный по характеристикам участок поверхности. В элементарной ячейке растровой модели содержится одно значение, усредняющее характеристику участка поверхности.

Сравнивая достоинства векторной и растровой моделей данных, необходимо отметить удобство использования векторной модели при работе со связностью объектов, простоту учета их топологии и большую точность координатной привязки данных. В растровых моделях возникают затруднения при определении точного местоположения объекта, так как в большинстве случаев неясно, относятся ли координаты к центральной точке пикселя или к одному из его углов. Поэтому точность привязки элемента растра определяют как $1/2$ ширины и высоты ячейки.

К достоинствам растровых моделей относятся следующие:

- растр не требует предварительного знакомства с явлениями, данные собираются с равномерно расположенной сети точек, что позволяет в дальнейшем на основе статистических методов обработки получать объективные характеристики исследуемых объектов;
- растровые модели проще для обработки по параллельным алгоритмам и этим обеспечивают большее быстродействие по сравнению с векторными;
- некоторые задачи гораздо проще решаются в растровом виде, например, создание буферной зоны;
- растровые модели чаще применяют при обработке данных дистанционного зондирования.

Существенным отличием ГИС от других информационных систем с пространственной локализацией данных является включение в описание пространственных объектов топологических характеристик и классификация на этой основе пространственных объектов на точечные, линейные и площадные.

Точечные объекты. Простейший тип пространственного объекта, к которым относятся объекты, локализованные в точках. Особенность точечных объектов состоит в том, что они хранятся и в виде графических файлов, как другие пространственные объекты, и в виде таблиц, как атрибуты. В таких таблицах каждая строка соответствует точке – в ней собрана вся информация о данной точке. Каждый столбец – это признак, содержащий типизированные данные: координаты и атрибуты.

Линейные объекты. Широко применяются для описания сетей, для которых, в отличие от

точечных объектов, характерны топологические признаки.

Любая сеть состоит из узлов (вершин) – соединений, концов обособленных линий и звеньев (дуг) – цепей в модели базы данных.

Линейные объекты хранятся в отдельных таблицах, а с сетью связаны путем указания номера звена (дуги) и расстояния от его начала. Для точечных объектов необходимо указать одно значение координат, для линейных – два (для начальной и конечной точек).

Полигоны – группы примыкающих друг к другу замкнутых участков. Они образованы замкнутыми линиями (последовательностью дуг) и идентифицируются внутренней меткой, с которой связываются значения атрибутов.

Наличие и хранение таких совокупностей взаимосвязей, как соединенность дуг на пересечениях, смежность и связанность полигонов и т.п., свидетельствует о том, что модель данных содержит и топологические характеристики. Использование топологической модели данных существенно отличает ГИС от других систем и позволяет провести пространственный анализ и ряд других аналитических операций. Топологические характеристики вычисляются в ходе количественных преобразований моделей объектов ГИС, а затем хранятся в базе данных совместно с координатами. Основные топологические характеристики моделей:

- связанность векторов;
- связанность и примыкание полигонов;
- пересечение – информация о типах пересечений;
- близость – показатель пространственной близости линейных или полигональных объектов.

3.5. Хранение данных в ГИС

Тематические данные хранятся в ГИС в виде таблиц, поэтому проблем с их хранением не возникает. Соответствующая атрибутивная информация о свойствах этих данных, набор характеристик объектов – во множестве таблиц, связанных с объектами. Наибольшие проблемы представляет хранение и визуализация графических данных. Пространственные данные могут быть организованы тематически в виде совокупности слоев (уровней) или тем. Одна тема включает множество пространственных объектов или явлений, объединенных по каким-то общим признакам.

Концепция послойного представления графической информации – одна из основных особенностей организации данных в ГИС. Технологически организация слоев основана на типизации данных. Множество разнообразных данных имеет различные характеристики, и в процессе обработки это множество может быть информационно перегружено. Типизация данных и объединение или разбиение на слои упрощает процесс обработки и повышает ее качество. В ГИС векторные слои должны иметь одну из трех характеристик векторных данных, т.е. векторный слой должен быть определен как точечный, линейный или полигональный дополнительно к его тематической направленности. Такой метод представления информации позволяет при последующей обработке учитывать топологические свойства объектов и классифицировать их с учетом этих свойств. Это и есть точечные, линейные, площадные классы объектов. Использование топологических свойств позволяет осуществлять операции как внутри данного класса – оверлей (операция наложения), так и вне – буферизация. Оверлей есть операция наложения слоев одного топологического класса и получения нового слоя этого же класса (рис. 13). Буферизация заключается в построении площадных объектов вокруг либо точечных, либо линейных или площадных (рис. 14). Это наиболее значимые и важные аналитические инструменты ГИС.

Принадлежность объектов к слою позволяет использовать и добавлять их групповые свойства, ускоряя процесс обработки данных. Объекты, принадлежащие одному слою могут быть одновременно масштабированы, перемещены, скопированы, записаны в базу данных. Слои могут быть как растрового, так и векторного типа. Однако многие ГИС допускают работу только с векторными слоями, используя растр в качестве подложки.

База данных ГИС содержит тематическую информацию в таблицах, связанную с графическими объектами. Эта связь должна быть двухсторонней, т.е. изменение табличных данных должно приводить к изменению графического представления пространственных объектов и наоборот.

3.6. Создание ГИС

Создание ГИС для лесозащиты на уровне пользователя, можно подразделить на следующие основные этапы.

- Постановка задачи, определение уровня детальности информации, системы

классификации, выбор программного обеспечения.

- Сбор, анализ, систематизация и предварительная обработка источников.
- Ввод данных в компьютер, координатная привязка информации, преобразование проекций, редактирование графической и атрибутивной информации, построение корректной топологической структуры.
- Совмещение картографической и тематической баз данных.
- Пространственный анализ, формирование запросов к базе данных, создание тематических карт, графиков, диаграмм.

Результатом первых двух этапов будет классификация данных, выбор модели данных, логическое описание, организация конкретной структуры базы данных, тесно связанная с разрабатываемой ГИС и избранным программным обеспечением.

Блок-схема формирования ГИС по отраслевым информационным источникам, дистанционной и справочно-статистической информации приведена на рис. 15.

В связи с тем, что в настоящее время ГИС-технологии только внедряются в практику лесозащиты, объекты мониторинга зачастую не имеют картографических баз данных по результатам планового лесоустройства. Поэтому для практического использования ГИС при ведении лесопатологического мониторинга может потребоваться создание цифровых картографических баз данных для объектов мониторинга, содержащих, в том числе, лесотаксационную информацию.

Графические данные могут быть представлены в различных видах – на бумажных носителях или в цифровой форме. Записанные в цифровой форме данные непосредственно вводятся в компьютер. Информация с бумажных носителей преобразуется в цифровую форму путем оцифровки на дигитайзере, либо посредством сканирования.

3.7. Подготовка и перевод данных в цифровую форму

Выбор способа ввода зависит от доступных технических и программных средств и характеристик источников данных. Для оцифровки упрощенных разгруженных схематических карт, планшетов лесоустройства с малой графической нагрузкой, отдельных границ на бумажных носителях и пр. целесообразно использовать ввод дигитайзером.

В настоящее время преобладающим способом ввода данных служит сканирование. Этот метод более универсален, но для последующей векторизации сканированных растровых изображений (образов) необходимо высокое их качество – отчетливые линии и контуры. Чтобы обеспечить требуемую четкость линий приходится заниматься коррекцией сканированных информационных источников, улучшать контрастность и яркость растровых изображений программными средствами.

При сканировании можно задавать различное разрешение от 150 до 1200 dpi (точек на дюйм). Выбор разрешения зависит от точности самих источников информации и последующего использования данных. Оптимальным считается разрешение от 150 до 300 dpi. Более высокое разрешение обычно перекрывает точность исходной информации и уменьшает быстродействие операций с данными, увеличивает объем занимаемой памяти и места на дисках в геометрической прогрессии. Например, при сканировании карты масштаба 1:200 000, предельная точность которой составляет 0.1 мм (20 м на местности) с разрешением 300 dpi получим линию толщиной в 0.009 мм (около 17 м на местности). Соотношения масштабов топографических карт и разрешения при сканировании и могут быть вычислены по формуле:

$$P = (M/Ndpi)/39.37$$

где:

M – основание масштаба исходной карты (в нашем примере – 200 000);

Ndpi – мера разрешения сканирующего устройства (в нашем примере – 300 dpi).

После сканирования картографической информации с необходимым разрешением проводят векторизацию, выделение векторных объектов по растровому изображению и запись их в векторном формате. В зависимости от используемых программных средств векторизация может быть ручной, путем цифрования выбранных объектов "мышью" на экране (мониторе), интерактивной и автоматической. Наиболее распространенный способ – интерактивная векторизация, при котором используются преимущества в точности ручного и в скорости автоматического ввода данных. Этот способ векторизации может быть рекомендован для оцифровки черно-белых (монохромных) средненагруженных отсканированных информационных

источников. Если необходимо оцифровать цветной и достаточно сложный по графической нагрузке растр, например цветные отсканированные топокарты, лучше использовать ручной способ векторизации.

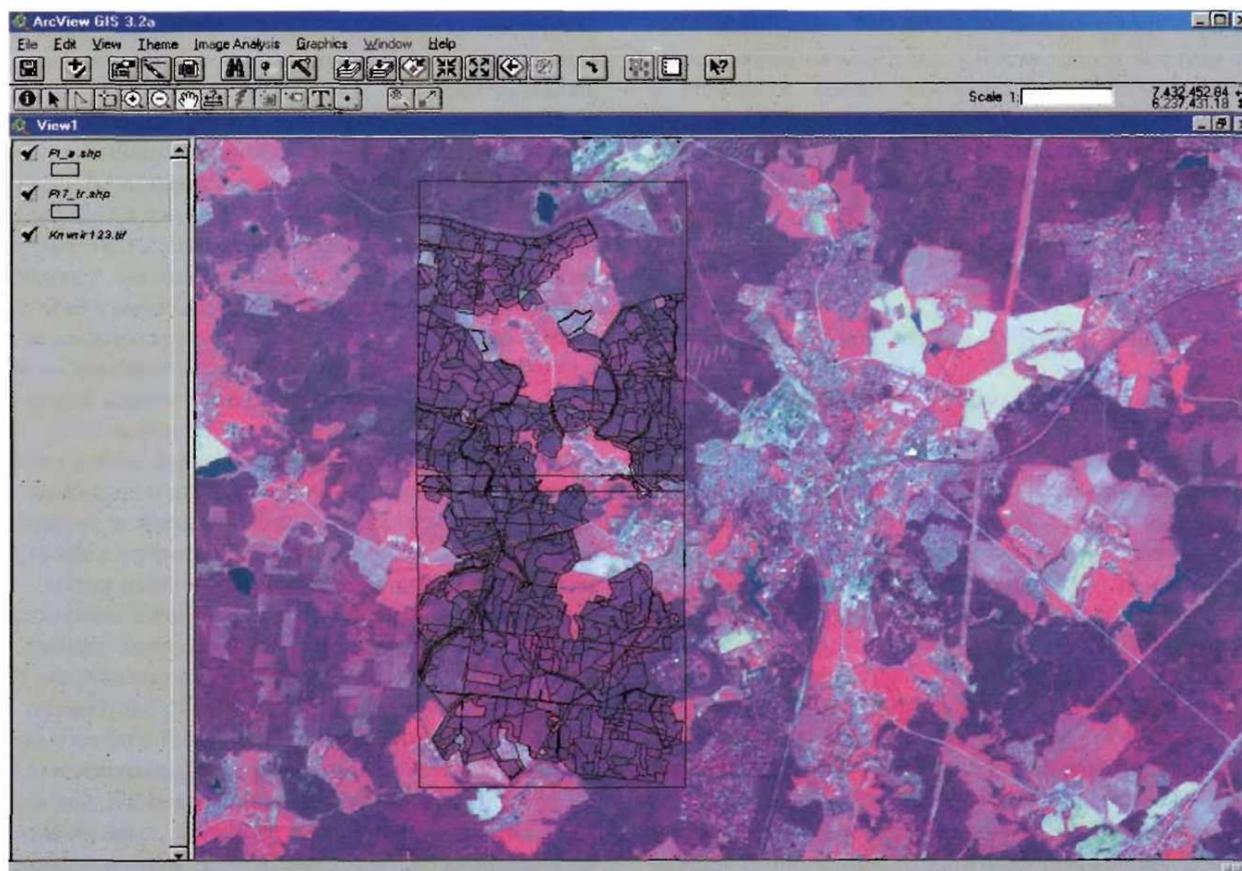
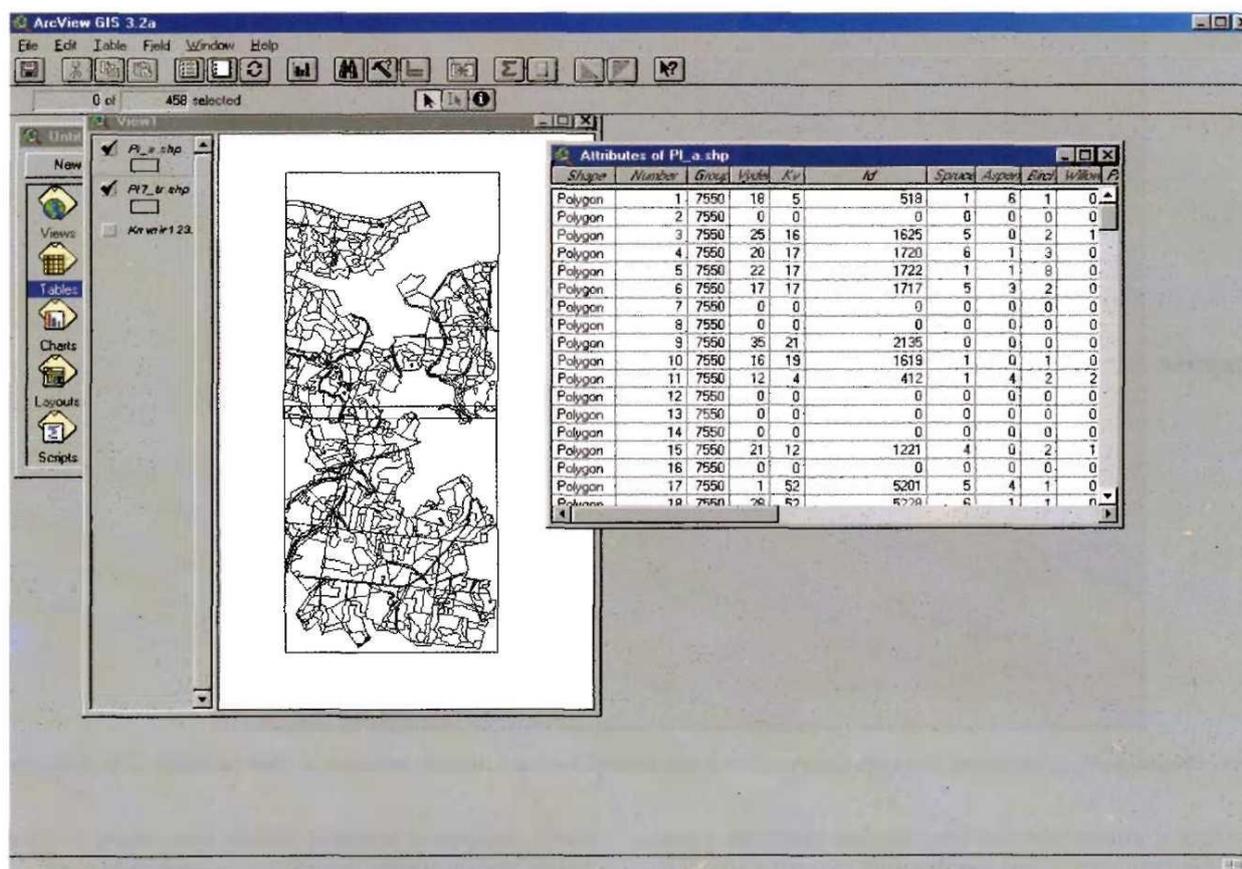


Рис. 13. Совмещение цифровых планшетов лесоустройства с космическим снимком программными средствами Arc/View

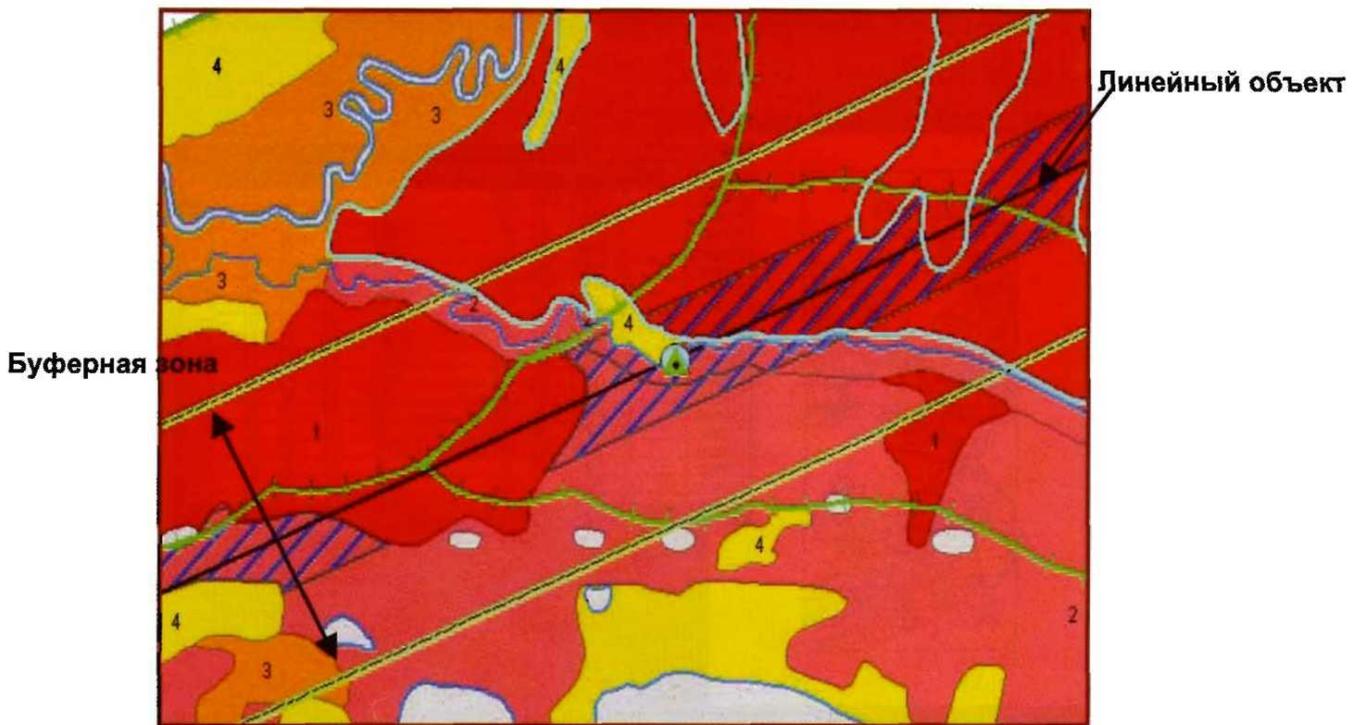


Рис. 14. Операция буферизации. Потенциальная опасность возникновения лесных пожаров в зоне линейного сооружения

При вводе космических или аэрофотоснимков путем сканирования нужно выбирать такие параметры сканирования, которые соответствуют пространственному разрешению снимков.

Для хранения цифровых пространственных данных применяют растровые и векторные форматы.

В векторном формате пространственные объекты (точки, линии, полигоны) хранятся в виде пар координат и уникального кода объекта. Векторное представление может быть топологическим и нетопологическим. Топологическое представление предусматривает хранение в базе данных не только координат объектов, но и характеристик их связности (данные о близости, соседстве, пересечении и пр.)

В растровом формате пространственная информация организована в виде матрицы, где центру каждой ячейки (пиксела) соответствует пара координат, номер столбца и строки, уникальное значение атрибута и код объекта.

Атрибутивная информация хранится в реляционной базе данных в виде таблиц и связывается с пространственными данными по идентификационным кодам.

При выборе векторного или растрового формата данных необходимо учитывать тип исходных данных, точность локализации, потребности в объеме памяти, требуемую скорость аналитической обработки данных, отражение характерных признаков явлений и объектов.

Данные в растровых форматах обрабатываются быстрее при решении таких аналитических задач, как наложение (оверлей), определение соседства, выполнение логических запросов, пространственное моделирование. Однако они требуют значительно большего объема памяти для хранения, чем данные в векторном формате. Векторные форматы обеспечивают большую точность координатной привязки элементов содержания, лучшее полиграфическое качество при печати электронных карт.

Картографические источники информации – топокарты и планово-картографические материалы лесоустройства, как правило, хранятся в векторных форматах, тематические карты могут быть представлены как в векторном, так и растровом формате, а данные дистанционного зондирования – в растровом.

При совмещении и анализе различных данных может потребоваться преобразование их из растрового формата в векторный (векторизация) или из векторного в растровый формат (растеризация).

Для ввода и редактирования векторной информации рекомендуется использовать ГИС пакеты, поддерживающие топологическую структуру данных (например: Arc/Info, TopoL), а также специализированные программы векторизации и редактирования данных (Easy Trace и MapEdit).

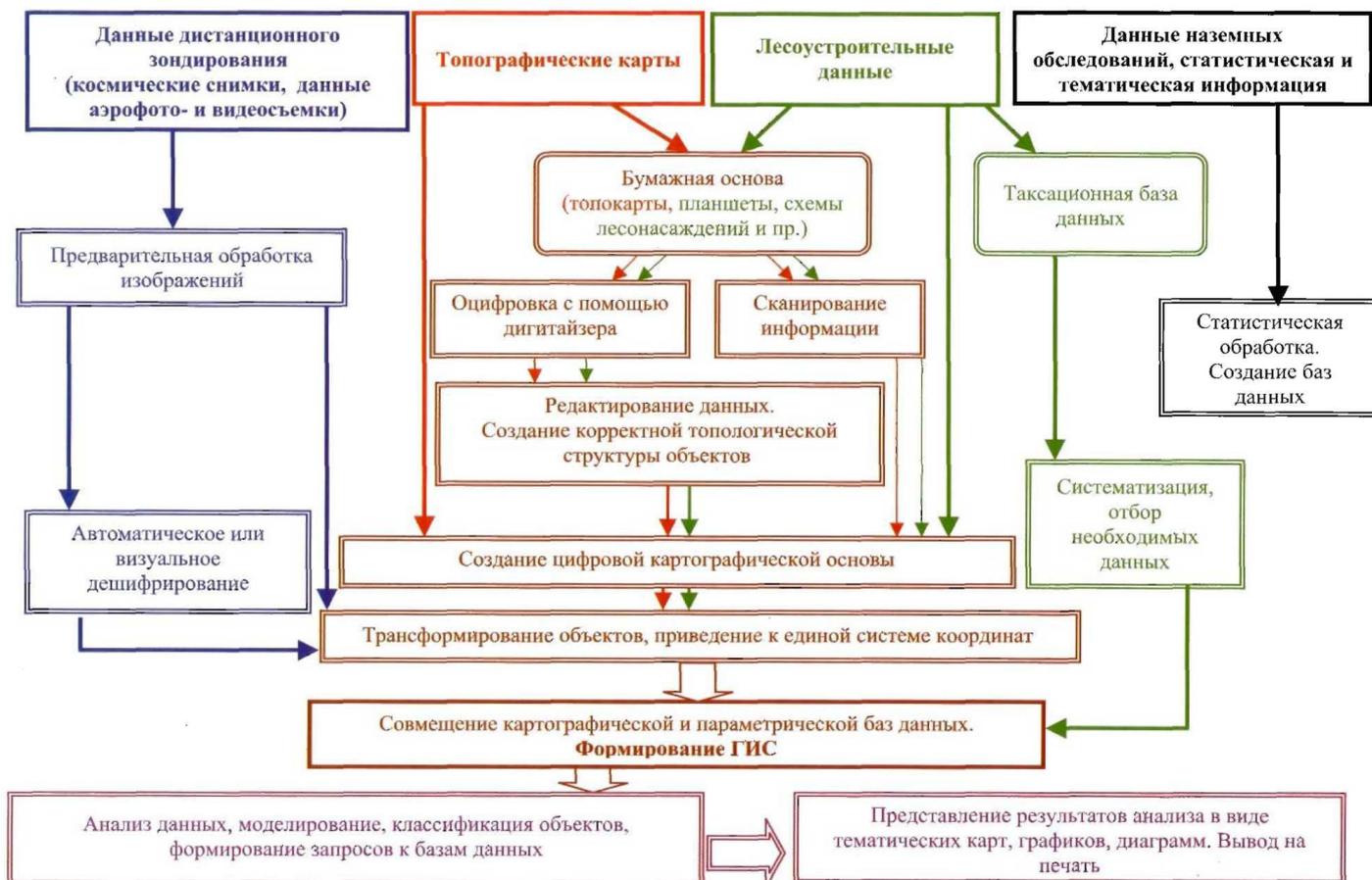


Рис. 15. Блок-схема формирования ГИС

Для обмена цифровыми данными в векторных и растровых форматах существуют обменные форматы. Среди векторных форматов наиболее распространены – GEN (Arc/Info), MIF/MID (MapInfo), DXF (САПР AutoCAD). Из растровых форматов самым распространенным является TIFF. Как правило, полнофункциональные ГИС поддерживают, кроме своих собственных форматов файлов, форматы других систем.

Современное программное обеспечение ГИС, оперирующее растровыми и/или векторными данными, имеет набор стандартных средств для хранения, поддержки цифрового представления и отображения введенных данных. Эти средства повышают возможность пользователя обнаружить и исправить ошибки, которые могут содержать данные. Устранение возможных графических ошибок, которые содержат векторные данные после ввода в систему (Arc/Info, MapInfo, TopoL), производится интерактивно или автоматически стандартными командами. В ходе этой операции меняются координаты дуг при заданных допусках, устраняется прерывистость нитей, удаляются короткие дуги. Допуски при устранении прерывистости соответствуют точности нанесения контуров на исходном источнике информации.

Для обнаружения незамкнутых областей, ошибок в положении линий и точек, создания полигонов в векторных системах требуется построение топологии. После ввода координат точек при построении линейных и площадных объектов необходимо "создать" топологию. Этот процесс включает вычисление и кодирование связей между точками, линиями и полигонами.

Пересечения и связи имеют векторное представление. Топологические характеристики заносятся при кодировании данных в виде дополнительных атрибутов. Эта операция осуществляется автоматически во многих ГИС в ходе оцифровки данных. Каждому объекту можно присвоить признак, который представляет собой идентификатор ближайшего к нему объекта того же класса; таким образом кодируются связи между парами объектов.

В векторных ГИС (например, Arc/Info) топологические модели данных содержат топологическую информацию в явном виде. Это обеспечивается включением в структуру данных информации о смежности, соединении узлов, дуг и полигонов.

В процессе построения топологии автоматически вычисляются площади полигонов и длин линий, которые заносят в таблицы атрибутов. При создании атрибутивных таблиц объектов (линий и полигонов) пользователь задает каждому из них уникальные идентификаторы. Далее проводится дополнительная проверка замкнутости контуров и редактирование объектов. Путем суммирования числовых значений с одинаковыми идентификаторами (смысловыми кодами) осуществляется

вычисление площадей полигонов и длин линий. Из групп однородных объектов формируются отдельные слои (покрытия).

После ввода и построения топологии данные конвертируются в обменные форматы той программной среды, в которой будут формироваться картографические базы данных. Для Arc/Info – GEN, для MapInfo – MIF/MID, или другие широко распространенные DXF, DBF.

3.8. Географическая привязка данных

Следующий важный шаг при создании ГИС – выполнение операции географической привязки различных по масштабу, точности и проекциям картографических документов или дистанционной информации (если она используется) к единой топографической основе. Эта процедура позволяет в последующем проводить сравнение покрытий, полученных по разным источникам, измерять длины, периметры, площади. На сегодняшний день создание специализированных ГИС для лесного хозяйства затрудняется тем, что часто графические данные лесоустройства по точности не отвечают заданным требованиям. Привязка специальной контурной нагрузки схематических карт лесхозов, планов лесонасаждений (квартальной сети, групп выделов и т.д.) к топографической основе – задача сложная и трудоемкая, но реально выполнимая. Географическая привязка производится путем трансформирования фрагментов планово-картографических материалов лесоустройства по опорным точкам и приведения их к масштабу цифровой топографической основы.

При разработке ГИС-проектов существуют два варианта получения цифровой топоосновы. Первый – приобретение цифровых топокарт в Роскартографии, Военно-топографической службе ВС РФ или в других организациях, имеющих сертификат на их производство. Этот вариант предпочтителен для создания ГИС регионального уровня. Готовые цифровые топокарты масштаба 1:1 000 000...1:200 000 существуют на всю территорию России и цены на них приемлемые.

Для прикладных ГИС разработок часто не требуется приобретение всех слоев картографической основы, которые предлагают централизованные поставщики, достаточно иметь лишь основные. Поэтому проще создать топооснову по имеющимся бумажным копиям, чем отбирать и редактировать приобретенные слои.

Второй вариант получения цифровой топоосновы – самостоятельное ее создание посредством оцифровки или сканирования топографических карт. Такой вариант приемлем для создания ГИС локального уровня, когда нужна привязка планшетов лесоустройства к топокартам крупного масштаба. Топооснова крупного масштаба 1:50 000... 1:25 000 у централизованных поставщиков не всегда имеется. Такой вариант подготовки одновременно с лесотаксационным дешифрированием аэрофотоснимков и привлечением геодезических измерений для планового обоснования топоосновы используется в технологии создания картографических баз данных в Центрлеспроект. Сдерживающим фактором при выборе такого варианта остается режим секретности, существующий для крупномасштабных топокарт, поэтому создание крупномасштабных топокарт проводится либо сертифицированными центрами, имеющими право на производство таких продуктов, либо требует соответствующей лицензии.

Для координатной привязки ведомственных картографических источников к топооснове используют различные математические преобразования координат идентичных опорных точек, выбранных на разных источниках. В результате процедуры трансформирования параметры привязки сохраняются вместе с файлом покрытия или внутри него. После привязки тематических слоев к топооснове и увязки объектов по границам листов отдельных карт, формируется корректная цифровая картографическая основа для ведения мониторинга.

Основообразующим принципом создания любой ГИС является возможность совмещения картографической и тематической баз данных. Достоинство реляционных баз данных заключается в том, что принцип их построения прост, данные собраны в таблицы. При необходимости можно состыковывать строки одной таблицы с соответствующими строками другой, используя связующий механизм, называемый реляционным соединением. Соединение происходит на основании сравнения значений колонок (полей) и нахождения общей колонки (поля) в таблицах. Связано может быть любое количество таблиц.

Например, при создании ГИС по материалам лесоустройства совмещение картографической и таксационной баз данных можно произвести по двум общим полям – уникальному номеру квартала и выдела. По такому же принципу можно присоединить к картографической базе данных и статистическую информацию, данные наземных обследований, другую лесопатологическую информацию.

ГИС для ЛПМ, созданная по материалам лесоустройства, будет состоять из ряда совмещенных тематических слоев (покрытий):

- полигональные покрытия, например: кварталы, лесотаксационные или лесопатологические

выделы, административно-хозяйственные границы и т.д.;

- линейные объекты, например: речная и дорожная сеть, сеть маршрутных ходов при ведении надзора в очагах вредителей и болезней леса и пр.;
- точечные объекты – места расположения пробных площадей, пунктов наблюдений и т.д.

ГИС может также включать слои растровой информации – космические и аэроснимки, отдельные кадры или фрагменты изображений. Пример совмещения в ГИС разнообразных источников информации в векторной и растровой форме представления приведен на рис. 16.

Этап совмещения картографической и тематической баз данных, по сути, завершает техническую сторону создания ГИС. Дальнейшая организация введенных данных напрямую связана с использованием методов пространственного анализа в ГИС.

3.9. Аналитические возможности ГИС

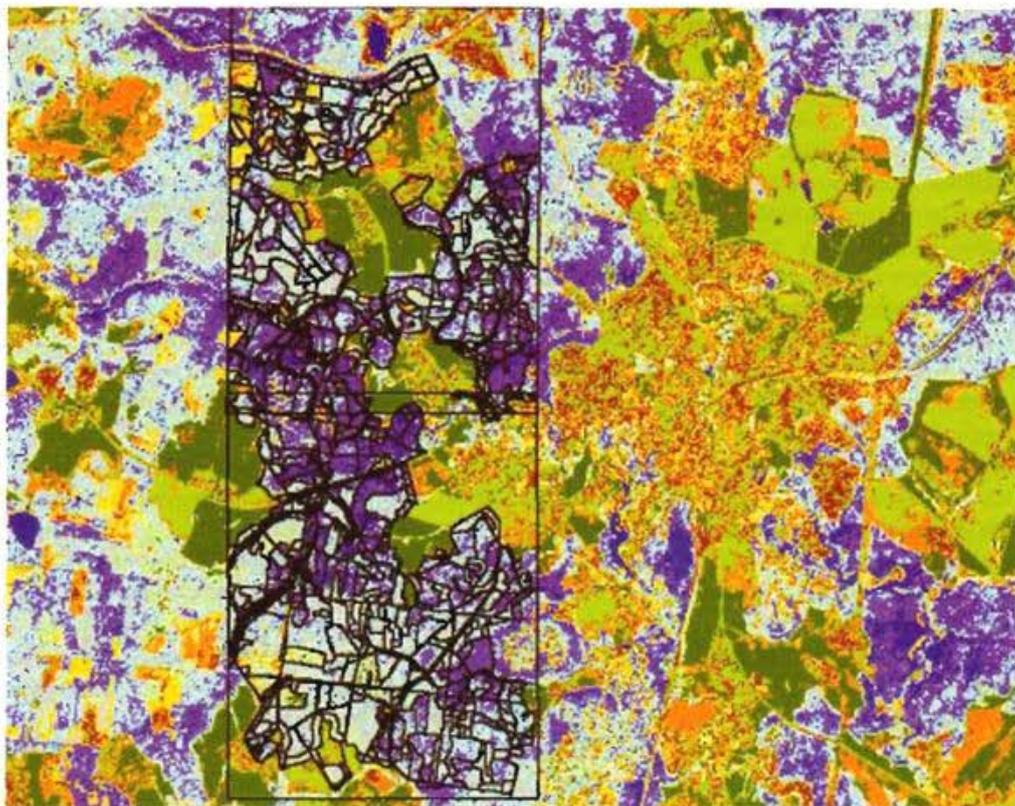
В лесном хозяйстве ГИС пока рассматривают как набор аппаратно-программных средств для автоматизированного создания планово-картографических материалов лесоустройства в цифровой форме (электронных карт) и изготовления бумажных копий этих электронных картографических документов. Формируется представление, что ГИС для отраслевых приложений равноценна по назначению и использованию системе автоматизированного составления планово-картографических материалов лесоустройства.

Наиболее важные и привлекательные для пользователя аналитические свойства ГИС, как правило, недооцениваются разработчиками ГИС-проектов. Возможность быстрого перехода от обработки отраслевой статистической и лесотаксационной информации к выполнению операций моделирования и пространственного анализа и является отличительной особенностью ГИС. Набор программных средств для анализа пространственно привязанных данных о лесах – это новый инструментарий, которым информационные технологии наделяют отраслевого пользователя. Объектами моделирования служат пространственные графические объекты и объекты атрибутивной базы данных ГИС, которые привязаны к единой пространственной основе.

Геоинформационное моделирование в общем случае включает следующие процедуры, которые реализуются в ГИС в виде стандартных функций:

- группировка пространственно привязанных данных – построение временных динамических моделей путем объединения совокупностей объектов в более крупные объекты;
- буферизация – процедура построения полигональных объектов вокруг заданных ареальных, линейных и точечных объектов и по определенным параметрам буферизации;
- генерализация – процедура обобщения графических объектов их изменения при изменении масштаба и получения соответствующих новых атрибутивных данных;
- комбинирование – объединение или разъединение графических объектов на основе отношений между ними, в том числе процедуры объединения или вычитания объектов, выделения из нескольких объектов одного и пр.;
- геокодирование – процедура координатной привязки данных одной таблицы к данным другой, позиционно определенной таблицы;
- обобщение данных – процедура создания атрибутов новых объектов на основе отношении атрибутов исходных объектов.

Особое значение аналитический инструментарий ГИС приобретает для сопровождения прогноза при организации и ведении ЛПМ, дополнения его пространственной составляющей. Технология долгосрочных, краткосрочных и текущих прогнозов для ЛПМ включает анализ погодной ситуации, специфических показателей, характеризующих биологию и динамику развития популяции и особенности формирования и развития очагов, условия местопроизрастания. Обязанности составления долгосрочных, краткосрочных и текущих прогнозов возложены на региональные и федеральный центры лесозащиты. С помощью ГИС можно дополнить эмпирические расчеты пространственным представлением прогнозов или смоделировать вероятную приуроченность и распространение очагов вредителей и болезней. Примером такого долгосрочного прогноза служит составление оценочно-прогнозной карты потенциальных очагов вредителей на основе учета климатических и лесорастительных особенностей региона.



а



б

Рис. 16. Совмещение (оверлей) различных координатно привязанных источников информации:
 а) планшетов лесоустройства и космического снимка в процессе автоматизированного дешифрирования;
 б) топографических карт, планшетов лесоустройства, аэрофотоснимков

Опираясь на существующие закономерности возникновения очагов при определенных лесотаксационных и ландшафтных условиях, особенности биологии вредителя, можно выявить, проанализировать, оценить комплекс факторов, обуславливающих изменения пространственной структуры лесных земель, и использовать выявленные тенденции при прогнозировании динамики развития очагов во времени. Исследование комплекса факторов может быть успешным при использовании аналитических возможностей ГИС. Математическая формализация (разработка алгоритма) закономерностей, выявленных по различным пространственно привязанным источникам информации, – неременное условие разработки прогнозных моделей, а воплощение этих закономерностей в картографической форме – результат исследования. Таким образом, цель такого прогноза состоит в выявлении и локализации на основе устойчивых связей между ландшафтными и лесотаксационными характеристиками, от которых зависит динамика численности вредителей, участков вероятного возникновения очагов. Предлагаемые карты рассчитаны на долгосрочный прогноз, поскольку предполагается экстраполяция существующего состояния насаждений и прогнозируемых тенденций его изменения на будущее. Использование оценочно-прогнозных карт, создаваемых в результате анализа и моделирования, целесообразно как при организации энтомологического мониторинга, так и в практической деятельности центров защиты леса. Использование подобных карт на практике позволит:

- улучшить планирование лесопатологических обследований;
- осуществить проектирование ЛПМ с оптимизацией пространственного расположения постоянных пунктов учета.

Предлагаемые карты полезны для общего надзора в зоне авиационной охраны. Использование их в качестве полетных позволит повысить эффективность работы летчика-наблюдателя при патрулировании лесной территории с воздуха, заранее проложить маршруты для определения местонахождения пораженных участков леса. При своевременной актуализации информации о состоянии лесного фонда региона по материалам дистанционных съемок такие карты можно использовать в качестве патрульных, так как они будут полностью отвечать требованиям, предъявляемым инструктивными документами.

При планировании лесозащитных мероприятий на федеральном и региональном уровнях применение прогнозных карт облегчит выбор оптимальных вариантов лесозащитных мероприятий.

Условием успешного и корректного составления подобных карт является изучение специфики биологии вредителя и определение оптимальных экологических условий для его размножения.

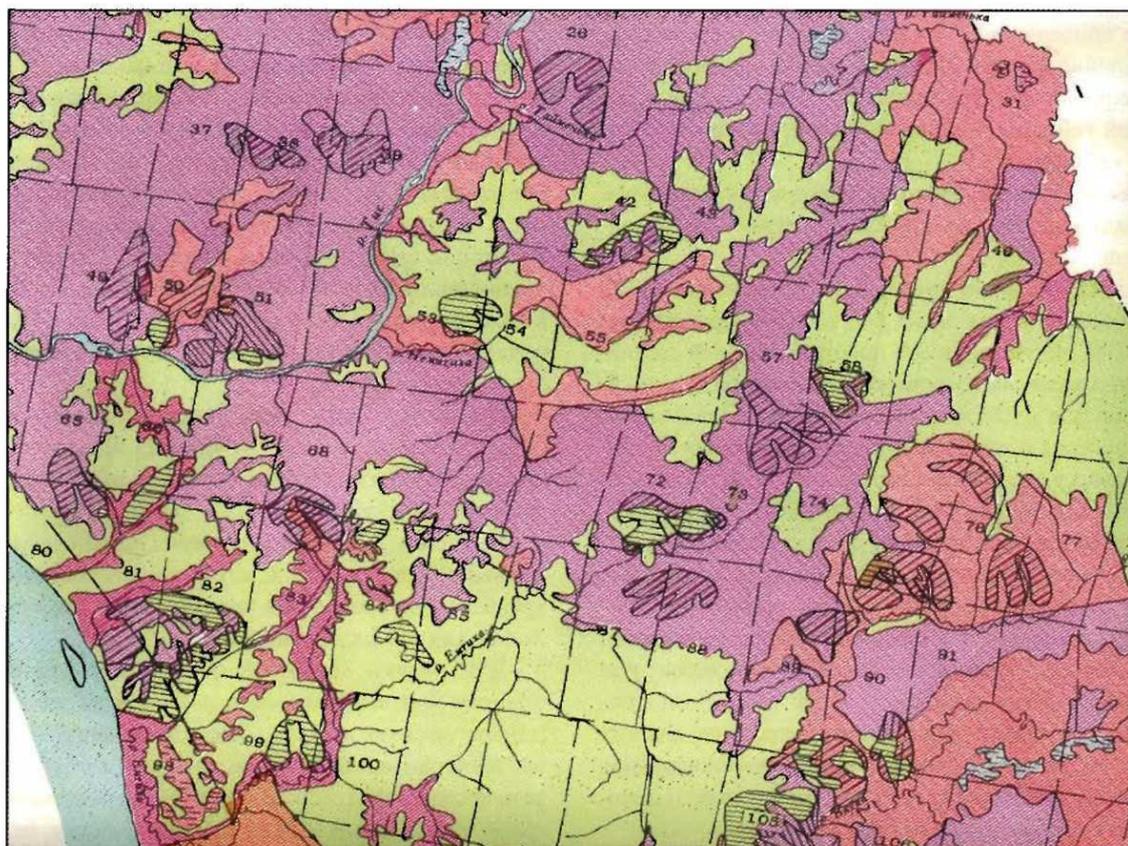


Рис. 17. Фрагмент прогнозной карты "Потенциальные очаги сибирского шелкопряда"

Для оценки кормовой базы вредителя используют планово-картографические материалы лесоустройства (схемы лесхоза и планы лесонасаждений) и материалы дистанционных съемок. Экспозицию и крутизну склонов устанавливают путем анализа топографических карт в среде ГИС. Таким образом, источниками исходной информации служат планово-картографические материалы лесоустройства; дистанционная информация (космические снимки с разрешением на местности не хуже 10... 15 м); топографические карты; материалы лесопатологических обследований прошлых лет.

Последовательность создания карт такова. По материалам лесоустройства все насаждения делятся на повреждаемые и неповреждаемые вредителем. Далее, в пределах выделов с насаждениями, составляющими кормовую базу вредителя, проводится отбор участков с наиболее благоприятными микроклиматическими условиями для его массового размножения. Такие участки отбирают на основе оценки комплекса показателей рельефа - углы наклона, экспозиция склонов и абсолютные высотные отметки.

Анализ цифровой модели рельефа, построенной на основе топокарты, позволяет отобрать участки с определенными углами наклона и, одновременно, откорректировать границы этих участков с учетом экспозиции склонов. Операции построения изолиний, вычисления экспозиции и углов наклона, затененности склонов могут быть реализованы, например, специальными программными модулями Spatial Analyst Arc View 3.2. Таким образом, на топокарте формируются зоны наиболее вероятного возникновения очагов вредителя, соответствующие благоприятным микроклиматическим условиям.

Путем наложения границ ареала, выделенного по топокартам, на план лесонасаждений стандартными средствами ГИС (операция оверлей) насаждения, составляющие кормовую базу, детализируются и классифицируются по потенциальной опасности возникновения в них очагов. Пример созданной таким образом карты приведен на рис. 17.

3.10. Этапы использования ГИС-технологий при организации и ведении ЛПМ

Организация ЛПМ включает выполнение нескольких этапов, которые нуждаются в ГИС поддержке.

В ходе **подготовительных** работ определяют объекты ЛПМ. Для этого собирают и обобщают ведомственные лесотаксационные и планово-картографические материалы, архивные данные о лесопатологической ситуации для обследуемой территории, карты лесорастительного, лесохозяйственного и лесопатологического районирования, данные учета лесного фонда. Большая часть этих информационных источников существует на бумажных носителях и в текстовой, и в табличной форме. С помощью инструментария ГИС, созданного в региональном центре по методике, изложенной выше, эксперт в ходе подготовительных работ анализирует информационные источники. Результатом экспертного анализа могут служить:

- цифровые карты потенциальных очагов энтомовредителей и болезней на обследуемой территории, которые можно использовать для рекогносцировочного и детального видов надзора за важнейшими объектами ЛПМ;
- цифровые карты лесозащитных мероприятий прошлых лет;
- цифровые карты с отобранными по специальному запросу и выведенными на экран или принтер выделами, кварталами или участками лесного массива лесхоза, где будет спланирована сеть постоянных пунктов учета.

В процессе проектирования ЛПМ экспертный анализ совмещенных в среде ГИС планово-картографических материалов лесоустройства, карт дорожной сети, топографических карт и пр. позволяет учесть доступность участков и лесных массивов. Сеть маршрутов и пробные площади по заданным условиям доступности могут быть нанесены и выведены на цифровые карты. В отдельных таблицах тематической базы данных по специальному запросу могут быть выведены координаты постоянных пунктов учета.

Пример подготовки сети пунктов обследований при организации мониторинга приведен на рис. 18. Сеть ППУ может быть совмещена с любой содержащейся в базе данных информацией. В нашем примере в качестве подложки использованы топокарты с наложенной повыделной картографической информацией планшетов лесоустройства (б) и дистанционная информация (а).

После проведения ЛПМ, **на этапе обобщения результатов**, с использованием ГИС могут быть созданы следующие картографические, текстовые и табличные документы:

- фактические данные, полученные при ведении надзора, лесопатологических обследований, инвентаризации очагов, с характеристикой состояния и численности популяций;

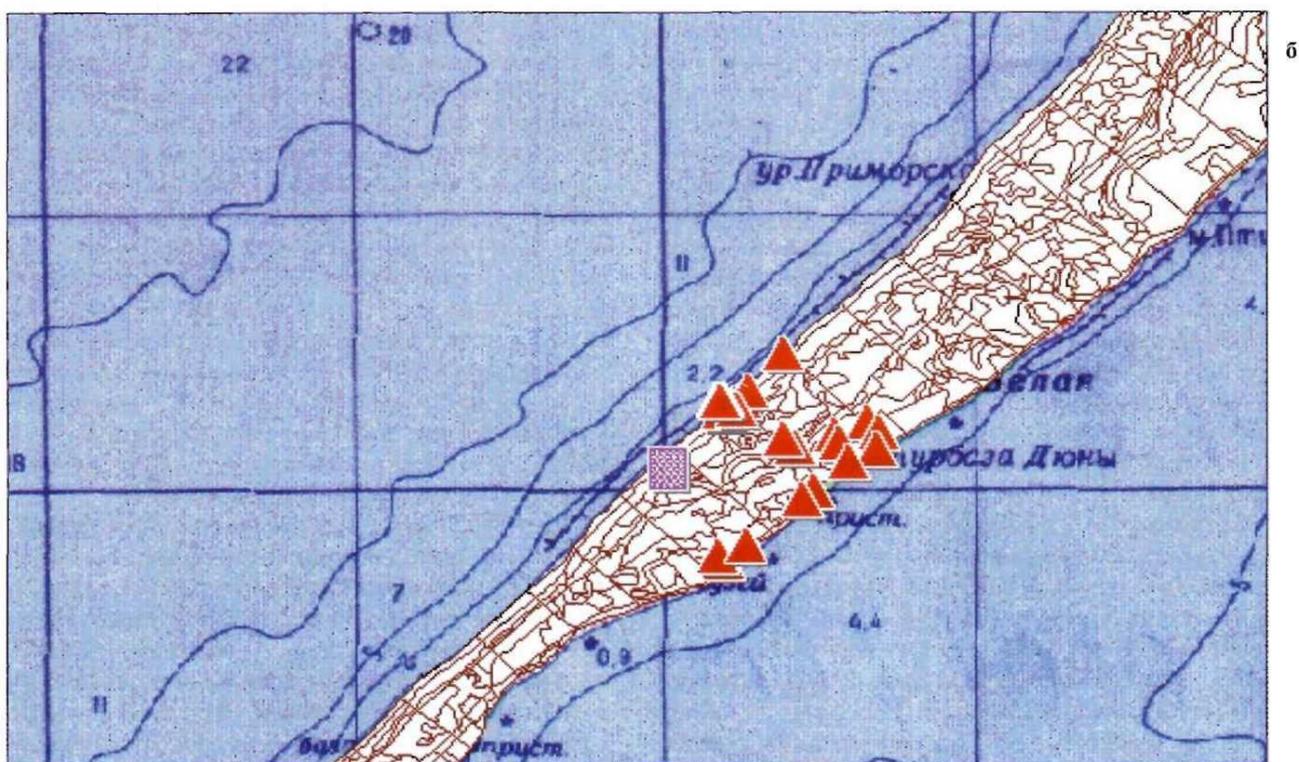
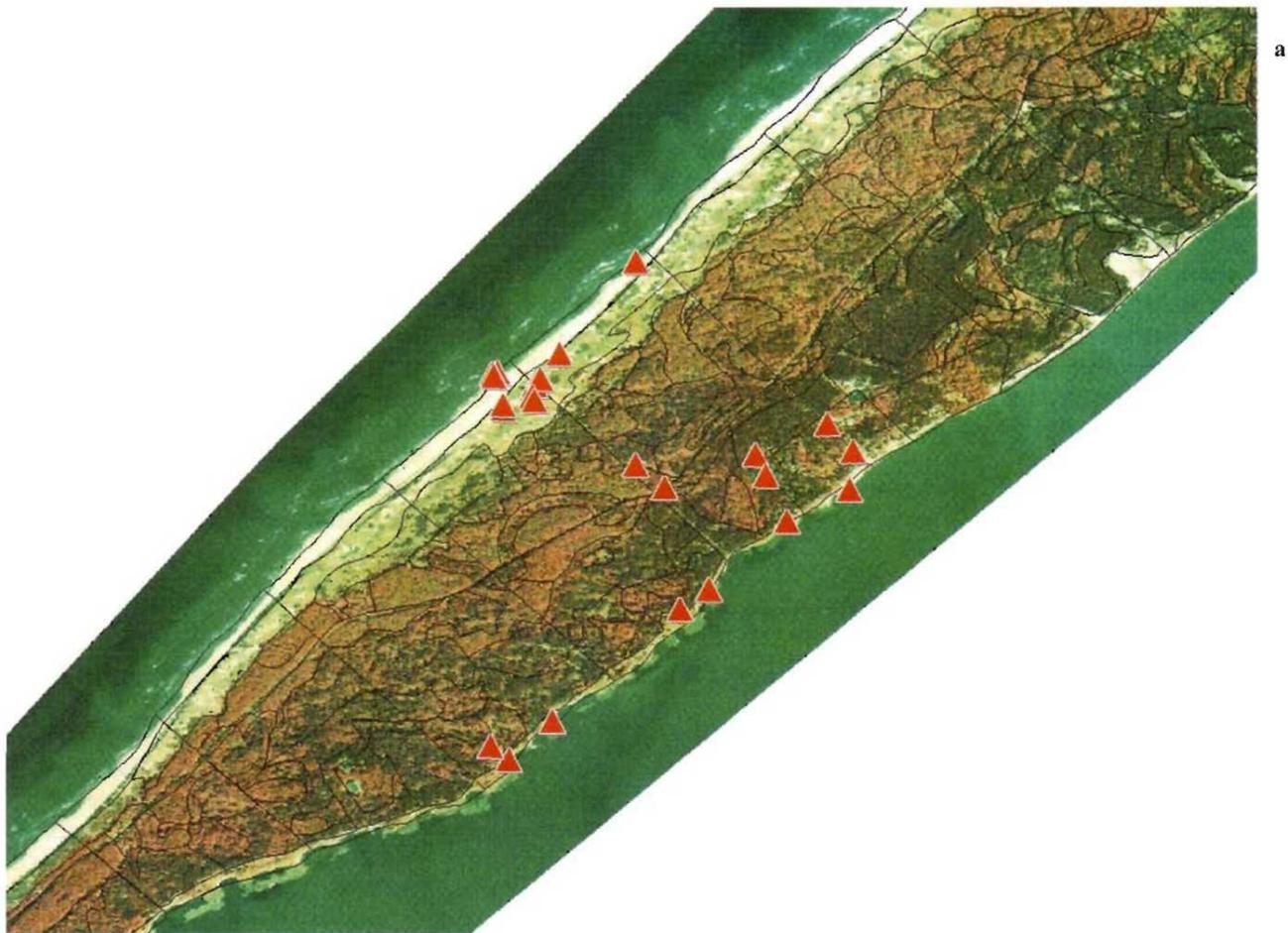


Рис. 18. Сеть пунктов мониторинга, совмещенная с дистанционной информацией (а) и повидельной лесоустроительной картографической информацией, привязанной к топографической основе (б)

- обобщенные в табличной и текстовой форме материалы ЛПМ, характеризующие важнейшие виды патологии леса, показатели состояния популяций, применяемые

лесозащитные меры;

- интегрированные оценочные карты воздействия отдельных видов вредителей и болезней на динамику лесов на наблюдаемых лесных территориях по урочищам, лесным массивам, лесничествам, лесхозам и по региону в целом;
- карты лесопатологического состояния лесов с генерализованными данными надзора, полученными по результатам мониторинга, для включения в обзоры лесопатологического состояния лесов по лесхозам и регионам;
- прогнозные карты развития лесопатологической ситуации с оценкой потенциального экологического и экономического ущерба;
- карты лесозащитных мероприятий, которые назначают по результатам мониторинга на территории обследований, по лесхозам и систем таких мероприятий для региона в целом.

Картографические документы формируются в электронном виде в заданном масштабе, могут быть визуализированы и выведены в виде бумажных копий на принтере или плоттере.

На этапе **принятия решений** ГИС может быть использована для оценки экономической целесообразности планируемых мероприятий с учетом пространственного расположения поврежденных участков леса и их доступности. Важным моментом может оказаться анализ пространственного расположения погибших древостоев, оказывающих влияние на формирование экологической ситуации в регионе.

В соответствии с нормативными требованиями к отраслевой отчетности федерального уровня, карты дополняются текстовой и табличной информацией, которую формируют по тематическим базам данных.

3.11. Нормативно-правовые вопросы

Прикладные ГИС в лесном хозяйстве не могут успешно развиваться без сотрудничества с организациями смежных ведомств, в первую очередь Роскартографии. Согласно действующему законодательству РФ, Роскартография регулирует развитие рынка геоинформатики, разрабатывает нормативно-правовые документы и осуществляет контроль за их выполнением, курирует вопросы стандартизации. С этим ведомством согласуют условия передачи геоданных, поставки топоосновы и другой информации.

Рынок цифровых карт в нашей стране находится в ранней стадии формирования. Основной производитель цифровых карт – предприятия Роскартографии. Производимая ими продукция выпускается в соответствии со спецификацией в формате F1M, специальном формате для хранения топографических карт, который не имеет аналогов за рубежом. Особенность этого формата заключается в том, что он не поддерживает топологию, поэтому без доработки в проектах, предусматривающих решение пространственных задач, использовать данные невозможно. Кроме того, для использования топокарт в формате F1M, требуется конвертирование в те форматы, которые распространены и поддерживаются напрямую коммерческими ГИС-пакетами.

В настоящее время цифровая картографическая продукция производится в ряде организаций, в том числе коммерческих. Независимые поставщики цифровой пространственной информации распространяют ее в форматах популярных ГИС. Необходимо отметить, что на российском рынке геоинформационных технологий и услуг более 300 коммерческих организаций предлагают технические средства, программное обеспечение, ГИС-пакеты, а также разработку ГИС-проектов. Больше половины разработчиков ГИС-проектов, по сведениям ГИС-Ассоциации, обычно покупает цифровые топокарты. Зачастую покупатель, приобретая их в Роскартографии, по сути получает формальное право владения топоосновой, а затем полностью ее переделывает. Качество топографической основы и контроль за ним, сертификация услуг организаций поставщиков этой продукции – необходимое условие для успешного осуществления любых ГИС-проектов.

Отечественная картографическая информация значительно отличается от аналогичной зарубежной в части проекций и систем координат. Однако многие современные коммерческие программные средства поддерживают распространенные в нашей стране проекции.

В области стандартизации обмена пространственными данными в России принят один государственный стандарт ГОСТ Р 50828 "Пространственные данные, цифровые и электронные карты (общие требования)". В нем устанавливаются требования к построению системы классификаций и кодирования, правил цифрового описания и форматов обмена пространственными данными, а также системы условных знаков цифровых карт. Фактической областью применения ГОСТ являются цифровые топографические карты. В отличие от отечественного, зарубежные стандарты способствуют решению проблемы файлового обмена, описаний структур данных, обмена данными. Доработка ГОСТ Р 50828 продолжается Военно-топографической службой МО РФ, поскольку критические замечания от пользователей, несмотря на принятие стандарта в 1995 г.,

все еще поступают. В списке литературы приведен перечень ГОСТ, разработанных Роскартографией и Военно-топографической службой МО РФ, которые регламентируют создание топокарт, цифровых карт и геоинформационных систем.

Цифровые карты, которые производятся предприятиями Роскартографии и подведомственными ей ГосГИС-центрами, можно приобрести по разумной цене. Сейчас существуют цифровые карты и банки данных топокарт на всю территорию России в масштабах 1:4 000 000; 1:1 000 000; 1:200 000. Карты этих масштабов продаются потребителям без ограничений. Детальность цифровых топокарт такая же, как и первоисточников на бумажных носителях. Так, например, цифровые карты в масштабе 1:200 000 содержат следующие группы элементов и объекты местности:

- математические элементы и элементы плановой и высотной основы;
- рельеф;
- дорожную сеть;
- гидрографию и гидротехнические сооружения;
- населенные пункты и промышленные объекты;
- растительный покров и грунты;
- границы административных образований и объектов.

Цифровые топографические карты более крупного масштаба, которые производят предприятия Военно-топографической службы, имеют ограничения по режиму использования и секретны. Разработчики и пользователи ГИС постоянно ставят вопрос о снижении режима секретности топографо-геодезических и картографических материалов, поскольку это обстоятельство не дает нормально развиваться как Роскартографии, так и другим ведомствам. По этой причине существенно ограничены возможности производства детальной информации о местности организациями, независимыми от Роскартографии, и ее продажи широкому кругу пользователей. Заявленная стратегия Роскартографии будет заключаться в том, чтобы выработать такую схему секретности материалов, которая без ущерба интересам национальной безопасности позволила бы развивать рынок геоинформационных услуг.

Приступая к разработке и внедрению ГИС в лесозащиту, следует обратить внимание на то, что этот вид деятельности подлежит лицензированию. Осуществление лицензирования так же возложено на Роскартографию. Во исполнение Федерального закона "О геодезии и картографии" это ведомство готовит нормативно-правовые акты, соблюдение которых требует от разработчиков, и вправе контролировать работы по созданию и эксплуатации ГИС. В частности, "Положение о лицензировании геодезической и картографической деятельности", принятое постановлением Правительства РФ от 8 июня 2001 г. № 453, предусматривает лицензирование работ по созданию ГИС. Кроме того, планируемые работы по созданию ГИС до начала производства должны быть зарегистрированы. Организации-исполнители должны получить в территориальных инспекциях госгеонадзора "Свидетельство о регистрации работ на создание геоинформационных систем". При регистрации в Свидетельство вносятся сведения о лицензии Роскартографии на создание ГИС, сведения об использовании картографической основы (необходимо, чтобы она имела сертификат соответствия), сведения об используемых технических и программных средствах (предполагается, что они тоже должны быть сертифицированными), сведения о лицензии ФСБ России (как у организации производителя, так и у организации исполнителя), аттестаты соответствия объектов информатизации требованиям безопасности информации и пр.

Сложности с оформлением лицензии и ограничение доступа к цифровым пространственным данным сдерживают развитие рынка геоинформатики в нашей стране. Согласно опросам ГИС-Ассоциации, тормозят практическое внедрение ГИС технологий тормозят две основные причины.

Основная причина – низкая доступность цифровых пространственных данных из-за избыточной секретности. Нормативные и правовые подходы к пространственной информации сформировались еще в традиционной картографии и не претерпели изменений при переходе к цифровым технологиям. Сегодня очевидна избыточность требований по составу объектов, необходим пересмотр понятия масштаба карт и планов, поскольку для цифровых пространственных данных существуют только два ключевых понятия: состав объектов и точность измерений. Отсутствует и система распространения открытых пространственных данных. В связи с этим очень трудно выяснить где, по какой стоимости, какого качества и в каких форматах можно приобрести цифровые карты.

Другая причина – отсутствие правовой регламентации использования ГИС и цифровых карт. Это означает, что основная масса управленческого аппарата не обязана по существующему порядку создавать и использовать в своей работе ГИС и цифровые карты, поэтому поддержка ГИС-проектов по-прежнему ложится на плечи энтузиастов.

3.12. Обучение персонала

Создание ГИС, поддержание ее работоспособности, формирование отчетной документации требует различных профессиональных навыков и уровня подготовки исполнителей. Принято считать, что группа специалистов, разрабатывающих и использующих ГИС, должна состоять из нескольких человек.

Пользователи системы и карт – в нашем случае это специалисты-лесопатологи, имеющие профессиональные знания для применения карт в области лесозащиты и начальные навыки пользователя ГИС.

Составитель карт – специалист-картограф, который создает карты по различным источникам информации, используя послойную структуру картографической базы данных, добавляет другие данные для создания специальных карт.

Оператор базы данных вводит географические данные, использует различные способы редактирования, преобразования и извлечения информации из базы данных.

Администратор баз данных управляет базой данных ГИС и обеспечивает бесперебойную работу ГИС.

Проектировщик баз данных строит логические модели и физически реализует проекты баз данных.

Разработчик ГИС настраивает программное обеспечение ГИС для обслуживания конкретных потребностей пользователей.

Обязательным условием успешной работы с программными обеспечением ГИС при организации и ведении ЛПМ является специальная подготовка и обучение исполнителей, специалистов лесного хозяйства, не имеющих специальных знаний и опыта создания ГИС. Перед началом или в ходе разработки прикладных ГИС любого уровня необходимо выполнить ряд условий:

1. Провести курсы обязательного обучения специалистов лесозащиты, которые будут вовлечены в работы по ЛПМ с использованием ГИС; включить в программу обучения пользователей начального уровня, в том числе работу в ОС Windows и Интернет.

2. Проводить обучение ГИС пользователей разных уровней только в сертифицированных центрах (как правило, поставщики коммерческого программного обеспечения предлагают такие услуги) или приглашать для обучения преподавателей, имеющих соответствующий сертификат.

3. Подбирать учебные программы с учетом уровня компьютерной грамотности конечного пользователя. Специальные учебные программы в сертифицированных коммерческих центрах ориентированы на слушателей разных уровней подготовки. Они проводят курс обучения ГИС-пользователей, создания специальных ГИС-приложений; курс обучения программированию в среде ГИС с использованием специальных встроенных языков и пр.

4. Использовать русифицированные программные средства при создании ГИС. Разработать или адаптировать подробные руководства для освоения программного обеспечения, понятные пользователю начального уровня.

5. Чтобы в последующем не тратить средства на сопровождение и устранение "случайных" сбоев, следует предпочесть качественные, хорошо отлаженные программные комплексы для разработки ГИС-проектов, прошедшие экспертизу.

6. Научиться работать в сети Интернет, чтобы оперативно получать техническую поддержку и помощь через каналы связи от поставщиков программного обеспечения.

7. Для лучшего понимания возможностей ГИС пользователями начального уровня и освоения программного обеспечения необходимо использовать при обучении имеющиеся в ГИС-пакетах имитационные игры с сюжетами из лесохозяйственной практики.

4. ОЦЕНКА ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ СЪЕМОК

Дистанционная оценка лесопатологического состояния лесов – наименее разработанный раздел лесного дешифрирования. Это связано с неустойчивым проявлением и диагностикой на материалах аэрокосмических съемок признаков дешифрирования деревьев и насаждений различной степени ослабления и усыхания.

Лесным дешифрированием материалов аэрокосмических съемок называется процесс опознавания изображенных на них лесных объектов и установления их количественных и качественных характеристик.

Лесное дешифрирование может быть *визуальным* (глазомерным, аналитическим), *измерительным*, *автоматическим* (машинным), а также комплексным – *аналитико-измерительным* или *автоматизированным* (интерактивным, человекомашинным).

При визуальном дешифрировании изучаемый объект характеризуют на основе признаков дешифрирования его изображения на аэрофото- или космическом снимке (на бумажном носителе или экране компьютера) невооруженным глазом или с помощью увеличительных или стереоскопических приборов. Иными словами, информация с аэрокосмического изображения считывается и анализируется с помощью зрительного и логического аппаратов дешифровщика. Поэтому этот вид дешифрирования называется также аналитическим, и его успешность зависит от степени подготовленности и опыта дешифровщиков.

При измерительном дешифрировании все или некоторые параметры и характеристики дешифрируемых объектов измеряют на снимках с помощью механических, оптико-механических, оптико-электронных и других измерительных инструментов, приборов, устройств и систем.

При аналитико-измерительном дешифрировании сочетается визуально-логический анализ изображения с измерением различных параметров дешифрируемых объектов.

Автоматическое дешифрирование основано на распознавании по спектральным и морфометрическим характеристикам дешифрируемых объектов их количественных и качественных показателей. В этом случае процесс дешифрирования выполняется с помощью технических средств обработки изображений. Роль человека состоит в создании системы, определении конкретной задачи и обработки съемочной информации с помощью соответствующих программ, а также поддержании нормального функционирования системы.

Автоматизированное (интерактивное, человекомашинное) дешифрирование сочетает в себе элементы аналитико-измерительного, выполняемого дешифровщиком-оператором по изображению на экране компьютера, с автоматическим дешифрированием. В этом случае съемочную информацию анализируют и обрабатывают с помощью технических средств обработки изображений при активном участии оператора-дешифровщика.

В зависимости от места проведения дешифрирование может быть *полевым*, *камеральным* (лабораторным), *аэровизуальным* или *комбинированным*.

Полевое дешифрирование проводят непосредственно на местности путем сопоставления изображения на аэро- или космических снимках с натурой. Метод полевого дешифрирования является наиболее простым и точным, но требует больших затрат времени и труда. Камеральное дешифрирование проводят в лабораторных условиях, при этом сокращаются затраты труда инженерно-технического персонала и рабочих, происходит ускорение работ и значительное снижение их стоимости. Камеральное дешифрирование всегда выполняют с привлечением дополнительных картографических, нормативно-справочных и других фондовых материалов. Аэровизуальное дешифрирование проводят путем сопоставления изображений распознаваемых объектов на аэро- или космических снимках с местностью при полетах на самолетах или вертолетах.

Анализ информативности съемочных материалов показывает, что их практическое применение возможно, как правило, на основе рационального сочетания методов наземных и дистанционных наблюдений.

4.1. Классификация лесных повреждений для проведения лесопатологического дешифрирования материалов дистанционных съемок

Дистанционными методами невозможно непосредственно обнаружить наличие вредителей и болезней в насаждении. Однако их присутствие с большой долей вероятности определяется опосредованно, через повреждение ими лесного полога.

При наземном лесопатологическом обследовании используется шкала, в соответствии с которой на основе внешних признаков различают 6 категорий санитарного состояния деревьев. В состав этих признаков входит характеристика густоты крон деревьев и состояние прироста, степень повреждения хвои или листвы (объедена, обожжена), усыхание хвои (листвы) или ветвей, наличие суховершинности или сухокронности, изменение цвета хвои или листьев и т.п. При лесопатологическом дешифрировании материалов съежек для удобства использования эта шкала представлена в виде классификации, в которой учтена степень выраженности лесных повреждений на материалах съежек различной разрешающей способности.

Известно, что одинаковые типы лесных повреждений могут возникать под воздействием различных факторов среды (биотических, абиотических, антропогенных), и наоборот – воздействие на лес одного и того же фактора среды может способствовать появлению различных типов лесных повреждений. Обычно различают 2 вида признаков лесных повреждений: морфологические и физиологические. Морфологические признаки связаны с изменениями в строении формы крон и стволов деревьев. Проявление физиологических признаков внешне заметно по изменению цветовой окраски ассимиляционных побегов деревьев. Изменение нормального хода кривых спектральной яркости хвои (листьев) деревьев при отсутствии признаков их дехромации может служить признаком ранней стадии лесных повреждений. На рис. 19 и 20 представлены четыре группы лесных повреждений, и приведен перечень наиболее вероятных факторов, вызывающих каждый вид повреждения.

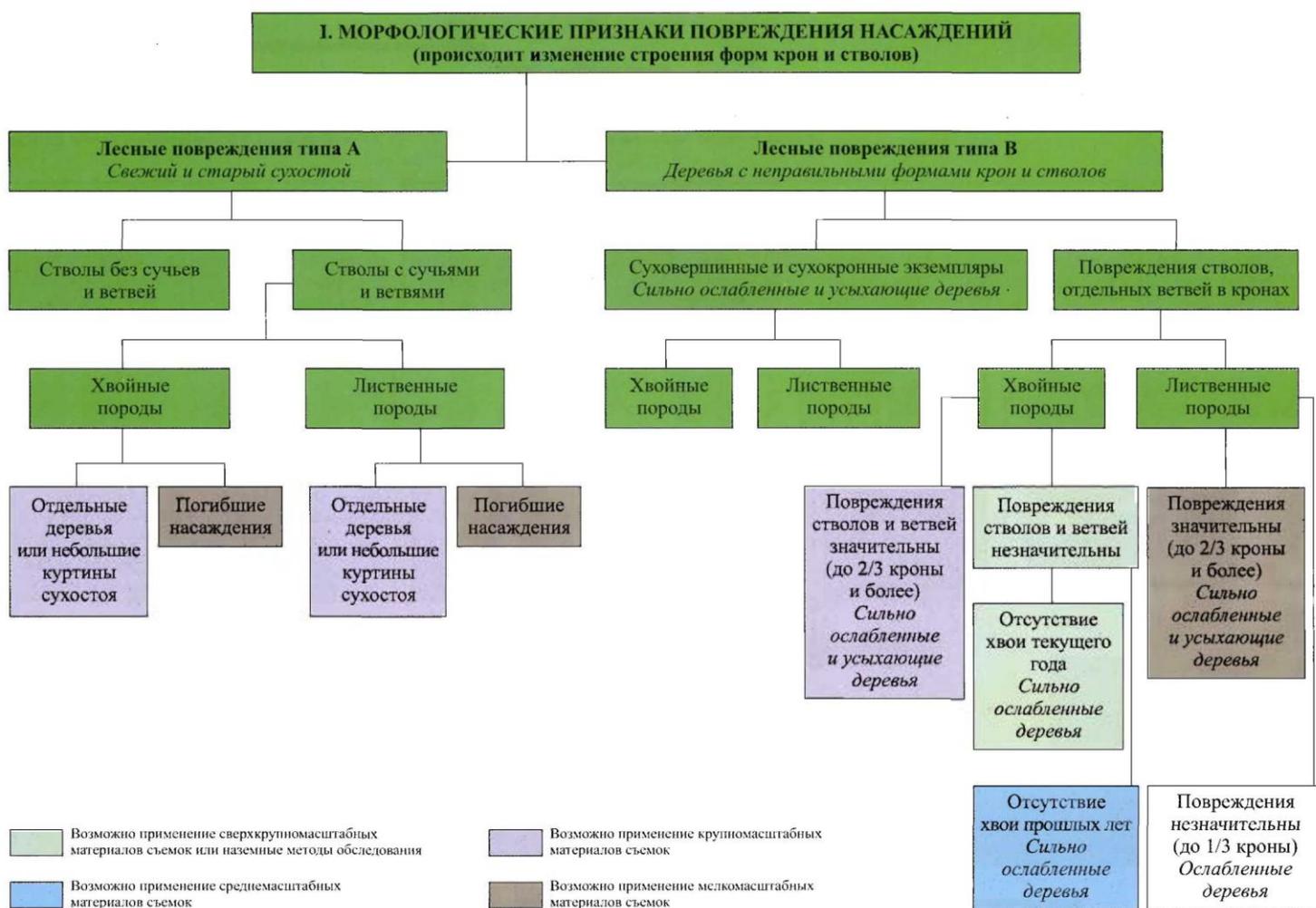


Рис. 19. Морфологические признаки повреждения насаждений

1. Повреждения типа **А** объединяют хвойные и лиственные деревья свежего и старого сухостоя. В зависимости от степени морфологических изменений крон выделены 2 группы необратимо поврежденных деревьев: сухостой без сучьев и ветвей и сухостой с сучьями и ветвями. Как видно из схемы морфологических признаков, сухостой встречается в пологе в виде отдельных деревьев (куртин) или образует погибшие насаждения. На аэрофотоснимках крупного масштаба деревья старого сухостоя имеют вид штрихов, тени от них – вид резких черных линий. Тени от сухостойных с изреженной кроной деревьев не плотные, как от крон здоровых деревьев, и имеют

неявно очерченные контуры. Куртины и погибшие насаждения в виде сухостоя явно выделяются по светлым тонам крон, наличию разных по величине и неправильных по форме провалов в проекции полога насаждений, просматриваемости в стереоскоп земной поверхности, иногда заметного валежника, особенно на аэрофотоснимках крупного масштаба. Для погибших на больших площадях насаждений характерно резкое изменение цвета (тона) изображения, эти участки распознаются на аэрокосмических снимках мелкого масштаба.

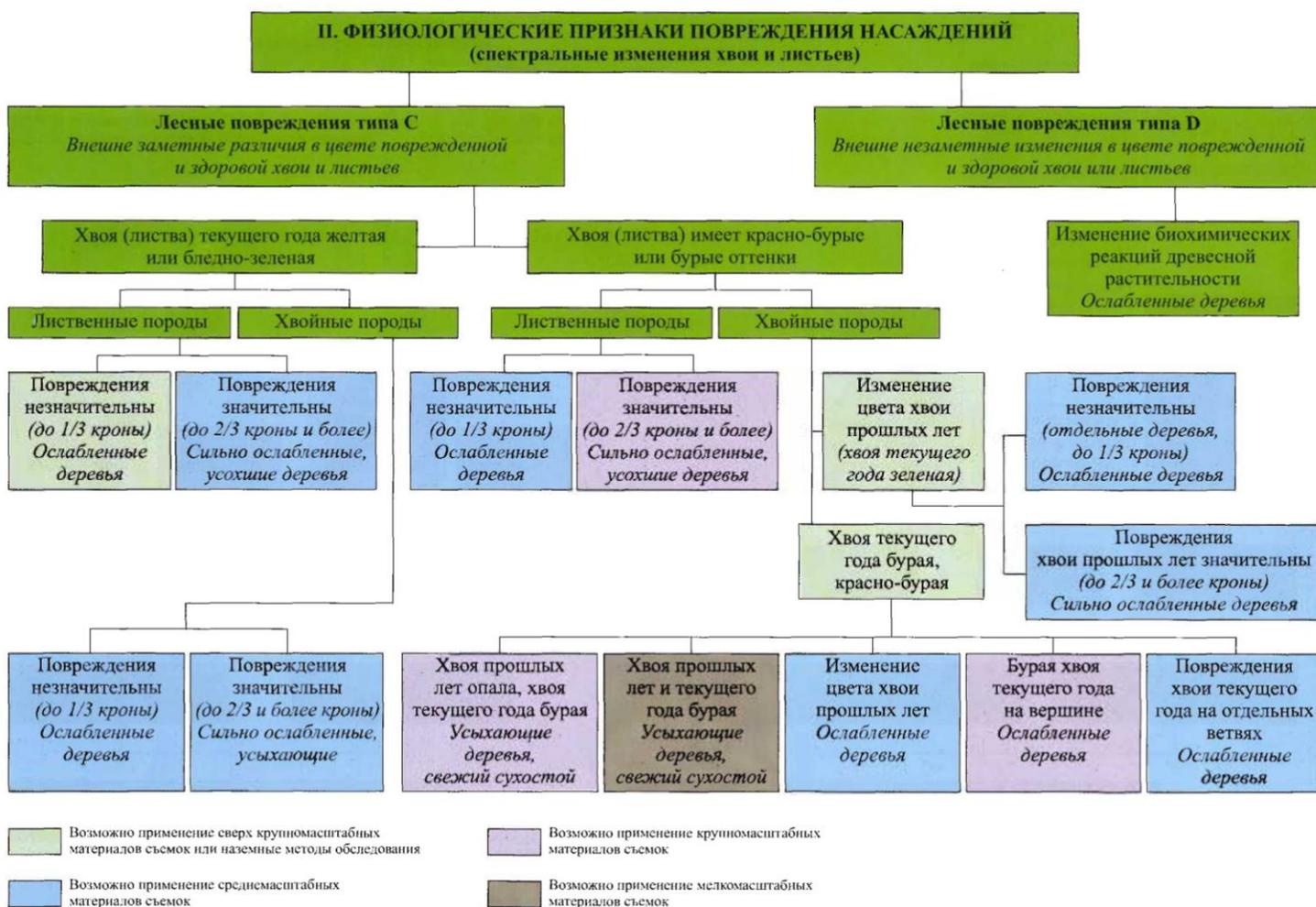


Рис. 20. Физиологические признаки повреждения насаждений

2. Повреждения типа **B** связаны с частичными изменениями в строении крон и стволов у деревьев хвойных и лиственных пород. В зависимости от того, какая часть кроны дерева затронута повреждением, выделяют 2 группы: одна – суховершинные и сухокронные деревья, другая – деревья с повреждением части ствола и отдельных ветвей в кронах, а также с отсутствием хвои текущего года или прошлых лет. Появление повреждений подобного типа обычно сопровождается появлением цветовых оттенков и деформацией форм крон деревьев. Характер и количество поврежденных деревьев в лесном пологе определяют детальность рекомендуемых к использованию материалов съемок.

Суховершинные кроны являются признаком сильно ослабленных или усыхающих деревьев. У хвойных пород этот вид повреждений вызывают, прежде всего, корневая губка, рак-серянка, ступенчатый рак, грибы-патогены, низовые пожары, поллютанты, пилильщики, некоторые виды шелкопрядов, стволовые вредители.

Отмирание крон лиственных пород происходит, как правило, в результате поражения деревьев голландской болезнью ильмовых, черным раком, гнилью стволов, а также при повреждении шелкопрядом, златогузкой, стволовыми вредителями.

В другой группе выделены 2 разновидности, связанные со значительным (до 2/3 и более) повреждением крон (сильно ослабленные и усыхающие деревья) и незначительным (до 1/3) повреждением крон (ослабленные деревья).

При значительном повреждении крон хвойных пород выделяют сильно ослабленные или усыхающие деревья. В числе основных причин, вызывающих такой характер повреждений – сильное объедание хвои насекомыми-вредителями (шелкопряд, совка, пяденица, молодые жуки

усачей), заключительные стадии грибных и раковых заболеваний, механические повреждения крон дикими животными, бурелом, снеголом, ожеледь стволов. У лиственных пород значительные повреждения крон вызывают, прежде всего, механические повреждения (снеголом, ожеледь, бурелом) и сопутствующие им гнили стволов и ветвей.

При незначительном повреждении хвойных (отсутствие хвои текущего года) и лиственных пород их относят к ослабленным деревьям. Основными причинами таких повреждений могут быть хвое- или листогрызущие насекомые, а также почвенная засуха. Более разнообразны причины, вызывающие у хвойных пород отсутствие хвои прошлых лет. Обнаружение такого вида лесных повреждений позволяет относить хвойные деревья к группе сильно ослабленных. К числу наиболее вероятных причин, способствующих опадению или отсутствию хвои прошлых лет, относят грибные болезни, объедание крон шелкопрядом и пилильщиком, воздействие на лес промышленных выбросов, а также недостаток питания и влияние засухи.

3. Для правильного дешифрирования повреждений типа С, который объединяет деревья и насаждения с внешне заметными различиями в цвете поврежденной и здоровой хвои и листьев, необходимо знание спектральной отражательной способности древесных растений с различными повреждениями. Современная методика предусматривает сбор растительных образцов (хвоя разных лет, охвоенные побеги или ветви, листья и облиственные побеги) для последующего их оперативного спектрометрирования в полевых или лабораторных условиях. Эти же образцы часто используют для проведения пигментного анализа, изучения анатомического строения клеток и др. Существуют рекомендации по организации сбора образцов, которые включают указание времени и места отбора образцов в кронах, а также определение необходимого числа, состояния и размещения учетных деревьев в зависимости от их возраста, топографии местности и т.п.

С увеличением возраста хвои, а также под воздействием негативных факторов среды в клеточных тканях ассимиляционных побегов происходят биохимические реакции, симптомами которых служат нарушения клеточной структуры мезофилла, сопровождаемые изменениями отражательной способности и хода спектральных кривых яркости (СКЯ) хвои (листьев), побегов, ветвей, крон или полога насаждений.

На спектральное отражение в области 400...700 нм преобладающее воздействие оказывают листовые пигменты (зеленый – хлорофилл и желтые – каротин и ксантофилл). Минимум поглощения радиации для всех пигментов лежит, как известно, в зоне зеленых лучей (520...600 нм), эта часть спектра часто обозначается как "зеленый пик". Поглощение пигментами световой энергии происходит, в основном, за счет радиации, поступающей в видимой части спектра. Наиболее явно поглощение хлорофилла проявляется в красной области спектра (600...700 нм), здесь кривая отражательной способности здоровых растений сильно вогнута, эту часть спектра иногда называют "хлорофилловой ямой". Это явление связано с тем, что в состав молекулы хлорофилла входит магний, линия поглощения которого расположена в красном участке спектра. При старении хлорофилла или стрессовом состоянии древесных растений происходит разрушение хлорофилла, растения приобретают желтую окраску, в соответствии со спектром поглощения каротиноидов и ксантофиллов. Сильное отражение света происходит в ближней инфракрасной зоне спектра (примерно в промежутке 750...800 нм). Здесь вид кривой зачастую приобретает плавный и слегка пологий характер (так называемое ИК-плато). Считается, что отражение излучения в этой области спектра связано со структурой и состоянием клеток хвои (листьев), т.е. падающая радиация незначительно поглощается пигментами и водой, а интенсивность его отражения зависит от длины оптического пути и многократности преломления в мезофильных тканях. Например, губчатая паренхима лиственных пород деревьев с наличием больших воздушных межклеточных полостей и оболочек клеток обеспечивает меньшую длину оптического пути отражения радиации, чем складчатая паренхима хвойных пород. Иными словами, интенсивность отражения радиации лиственными породами выше, чем хвойными. Аналогично изменяется интенсивность отраженного излучения у здоровых деревьев и деревьев разной степени ослабления и усыхания. Переход от хлорофилловой ямы к ИК-плато (примерно на участке кривой 680...720 нм) характеризуется резким подъемом кривой спектрального отражения, эту часть спектра иногда называют "красный край".

Для повреждений типа С характерны физиологические признаки, которые связаны с внешне заметными различиями в цвете поврежденной и здоровой хвои или листвы древесных растений. В зависимости от цвета поврежденных вегетирующих органов выделяют деревья и насаждения с желтой, бледно-зеленой, красно-бурой или бурой хвоей (листвой).

Пожелтение листьев или хвои текущего года может затрагивать незначительную часть кроны (до 1/3) у ослабленных деревьев или значительную часть кроны (более 2/3) у сильно ослабленных и усыхающих деревьев.

Этот тип повреждения у лиственных пород связан с воздействием грибковых заболеваний, засухи, голландской болезни, низовых и подземных пожаров, промышленных выбросов (например, двуокиси серы) или с недостатком питания. Причинами появления у ослабленных хвойных деревьев желтой или бледно-зеленой хвои могут быть сосудистые заболевания, гнили стволов,

засуха, а также воздействие насекомых: пядениц, совок, пилильщиков, усачей (молодые жуки). Более интенсивное воздействие перечисленных факторов, а также стволовых вредителей или корневой губки приводит к переходу хвойных деревьев в категорию сильно ослабленных или усыхающих.

Красно-бурая или бурая листва появляется у лиственных пород под воздействием тли, голландской болезни, засухи, диких животных.

Красно-бурый или бурый цвет может быть у хвои текущего года или у хвои прошлых лет (хвоя текущего года при этом остается зеленой). Наиболее многочисленна первая группа лесных повреждений. При отсутствии хвои прошлых лет и побурении хвои текущего года деревья можно уверенно относить к категории усыхающих и свежему сухостою, причинами чего часто служат корневая губка, гриб-опенок, промышленные выбросы. Аналогично к усыхающим деревьям или свежему сухостою следует относить хвойные деревья, у которых бурый цвет хвои прошлых лет и текущего года может быть связан с градобоем, последствиями суровых зим, низовых или подземных пожаров, длительного затопления, воздействием промышленных выбросов, питанием молодых жуков-усачей, развитием корневой губки. При наличии красно-бурой или бурой хвои текущего года и нормальной хвои прошлых лет можно предполагать воздействие морозов или листовертки, а деревья относят к категории ослабленных.

При расположении красно-бурой или бурой хвои текущего года на вершине деревьев их относят к категории ослабленных, а основными причинами, вызывающими этот вид повреждений, считают воздействие побеговьюнов, рака-серянки.

Появление красно-бурого или бурого цвета у хвои прошлых лет и сохранение зеленой хвои текущего года может быть связано с воздействием пилильщиков, шелкопряда-монашенки, стволовых и корневых гнилей, а также с периодическим сезонным сбрасыванием старой хвои.

Для регистрации изменения цвета хвои или листьев в лесном пологом используется съемка на цветную и спектрально-фотопленки или многоспектральная сканерная съемка с самолетов и космических аппаратов.

4. Повреждения типа **D** объединяют хвойные и лиственные деревья, патологические изменения которых еще не имеют внешне заметных различий, поэтому современный этап изучения повреждений этого типа связан преимущественно с оценкой на основе различной системы показателей морфологии кривых спектральных коэффициентов яркости, получаемых также при дистанционном зондировании. Соотношение различных спектральных характеристик, характеризующих особенности отражательной способности хвои или листьев разных древесных пород и содержания в них хлорофилла, могут служить индикатором ранних стадий ухудшения состояния деревьев. В этом случае используются характерные участки спектра, в которых зеленая растительность имеет различную отражательную способность. Один из участков (зеленый пик) расположен в зоне наибольшего отражения в видимой области спектра, другой (хлорофилловая яма) – в зоне наибольшего поглощения света хлорофиллом, третий (красный край) – на участке перехода от видимой к инфракрасной зоне спектра.

Кроме того, используются производные признаки, которые учитывают особенности морфологии СКЯ в разных участках спектра. Наиболее характерным является возникновение эффекта "голубого сдвига", т.е. симптоматического сдвига склона красного края СКЯ в сторону коротковолновой части спектра из-за негативного воздействия на древесную растительность факторов среды.

Техническое решение при обнаружении повреждений типа **D** связано с появлением спектрометров, обладающих высоким спектральным разрешением. Примером может служить отечественный акустооптический спектрометр "Кварц 4" конструкции ВНИИФТРИ. Реализованный в приборе принцип разложения излучения в спектр состоит в смещении оптических лучей с различными длинами волн фазовой решеткой, сформированной в кристалле кварца под воздействием ультразвуковой волны, что обеспечивает спектральное разрешение 0.3...0.8 нм в диапазоне длин волн 415...850 нм.

При дистанционном зондировании желательно получать информацию о состоянии лесной растительности одновременно в 30 узких зонах спектра, т.е. со спектральным разрешением не ниже 25 нм. Техническая реализация этого условия возможна на пути создания и применения видеоспектрометров.

4.2. Формирование признаков дешифрирования

Приведенная классификация лесных повреждений необходима при выборе материалов дистанционного зондирования, а также при обнаружении и последующем определении по ним степени повреждения или усыхания деревьев и насаждений. Распознавание по материалам съемок, полученных в оптическом диапазоне электромагнитного спектра, лесных повреждений и

определение категорий санитарного состояния деревьев и насаждений производится на основе признаков дешифрирования, которые формируются в зависимости от размеров лесопатологических объектов и спектральных свойств отраженной от крон деревьев или лесного полога солнечной радиации. Наиболее информативными являются прямые признаки, к которым относится тон (цвет) изображения, и признаки, характеризующие внешний облик объектов дешифрирования, – форму, размеры, тени, рисунок (структуру и текстуру) изображения. Используются также косвенные признаки дешифрирования, с помощью которых по одним хорошо распознаваемым на материалах съемок объектам можно опознать и дать характеристику других, плохо или совсем не опознающихся объектов.

Признаки дешифрирования лесопатологических объектов. При различных видах лесного дешифрирования требуется знать, какие минимальные объекты могут быть обнаружены и опознаны на материалах съемок того или иного масштаба. Сгруппировав ранее перечисленные типы лесных повреждений на основе размеров структурных деталей, можно провести выбор вида и масштаба материалов дистанционных съемок, обеспечивающих распознавание наиболее характерных объектов лесопатологического дешифрирования (табл. 4).

Таблица 4. Типичные размеры объектов лесопатологического дешифрирования

| Объекты дешифрирования | Распознаваемые структурные детали изображения | Минимальные размеры объектов на местности | Необходимые материалы съемок |
|---|---|---|--|
| Незначительные повреждения (до 1/3 кроны) отдельных деревьев (ослабленные деревья) и куртин | Ветви | 0.1... 0.3 м | Сверхкрупномасштабные (крупнее 1:1000) и крупномасштабные аэрофотоснимки масштаба 1:1000-1:3000 |
| Значительные повреждения (до 2/3 кроны и более) отдельных деревьев (сильно ослабленные, усыхающие и усохшие деревья) и куртин | Ветви | 0.3...0.5 м | Крупномасштабные аэрофотоснимки: масштаб 1:3000... 1:5000; масштаб 1:5000...1:7000 (конверсионные КС) |
| | Кроны | 2...4 м | |
| Насаждения разной степени повреждения: | Кроны, биогруппы | 5...10 м | Среднемасштабные аэрофотоснимки: масштаб 1:10 000 (конверсионные КС); масштаб 1:10 000...1:15 000 |
| | | слабой и средней | |
| | сильной (сплошной) | Выдел | >10га |
| Скопление мертвого леса независимо от происхождения: в защитных лесах | Выдел | 3...15 га | Среднемасштабные аэрофотоснимки: масштаб 1:10 000... 1:15 000 (конверсионные КС) |
| | Выдел | >10 га | Космические снимки с разрешением 10...40 м |

Для обнаружения незначительных лесных повреждений, а также определения числа ослабленных деревьев по аэрофотоснимкам приходится пользоваться сверхкрупномасштабными материалами аэрофотосъемки (масштаб 1:1000 и крупнее), на которых опознаются повреждения части крон или отдельных ветвей в кронах деревьев. При значительном повреждении крон деревьев (до 2/3 и более) масштаб используемых крупномасштабных аэрофотоснимков уменьшается до 1:5000... 1:7000. Пространственно выраженные участки поврежденного леса или погибшие насаждения позволяют использовать среднемасштабные аэрофотоснимки (1:10 000... 1:15 000), а также конверсионные космические снимки (КС) высокого разрешения (1...2 м) и увеличенные космические снимки с разрешением 10...40 м.

Системы признаков дешифрирования разрабатываются, как правило, применительно к конкретным лесным объектам и материалам съемки, дешифровочные возможности которых зависят от сезона проведения съемочных работ, погодных условий, типа фотопленки, фотобумаги и процесса их фотохимической обработки. В зависимости от этих условий лесопатологические объекты отображаются на материалах съемки по-разному. На современном этапе все большее распространение получает автоматизированный способ дешифрирования, при котором не исключается экспертная тематическая интерпретация результатов, полученных при автоматической классификации материалов съемок. В связи с этим профессиональная подготовка экспертов остается актуальной задачей. В течение какого-то времени будет сохраняться необходимость подготовки лесопатологов-дешифровщиков на основе глубокого изучения изобразительных свойств материалов съемок, а также разработки дешифровочных признаков лесопатологических объектов, составленных в описательной форме.

В табл. 5 приведен пример признаков дешифрирования сосновых древостоев различного состояния, подверженных влиянию промышленных выбросов. Эти признаки специально разработаны для спектрально-аэрофотоснимков (СН-6М) масштаба 1:10 000... 1:12 000.

В качестве признаков использован цвет и процентное участие поврежденных деревьев в пологе древостоев, разнообразие размеров крон деревьев, возможность стереоскопического наблюдения полога в глубину, особенности рисунка падающих теней. Признаки, определяющие характер границ лесных выделов, позволяют уточнять их конфигурацию за счет выделения поврежденных и погибших участков древостоев.

Таблица 5. Признаки для дешифрирования по спектро (опальным аэрофотоснимкам (с пленки СН-6М) масштаба 1:10 000... 1:12 000 сосновых насаждений, поврежденных промышленными выбросами в атмосферу

| Состояние насаждений | Характеристика фотоизображения полога | | | | Признаки, определяющие характер границ лесных участков |
|----------------------|---|--|--|---|--|
| | Цвет и встречаемость поврежденных деревьев | Различия в размерах крон | Просматриваемость полога в глубину | Характеристика падающих теней | |
| Здоровые | Преобладающий цвет серо-зеленый, кроны сине-зеленого оттенка до 5 % | Различия в размерах крон незначительны | Не просматривается | Тени резкие, эллипсовидные | Таксационно-лесоводственные различия |
| Ослабленные | Поврежденные кроны сине-зеленого, синего цвета, участие в пологе достигает 20 %, в среднем 8...10 % | То же | Обычно не просматривается | То же | То же |
| Сильно ослабленные | Цвет полога зеленовато-голубой, до 40 % вершин деревьев имеет синеватый оттенок | Заметны различия в размерах крон деревьев | Просматривается на глубину до 1/2...2/3 длины крон | Тени от крон поврежденных деревьев нечеткие | Могут быть выделены участки с различной встречаемостью поврежденных крон |
| Усыхающие | Цвет полога преимущественно голубой с ярко-синими оттенками | Различия в размерах крон незначительные | Просматриваемость глубокая, местами до поверхности земли | Заметны тени от стволов и нечеткие тени от крон | Четкие границы между поврежденными и неповрежденными насаждениями |
| Погибшие | Ярко-синий цвет погибшего насаждения | Кроны незаметны, штриховатый рисунок изображения | Просматриваемость до земли, заметен подрост и подлесок | Тени от стволов деревьев прямые и тонкие | Границы участков погибших насаждений четкие |

Последовательность дешифрирования материалов съемок. Процесс дешифрирования материалов съемок включает следующие этапы: привязку, обнаружение объектов, их опознание, интерпретацию и экстраполяцию.

Привязка снимков заключается в определении пространственного (географического) положения территории, изображенной на снимках, и осуществляется при помощи географических, топографических или лесных тематических карт. Ориентирами и опорными точками для привязки служат места взаимного пересечения элементов гидрографической сети, дорог, трасс коммуникаций, просек, а также населенные пункты и другие, надежно опознаваемые объекты. *Обнаружение объектов* – выделение различных рисунков изображения, характерных для дешифрируемых объектов или их групп. Опознавание объектов, или их идентификация, включает анализ комплекса прямых признаков дешифрирования тона (цвета), формы, рисунка (структуры, текстуры), размеров изображения и элементов рисунка, определяющих физиономичность изображенных объектов, а также косвенных признаков, указывающих на сопряженность распознаваемых объектов с другими объектами или природными и антропогенными особенностями. *Интерпретация* заключается в определении характеристик дешифрируемых объектов по прямым и косвенным признакам в зависимости от тематической направленности дешифрирования. *Экстраполяция* – включает идентификацию аналогичных объектов на всей территории, изображенной на одном снимке или нескольких снимках, полученных при одних и тех же атмосферно-оптических условиях съемки,

При лесопатологическом дешифрировании иногда с трудом можно различить здоровые и ослабленные деревья или насаждения, а также отличить сильно ослабленные от ослабленных и

усыхающих деревьев или насаждений. Поэтому при интерпретации может быть предложена схема, когда первоначально привлекается заведомо избыточное число признаков, из которых затем отбирают наиболее информативные. Анализируют не только традиционные прямые признаки, характеризующие особенности структуры изображений, но и дополнительные (ландшафтно-климатические, топографические и другие параметры), которые могут повысить результативность дешифрирования материалов съемок. При этом часто возникает задача совместного анализа разнотипных количественных, качественных и классификационных признаков. Таким образом, процедура классификации, ранжирования и отбора признаков дешифрирования состоит из нескольких этапов.

На первом этапе выявление информативных признаков дешифрирования проводится на основе анализа коэффициентов корреляции между признаками. Отдельные из признаков с высокими значениями парной корреляции на основе экспертной оценки лесопатологов могут быть исключены из списка информативных признаков как дублирующие друг друга. На следующем этапе предусматривается ранжирование признаков по привносимой ими доли вероятности в распознавание категорий состояния деревьев или насаждений. На заключительном этапе происходит определение оптимального набора признаков, которые обеспечивают заданную точность выделения информационных классов. В задачу экспертов обычно входит оптимизация числа классов, распознаваемых с приемлемой для практики точностью.

Например, при дешифрировании аэрофотоснимков СН-15 (масштаб 1:4000... 1:5000) Байкальского заповедника процедура распознавания категорий состояния более 260 хвойных деревьев (пихты, ели и кедра) была проведена в три этапа (рис. 21). На первом этапе здоровые (I), ослабленные (II), сильно ослабленные (III) и усыхающие (IV) деревья, кроме деревьев текущего (V) и старого (VI) сухостоя, распознавались с невысокой точностью. Для их распознавания использовался набор из девяти признаков дешифрирования (цвет, форма проекций крон, густота крон, целостность крон и др.). Правильность определения классов состояния значительно возросла за счет повышения вероятности распознавания объединенной группы, в которую вошли здоровые и ослабленные деревья (79.5 %). Сильно ослабленные и усыхающие деревья (III и IV категории состояния), образовавшие второй класс состояния, по-прежнему распознавались неуверенно (48.7 %). Дальнейшее объединение деревьев проведено таким образом, что в первый класс состояния вошли сырорастущие деревья I—III категорий состояния, а во второй – деревья погибшей части древостоя, т.е. IV-VI категорий состояния.

Для окончательного распознавания двух классов состояния деревьев с допустимой для практики точностью (87.0 и 84.2 %), потребовался набор только из трех признаков дешифрирования: цвета изображения, целостности и густоты кроны.

Категории состояния деревьев
Вероятность правильного
распознавания

| I | II | III | IV | V | VI |
|--------|--------|--------|--------|-------|------|
| 62.1 % | 48.9 % | 39.2 % | 59.3 % | 100 % | 85 % |

Категории состояния деревьев
Вероятность правильного
распознавания

| I – II | III – IV | V-VI |
|--------|----------|--------|
| 79.5 % | 48.7 % | 86.7 % |

Категории состояния деревьев
Вероятность правильного
распознавания

| I – III | IV-VI |
|---------|--------|
| 87% | 84.2 % |

Рис. 21. Схема последовательного распознавания по аэрофотоснимкам категорий или классов состояния деревьев

4.3. Примеры оценки лесопатологического состояния лесов по аэрокосмическим снимкам

Первое изучение по черно-белым аэрофотоснимкам масштаба 1:8 000... 1:10 000 сухостойных насаждений и определения их степени усыхания в 1926 г. проводил Г.Г. Самойлович. Особенности лесопатологического дешифрирования аэрокосмических снимков изучали также С.В. Белов, А.А.

Кирильцева, А.С. Исаев, Ю.А. Прокудин, В.Я. Ряполов, В.В. Киселев, Ю.П. Кондаков, П.А. Кропов, В.М. Жирин, СЕ. Ямбург, Л.А. Берснева и другие исследователи.

Дешифрирование ослабленных деревьев по сверхкрупномасштабным аэрофотоснимкам. В лесах особо охраняемых территорий иногда необходимо проводить оценку лесопатологического состояния отдельных деревьев, которые могут быть памятниками природы или мемориальными объектами.

Внешние признаки ослабления деревьев II и III категорий состояния, как было показано в классификации лесных повреждений, связаны с усыханием отдельных ветвей или части крон, их суховершинностью или изреживанием. Для обнаружения морфологических изменений, затрагивающих незначительную часть крон деревьев, были исследованы информативные возможности спектрональных аэрофотоснимков (с пленки СН-6М), полученных в масштабах 1:350, 1:660, 1:830. В полевой период на аэрофотоснимках всех трех масштабов было опознано и описано более 300 здоровых, ослабленных и сильно ослабленных деревьев кедра, сосны, березы.

При стереоскопическом рассматривании определены дешифровочные признаки, характеризующие состояние ослабленных и сильно ослабленных деревьев: наличие сухих ветвей, нарушенность формы крон, цвет и цветовую структуру изображения крон, густоту и компактность крон.

При проверке результатов дешифрирования в лесу установлено, что вероятность опознавания по аэрофотоснимкам масштаба 1:350 и 1:830 ослабленных и сильно ослабленных деревьев сосны и березы достигает 0.76...0.98 (табл. 6). Сильно ослабленные деревья кедра опознаются менее уверенно (0.60...0.64) и перепутываются с ослабленными деревьями. Характерно, что по аэрофотоснимкам масштаба 1:660 опознавание ослабленных и сильно ослабленных деревьев, особенно кедра, происходит с меньшей вероятностью, чем по снимкам других масштабов. Это объясняется тем, что по мере изменения масштаба съемки набор признаков дешифрирования ослабленных и сильно ослабленных деревьев имеет тенденцию к перегруппировке. Для снимков масштаба 1:350 более информативны признаки, характеризующие детальное строение крон, а для масштаба 1:830 повышенной информативностью обладают цветовые признаки дешифрирования, т.е. по мере уменьшения масштаба происходит цвето-генерализация и общая потеря мелких деталей в изображении крон деревьев. На снимках масштаба 1:660 детальность изображения крон по сравнению со снимками масштаба 1:350 ухудшается и не компенсируется цветовыми признаками по сравнению со снимками масштаба 1:830.

Учитывая, что с помощью снимков масштаба 1:830 в большинстве случаев удается распознавать ослабленные и сильно ослабленные деревья с приемлемой достоверностью, для оценки степени ослабления насаждений рекомендуется в необходимых случаях проводить аэрофотосъемку лесов особо охраняемых территорий в масштабе 1:800...1:900.

Таблица 6. Вероятность опознавания ослабленных и сильно ослабленных деревьев по спектрональным аэрофотоснимкам

| Порода | Масштаб аэрофотоснимков | Вероятность опознавания | |
|--------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| | | ослабленных деревьев | сильна ослабленных деревьев |
| Сосна | 1:350 | 0.98 | 0.90 |
| | 1:660 | 0.85 | 0.90 |
| | 1:830 | 0.98 | 0.95 |
| Кедр | 1:350 | 0.88 | 0.60 |
| | 1:660 | 0.58 | 0.25 |
| | 1:830 | 0.94 | 0.64 |
| Береза | 1:350 | 0.76 | 0.85 |
| | 1:660 | 0.70 | 0.76 |
| | 1:830 | 0.92 | 0.83 |

На рис. 22 приведен фрагмент сверхкрупномасштабного спектронального аэрофотоснимка, на котором изображены кроны деревьев березы, относящиеся к разной категории состояния. Видно, что в изображении ослабленных, сильно ослабленных и усыхающих крон деревьев появляются оттенки синеватого цвета, а также изменяется компактность крон.

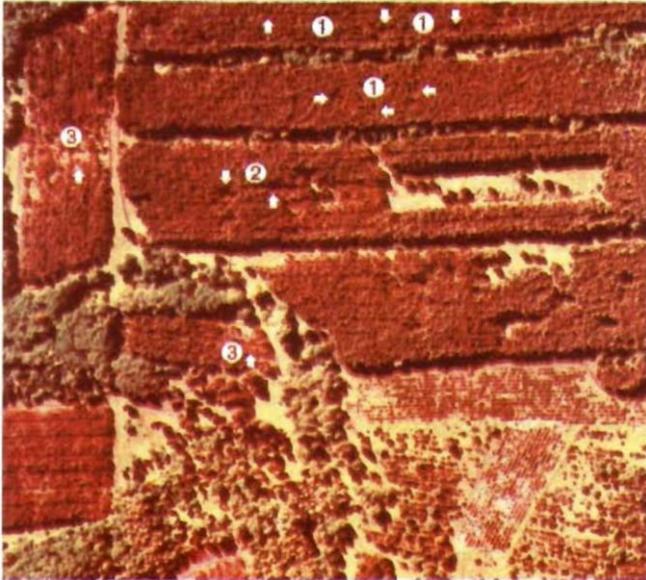


Рис. 24. Фрагмент спектрозонального аэрофотоснимка СН-15 с изображением очагов корневой губки в сосновых культурах: 1 – возникающих; 2 – действующих; 3 – затухающих

изображаются на летних спектрозональных аэрофотоснимках оттенками желтого цвета, сосны и ели (пихты) – зеленоватого, а усохшие и усыхающие деревья – зеленовато-синим, синим цветом. Цветовые различия позволяют определять степень усыхания насаждений подобно тому, как по аэрофотоснимкам устанавливается дешифровочный состав древостоев. В этом случае сухостойные деревья могут быть подсчитаны, как деревья другой породы (рис. 23).

Процентное соотношение сухостойных деревьев и общего числа подсчитанных характеризует степень усыхания насаждения. При визуальном дешифрировании на аэрофотоснимках деревья подсчитывают внутри стандартных круглых отверстий палетки (диаметр 3...4 мм) или в кружках на экране компьютера, которые при измерениях случайно располагаются внутри контуров типичных выделов. Внутри кружков должно размещаться в общей сложности до 100...130 видимых крон деревьев.

Анализ результатов показывает, что наиболее грубые ошибки возникают из-за недоучета отставших в росте деревьев, которые не видны в пологе древостоя на аэрофотоснимках. Такие деревья появляются после низовых пожаров в первую очередь. В ряде случаев неточные результаты относятся к выделам, которые находятся в неблагоприятных условиях освещения в момент аэрофотосъемки (орографические тени).

Выявление по аэрофотоснимкам очагов поражения сосновых культур корневой губкой. Летно-съёмочные эксперименты и полевые наблюдения проведены в пораженных

Определение степени усыхания насаждений по аэрофотоснимкам. При распознавании на спектрозональных аэрофотоснимках производственного масштаба лесоустройства (1:12 000...1:15 000) деревьев свежего и старого сухостоя можно определять степень усыхания (санитарное состояние) насаждений. Постепенное накопление сухостойных деревьев, прежде всего хвойных пород, может быть связано с прохождением беглых низовых пожаров, хроническим воздействием промышленных выбросов, деятельностью стволовых вредителей и других медленнодействующих вредных факторов среды. Сходная, но быстроменяющаяся картина повреждений наблюдается при воздействии хвое- и листогрызущих насекомых-вредителей леса.

Здоровые деревья лиственницы



Рис. 22. Фрагмент сверхкрупномасштабного спектрозонального аэрофотоснимка СН-6М с изображением: здоровых (1), ослабленных (2), сильно ослабленных (3) и усыхающих (4) деревьев березы



Рис. 23. Фрагмент спектрозонального аэрофотоснимка СН-6 масштаба съемки 1:10 000 с изображением усохших деревьев ели (пятна синего цвета) в очагах массового размножения стволового вредителя жука-типографа

корневой губкой сосновых культурах Бузулукского бора. При сравнительном анализе были изучены информативные свойства аэрофотоснимков масштаба 1:10 000, полученные с двухслойной пленки СН-6М, и аэрофотоснимков масштаба 1:5000 – с трехслойной пленки СН-15.

К основным дешифровочным признакам очагов корневой губки на аэрофотоснимках относится наличие "окон" в пологе сосновых культур и распад полога древостоев. Внешне заметное проявление болезни, так называемые возникающие очаги, наблюдаются в культурах 15...20-летнего возраста при появлении усохших куртин деревьев размером менее 10 м. Куртины или "окна", превышающие по размеру этот диаметр, условно относятся к действующим, а впоследствии – к затухающим очагам (рис. 24).

Сравнение результатов камерального дешифрирования с данными полевой проверки показало, что практически безошибочно распознаются действующие очаги корневой губки. Вероятность их распознавания составила 97 %. Вероятность обнаружения возникающих очагов болезни при использовании аэрофотоснимков масштаба 1:10 000 с фотопленки СН-6М составляет 57 % и для аэрофотоснимков масштаба 1:5000 с фотопленки СН-15 – 96 %.

Приведенные значения показывают, что материалы аэрофотосъемок в данном случае обеспечивают результативность работ, превосходящую традиционные методы наземного обследования лесопатологического состояния насаждений.

Автоматизированная оценка санитарного состояния насаждений по аэрофотоснимкам.

Появление усыхающих и сухостойных деревьев изменяет структуру изображения полога насаждений на аэрофотоснимках. Автоматизированной обработке были подвергнуты спектрзональные аэрофотоснимки СН-6М производственного масштаба 1:15 000 с изображением типичных выделов, размещенных в насаждениях чистой лиственницы и в смешанных лиственнично-сосновых насаждениях, санитарное состояние которых связано, в основном, с последствиями низовых пожаров (Южная Якутия). Эти насаждения произрастают в условиях среднегорного рельефа (400... 1100 м над ур. моря) на склонах различной экспозиции и крутизны.

Мерой оценки санитарного состояния является разность между общим $M_{об}$ и продуцирующим $M_{пр}$ запасами древостоев, определение которых проводилось при автоматизированном дешифрировании аэрофотоснимков. Фактические значения были вычислены в натуре по данным перечета всех деревьев на круговых площадках, а $M_{пр}$ – по данным перечета деревьев I—III категорий состояния. Дешифровочные значения запасов определялись по регрессионным уравнениям степенного вида, параметрами которых были высота насаждений и фотометрические признаки, полученные при сканировании и описывающие структуру изображения полога древостоев, а также признаки, характеризующие условия местопроизрастания, освещенность склонов в момент съемки и расположение фотоизображения типичных выделов в поле кадра.

Для чистых насаждений лиственницы ошибка вычисления общего запаса оказалась равной ± 23.0 %, а для смешанных древостоев – ± 21.0 %; продуцирующие запасы чистых и смешанных насаждений были определены с одинаковой ошибкой ± 23.5 %.

Полученный уровень ошибок позволил рекомендовать для практического использования описанный способ оценки санитарного состояния насаждений по аэрофотоснимкам в резервных лесах. При соблюдении соотношения:

$$[(M_{об} - M_{пр}) \times 100] / M_{об} < 51 \pm 10 \%,$$

насаждения войдут в группу с нормальным уровнем естественного отпада, а превышающий эти значения уровень отпада будет означать накопление сухостойной древесины и ухудшение санитарного состояния насаждений.

Автоматизированное определение по аэрофотоснимкам категории состояния насаждений. Автоматизированное дешифрирование категорий состояния сосновых насаждений, поврежденных промышленными выбросами, можно проводить по черно-белым аэрофотоснимкам масштаба 1:10 000 с инфракрасной пленки И-840. Этот тип черно-белой аэрофотопленки способен регистрировать отраженную радиацию в инфракрасной зоне спектра.

Основой формирования фотометрических признаков служат оптическая плотность и текстура изображения верхнего полога леса с привлечением дополнительных сведений об особенностях роста и условиях развития насаждений. Например, топографические признаки учитывают расположение насаждений относительно источника промышленных выбросов. Повышает достоверность результатов дешифрирования и использование климатических параметров, например, значение повторяемости ветров от источника промышленных выбросов в сторону обследуемых лесных участков. Достоверность дешифрирования существенно возрастает после привлечения из базы таксационных данных таких показателей, как высота, сомкнутость полога и др.

Признаки коррелируют друг с другом, поэтому роль каждого из них при определении категорий состояния насаждений различна. Оценка информативности признаков проводят по их весовым

коэффициентам:

$$W_i = \frac{1}{p(p-1)} \sum_{j=1}^p \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^p \frac{|\overline{x_{ij}} - \overline{x_{ik}}|}{\sqrt{s_{ij}^2 + s_{ik}^2}}$$

где:

p – число классов, на которые разбит интервал изменения показателя;

$\overline{x_{ij}}, \overline{x_{ik}}$ – средние значения i -го признака для j -го и k -го классов;

s_{ij}^2, s_{ik}^2 – дисперсии i -го признака для j -го и k -го классов.

К наиболее информативным признакам условно относят те из них, которые отличаются высокой встречаемостью при достоверности 0.8. Среди фотометрических признаков наиболее информативной является величина оптической плотности фотоизображения сосновых насаждений. В группе дополнительных производных признаков выделено соотношение P/R , которое объединяет повторяемость ветра в сторону лесных участков (P) и их удаление (R) по прямой линии от источника промышленных выбросов. Из таксационных показателей наиболее информативна сомкнутость полога насаждений.

Информативные свойства аэрофотоснимков, полученных с черно-белой инфракрасной пленки И-840, могут быть охарактеризованы величиной среднеквадратической ошибки машинного определения категорий состояния поврежденных сосняков на основе комбинации информативных фотометрических, производных и таксационных признаков. Ее значение при сравнении с наземными данными равно $\pm 15...17\%$ (при достоверности 0.68).

Выявление по материалам съемок погибших насаждений. При сильном или продолжительном воздействии вредных факторов среды происходит гибель насаждений на больших площадях.

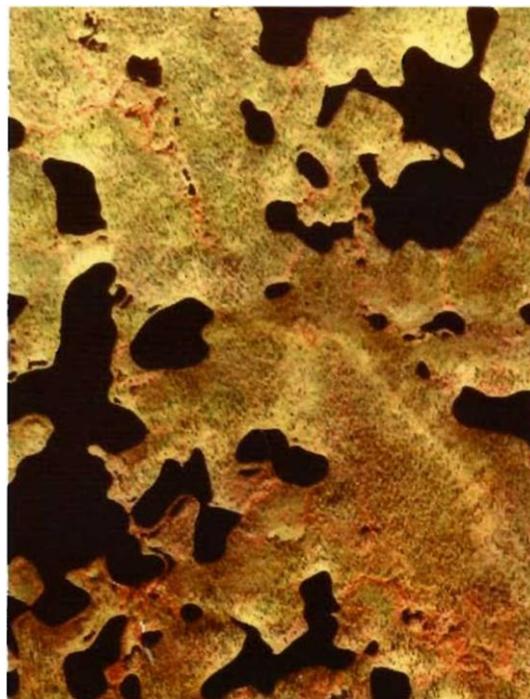
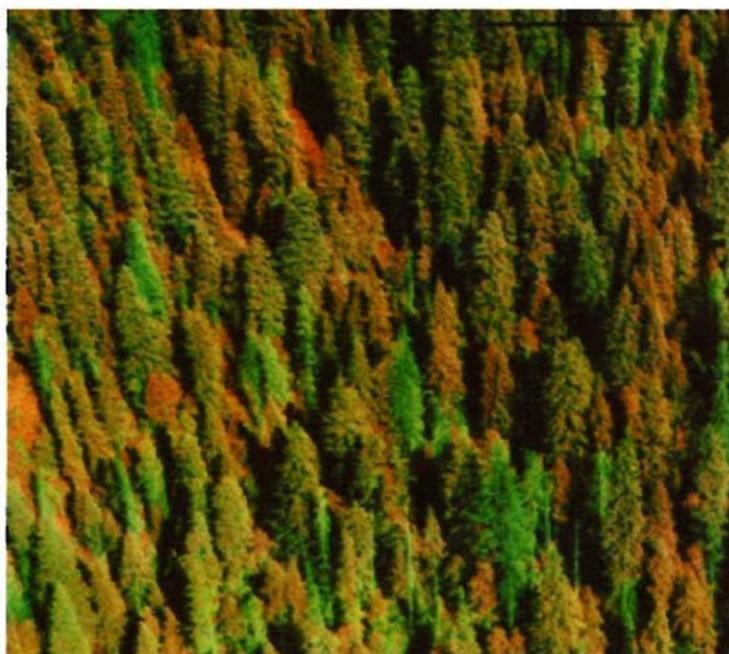
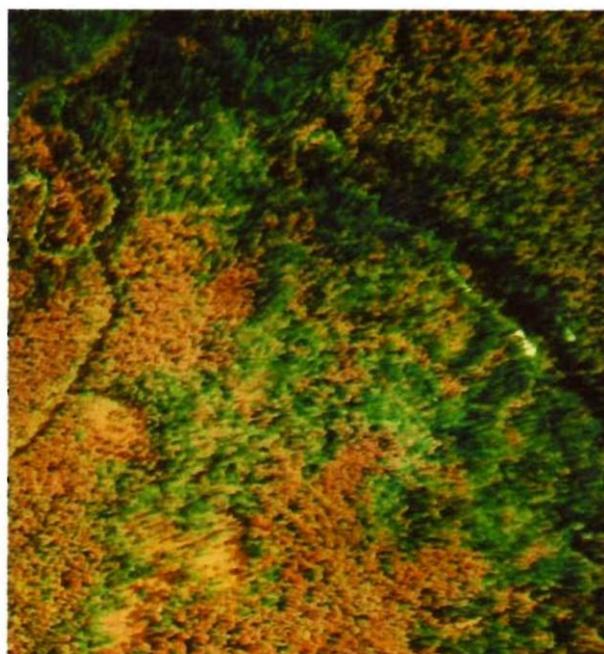


Рис. 26. Фрагмент мелкомасштабного спектронального аэрофотоснимка СН-6М (съемка в масштабе 1:25 000) с изображением погибших насаждений лиственницы в зоне действия металлургического производства (г. Норильск)



а



б

Рис. 25. Перспективный (а) и плановый (б) спектрональные аэрофотоснимки СН-6М с изображением крон деревьев и насаждений пихты, поврежденных сибирским шелкопрядом (оттенки сине-зеленого цвета)

Одним из наиболее опасных видов хвоегрызущих насекомых, вспышки массового размножения которого приводили к гибели насаждений на значительных площадях, является сибирский шелкопряд. Основным дешифровочным признаком усыхающих или усохших деревьев на спектрзональных аэрофотоснимках, как и в других случаях, описанных выше, является синий или сине-зеленый цвет изображения кроны на аэрофотоснимках (рис. 25).

Степень усыхания определяется подсчетом отношения усыхающих и сухостойных деревьев к общему числу кроны на каждом выделе. Результаты дешифрирования сравниваются с данными наземного обследования заложенных в типичных выделах круговых площадок. Помимо степени усыхания древостоев, для оценки общего санитарного состояния насаждений применяют такой показатель, как средневзвешенная категория состояния, определяемая по соотношению числа деревьев, относящихся к разным категориям состояния.

При большой площади погибших лесов, независимо от причины их гибели, для их обнаружения и опознавания могут быть использованы мелкомасштабные спектрзональные аэрофотоснимки или синтезированные материалы космических съемок. Важным остается производство съемочных работ при оптимальных атмосферно-оптических условиях и в сроки, которые позволяют получать снимки лесопатологических объектов с наиболее информативными изобразительными свойствами. Приведем несколько примеров.

Под воздействием промышленных газов в хвойных насаждениях происходит преждевременное побурение и опадание хвои, снижение прироста и последующее усыхание деревьев. При хроническом и долговременном воздействии наблюдается гибель насаждений на больших площадях (рис. 26).

При обследовании лесов, пострадавших от ураганных ветров, по космическим снимкам с помощью признаков дешифрирования определяют, например, вид ветровала (сплошной, частичный) и процент вывала деревьев (табл. 7). Более точно ущерб от воздействия ураганных ветров может быть определен при дешифрировании аэрофотоснимков (рис. 27). На снимке изображено два буреломных участка осинника через 3 мес (август) после урагана. За этот период листва поваленных и сломанных деревьев изменила окраску, и красноватый цвет изображения бурелома хорошо отличается от не пострадавших насаждений.

Таблица 7. Признаки для дешифрирования участков с различной степенью повреждения насаждений ветровалом по черно-белым космическим снимкам (таежная зона европейской части России)

| Степень повреждения | Сомкнутость полога Вывал, % | Тон изображения | Структура изображения | Форма участков ветровала | Выраженность границ участков ветровала | Положение участка в рельефе |
|-------------------------|-----------------------------|---|----------------------------|--|---|--|
| Сплошной ветровал | | | | | | |
| Сплошной вывал деревьев | до 0.1 70...100 | Преобладает светло-серый (хвойные леса) или беловатый (лиственные леса) | Однородная | Контуров четко выраженной формы, вытянутые по направлению действия ветра | Четкие среди спелых и перестойных насаждений | Водораздельные пространства, пологие склоны увалов |
| Частичный ветровал | | | | | | |
| Сильная | 0.2...0.3 50...70 | Промежутки между куртинами беловатого тона, сохранившиеся куртины темновато-серого (хвойные) и серого (лиственные) тона | Полосчатая; реже пятнистая | Промежутки между куртинами имеют вид пятен разной формы или полос, вытянутых вдоль действия ветра, расходящихся веерообразно | Четкие среди лесонепокрытых земель и молодняков | То же |
| Средняя | 0.4...0.5 30...50 | Темновато-серый тон насаждений с беловатыми полосками вывалов | Полосчатая | Вывалы в насаждениях в виде полос разной ширины и длины, расходящихся по направлению ветра | То же | Водораздельные и пониженные пространства |
| Слабая | 0.5 до 30 | Преобладает серый тон насаждений с отдельными полосками | То же | Вывалы в насаждениях в виде коротких расходящихся полос | | Понижения и низкие равнины, долины рек |

Примечание. Признаки дешифрирования относятся к ветровалу приспевающих, спелых и перестойных хвойных (ель, пихта) и лиственных (береза, осина) насаждений.

Повышенная обзорность космических снимков -привлекательная особенность этих материалов при обследовании состояния лесов на больших территориях. Дополнительные возможности предоставляют многозональные радиометры с различным пространственным разрешением. Большинство из них регистрируют отражение земной поверхности не только в видимом диапазоне длин волн, но в ближней, средней и дальней инфракрасных областях спектра. Это дает возможность повысить информативность признаков давших от воздействия различных факторов среды дешифрирования участков леса, в том числе пострадавших от воздействия различных факторов среды (рис. 28).



Рис. 27. Фрагмент спектрозонального аэрофотоснимка СН-15 с изображением ветровальных и буреломных участков леса через три месяца после урагана

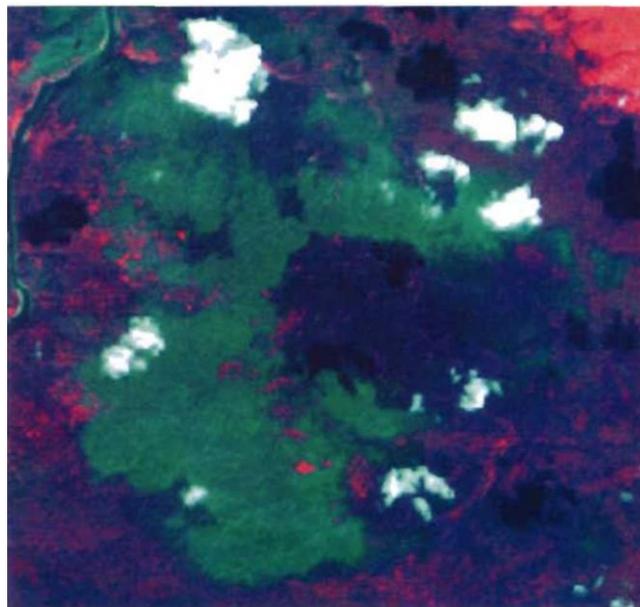


Рис. 28. Фрагмент синтезированного снимка французской космической системы SPOT с изображением погибших от сибирского шелкопряда темнохвойных лесов (окрашены оттенками зеленого цвета)

4.4. Методические рекомендации по оценке лесопатологического состояния насаждений с помощью материалов съемок

Методические рекомендации по дистанционной оценке лесопатологического состояния отдельных деревьев и насаждений содержат предложения по распознаванию по материалам съемок различных типов лесных повреждений. Оценка лесопатологического состояния насаждений с помощью материалов съемок позволяет определять степень повреждения или усыхания насаждений с достаточной для практики точностью и с меньшими, по сравнению с наземными методами, трудозатратами.

Проведение работ в лесах различного хозяйственного назначения. В Инструкции по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов (1983) определены условия, при соблюдении которых можно проводить лесопатологическое дешифрирование материалов съемок в сочетании с элементами наземных работ. Этот вид сбора данных рекомендуют для применения в лесах, подвергающихся длительному воздействию неблагоприятных факторов или воздействию разового фактора, повлекшего за собой гибель древостоев на больших площадях (лесные пожары, буреломы и ветровалы, подтопление лесов, засуха, массовое размножение насекомых-вредителей и другие аналогичные случаи). В связи с этим выделено 2 группы насаждений, которые различаются по характеру воздействия вредных факторов среды и при оценке которых в современных условиях допустимо использование материалов аэрокосмических съемок (рис. 29).

В первую группу включены насаждения, повреждение которых бывает скоротечным, в течение одного вегетационного сезона, и оно зависит, прежде всего, от биологических особенностей развития хвое- и листогрызущих насекомых. В защитных лесах (реже – в эксплуатационных) эту группу пострадавших насаждений обычно обследуют методами наземных наблюдений. Материалы аэрофотосъемки используют при проведении наземного санитарно-лесопатологического обследования в качестве традиционного технологического средства лесоустройства для

контурного и таксационного дешифрирования категорий земель лесного фонда. В большинстве эксплуатационных (резервных) лесов оценка санитарно-лесопатологического состояния насаждений в очагах массового размножения насекомых-вредителей проводится с помощью авиадесантного метода. В этом случае для выявления площадей пострадавших лесов рекомендуется использовать оперативную космическую информацию (Ресурс-О, SPOT, Landsat, ASTER, IRS и др.).

В другую группу входят те насаждения, в которых происходит ухудшение санитарного состояния при продолжительном по времени воздействии неблагоприятных факторов среды. Обследовать с помощью аэрофотосъемки можно насаждения с преобладанием хвойных пород

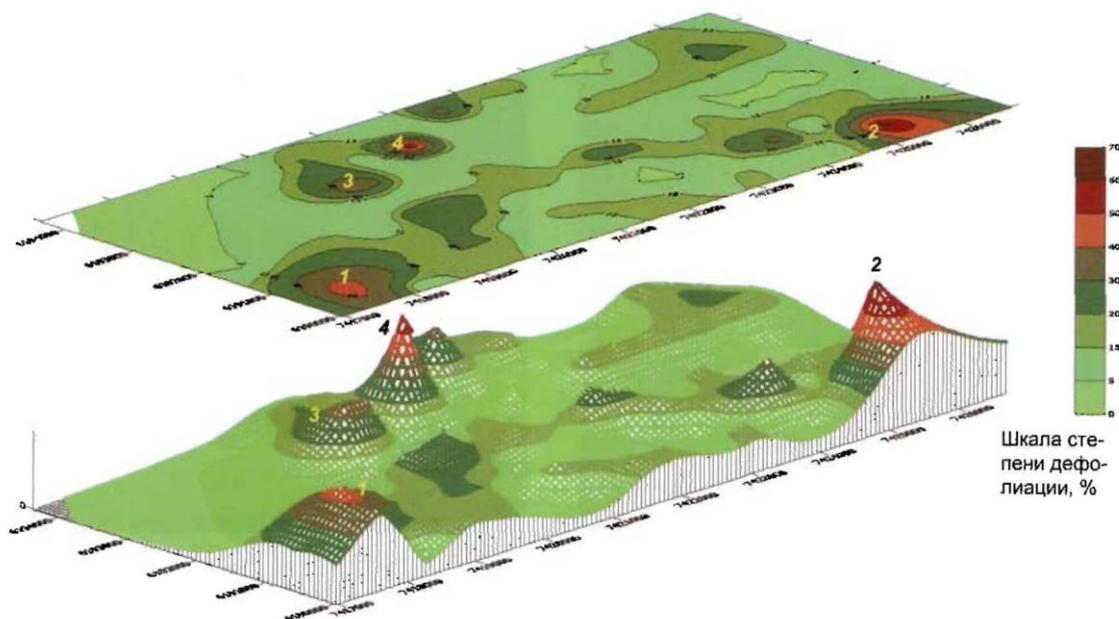


Рис. 29. Фрагмент карты лесного массива с объемным изображением ареалов дефолиации крон деревьев

старше 40 лет и лиственных – старше 30 лет. К этому возрасту обычно завершается формирование крон деревьев, и на аэрофотоснимках они получают раздельное изображение в пологе насаждений.

В таких лесах можно рекомендовать одновременно с лесоустройством по аэрофотоснимкам производственного масштаба проводить определение степени усыхания и ослабления насаждений. Преимущества спектрзональных аэрофотоснимков для определения видового состава лесов важны и для лесопатологического обследования. Определив, например, древесную породу-индикатор, которую повреждает определенный вид вредителя или болезни, можно установить границы очагов при их совпадении с таксационными выделами, или уточнить эти границы в смешанных насаждениях с учетом характера распределения в лесном покрове примеси породы-индикатора.

При самостоятельном санитарно-лесопатологическом обследовании детальность оценки состояния насаждений по аэрофотоснимкам в сочетании с элементами наземных работ зависит от категорий защитности и группы леса.

В лесах, относящихся к высоким категориям защитности (первый и второй пояса зон санитарной охраны источников водоснабжения, первой и второй зон округов санитарной охраны курортов, особо ценные лесные массивы, национальные и природные парки, лесные участки, имеющие научное или историческое значение, природные памятники), рекомендуется оценивать по аэрофотоснимкам их лесопатологическое состояние путем выявления деревьев I, II, III, IV-V и VI категорий состояния. При проведении такого обследования можно использовать спектрзональные аэрофотоснимки масштаба 1:1000 и крупнее.

В лесах других категорий защитности, к которым относятся леса третьей зоны округов санитарной охраны курортов, зеленых зон вокруг городов, других населенных пунктов и промышленных предприятий, рекомендуется оценивать по аэрофотоснимкам степень повреждения или ослабления насаждений путем определения числа деревьев I-II, III, IV-V и VI категорий состояния. При проведении такого обследования можно использовать спектрзональные аэрофотоснимки масштаба 1:1000... 1:5000.

В лесах первой группы прочих категорий защитности, а также в лесах второй группы и,

выборочно, в лесах третьей группы с интенсивным ведением хозяйства рекомендуется проводить оценку степени усыхания насаждений путем определения по спектрзональным аэрофотоснимкам масштаба 1:10 000 соотношения числа групп деревьев I-III, IV-VI категорий состояния.

Для повышения достоверности работ по оценке состояния насаждений необходимо применять аэрофотоснимки, полученные в июле-августе, т. е. в период появления в древесном пологе свежего сухостоя текущего года.

При использовании аэрофотоснимков сокращается объем наземных наблюдений. Однако эти наблюдения являются необходимой составной частью работ, так как многие особенности диагностики лесных повреждений недоступны для методов дистанционного зондирования. Например, влияние промышленных выбросов на растительность устанавливают не только по санитарному состоянию древесных пород-индикаторов, но и по наличию накипных, листоватых и кустистых лишайников, состоянию подроста, его возрасту и породному составу и т. п.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРОМОНОВ

Внутрипопуляционная связь между особями у насекомых осуществляется, главным образом, при помощи химически активных веществ – половых феромонов, выделяемых во внешнюю среду и несущих какую-либо информацию.

Половые феромоны – необходимое средство в проведении надзора и борьбы с вредными насекомыми. Практика показала перспективность их применения в защите растений.

Действие феромонов очень специфично и не оказывает влияния на другие организмы. Используя "язык запахов" насекомых и регулируя их важнейшие жизненные процессы – встречу полов в природе и спаривание, можно контролировать численность популяций хозяйственно важных видов.

Феромоны классифицируются в зависимости от типа передаваемой информации. Существуют феромоны *половые, агрегационные, следовые, феромоны тревоги*. Для защиты растений наибольший интерес представляют первые два типа.

Половые феромоны информируют особей о наличии готового к спариванию полового партнера и его местоположении в пространстве. Они испускаются, чаще всего, самками.

Феромоны агрегации – характерны для жесткокрылых (*Coleoptera*), полужесткокрылых (*Hemiptera*) и некоторых других отрядов. Их функция заключается в увеличении плотности популяции около источника феромона (они близки по действию к веществам, выделяемым ослабленными или поврежденными деревьями).

Феромоны насекомых состоят из нескольких компонентов, доля которых не одинакова. Каждый компонент или их смесь является носителем какой-либо информации. Показано, что среди компонентов половых феромонов присутствуют следующие:

- основные компоненты, отвечающие за побуждение самца к полету и его дистанционную ориентацию;
- добавочные компоненты, способствующие целенаправленному отыскиванию источника запаха и посадке вблизи него;
- компоненты, действующие на очень небольшом расстоянии и побуждающие насекомое к совершению комплекса поведенческих реакций, необходимых для успешного спаривания.

Такие соединения составляют не более 10 % основных компонентов.

Несмотря на то, что половые феромоны насекомых состоят порой из 5...6 компонентов, а у озимой совки (*Agrotis segetum*) их более 15, практика показывает, что для успешного использования достаточно лишь 2...3 компонента. Для насекомых, феромоны которых исследованы наиболее подробно, таких примеров множество. Как правило, из большого количества компонентов важнейшими являются те, содержание которых в феромоне наиболее высоко. Необходимо, чтобы соединение вызывало ориентационный полет насекомого и посадку вблизи источника. Вовсе не обязательно вызывать поведенческие реакции ухаживания и спаривания. Совершив посадку около мнимого полового партнера, насекомое уже оказывается в ловушке.

5.1. Феромонные ловушки

Феромонная ловушка – это специальное устройство, отлавливающее насекомых, привлеченных источником феромона (диспенсером), помещенным внутри ловушки. Для феромонного мониторинга используют разнообразные конструкции феромонных ловушек и множество их модификаций. Конструкция оказывает большое влияние на количество привлекаемых и фиксируемых насекомых. Ловушки изготавливают из ламинированной бумаги или пластика.

Феромонные ловушки, используемые в современных системах мониторинга, классифицируются в зависимости от их конструктивных особенностей и принципа фиксации пойманных насекомых.

Фиксация насекомых в клеевых ловушках происходит за счет прилипания к клеевой поверхности. Клеевые ловушки имеют несколько модификаций.

Крыловые ловушки (рис. 30) состоят из двух частей (верхней и нижней), соединенных проволокой по 4-м углам и открытых для проникновения насекомых со всех сторон. Обе части изнутри имеют незаменимые клейкие поверхности. Применяются для отлова таких видов, как листовёртки *Choristoneura fumiferana*, *Archips argyrospilus* и некоторых других.

Треугольные ловушки (рис. 31) – самый распространенный тип ловушек. Они имеют форму треугольной призмы с воронкообразными треугольными входными отверстиями по торцам. Иногда на боковой стороне ловушки делают прозрачное полиэтиленовое окно. Самцы, обладающие

положительным фототаксисом, отвлекаются от входных отверстий, таким образом снижается вероятность их вылета из ловушки. Рекомендуются для отлова зеленой дубовой (*Tortrix viridana*) и боярышниковой листоверток (*Archips crataegana*), сосновой совки (*Panolis flammea*).

Коробчатые инсектицидные ловушки (рис. 32) без клеевой поверхности типа "молочный пакет". По форме представляют собой четырехгранную прямоугольную призму с входными отверстиями с 4-х сторон в верхней части ловушки и крышу, направляющую бабочек к входным отверстиям. Они удобны тем, что имеют достаточно большую емкость и именуется в иностранной литературе как "ненасыщаемые" ловушки. В качестве убивающего препарата в них используют инсектицидные пластинки. Широкое распространение коробчатые ловушки получили в США в системе мониторинга непарного шелкопряда. Использование коробчатых ловушек представляется наиболее удобным и экономичным.

Они способны отлавливать большое количество крупных бабочек, оставаясь функциональными в течение долгого времени. В клеевых ловушках липкие поверхности часто выходят из строя, засоряясь попавшими в них посторонними видами насекомых, и требуют замены в течение летнего сезона основного вредителя.



Рис. 30. Крыловая феромонная ловушка



Рис. 31. Треугольная феромонная ловушка



Рис. 32. Коробчатая феромонная инсектицидная ловушка



Рис. 33. Барьерная феромонная инсектицидная ловушка на короеда-типографа

Кроме того, как показали исследования, при отлове крупных бабочек клейкие ловушки быстро выходят из строя, забиваясь чешуйками крыльев. Тем не менее, "Методическими указаниями по использованию синтетических феромонов для надзора за хвое- и листогрызущими насекомыми" (1987) отлов соснового шелкопряда (относительно крупной бабочки) рекомендован именно клейкими ловушками.

Жидкостные ловушки сходны с коробчатыми, но фиксация насекомых в них происходит с помощью какой-либо жидкости, обладающей инсектицидными свойствами. Ловушки изготавливают, в основном, из негигроскопичного картона или пластика. Используются для отлова совок (*Diparopsis castanea*, *Spodoptera littoralis*), гороховой плодожорки (*Cydia nigricana*).

Для отлова короедов используют имитирующие стволы деревьев ловушки из проволочной сетки в виде цилиндров с обрубками стволов, заселенными жуками, или пропитанными синтетическим аттрактантом, ловушки в виде вставленных друг в друга нескольких пластиковых конусов, а также барьерные ловушки (рис. 33).

5.2. Диспенсеры

Для успешного применения феромона очень важно подобрать тип диспенсера (устройства, испускающего феромон 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 лёта насекомого. Этот период различается для разных видов вредителей и может длиться до 3 мес. Резиновые диспенсеры, как правило, испускают большую часть феромона в течение недели, поэтому они малопригодны для мониторинга вредителей. В США широко используют диспенсеры с полихлорвиниловым и парафиновым покрытиями.

5.3. Сферы применения синтетических феромонов

В настоящее время существуют 2 основных пути применения синтетических феромонов.

В первом случае применение феромонов в феромонных ловушках позволяет получить следующую информацию: выявить наличие вида в природе, начало лёта имаго вредителя и определить сроки для мероприятий по его уничтожению, получить данные о количестве отловленных вредителей за период лёта или другой отрезок времени, учитывать эффективность лесозащитных мероприятий. В основном феромонные ловушки служат для слежения за изменением численности популяций насекомых-вредителей. Для этого ловушки размещают в обследуемом насаждении. Их вывешивают на ветвях деревьев в начале лёта насекомого и снимают по окончании. Затем подсчитывают уловы и сравнивают их с уловами прошлых лет. В зависимости от состояния популяции принимают решение о проведении лесозащитных мероприятий. В Рекомендациях по применению феромонов для надзора за хвое- и листогрызущими насекомыми приведены пороговые (хозяйственно опасные) количества отлова вредителей феромонными ловушками. Например, пороговый критерий отлова шелкопряда-монашенки в сосновых насаждениях за период лёта составляет 50 самцов/га. При этом ловушки размещают из расчета 4...6 шт. на 3...5 га. Для непарного шелкопряда этот показатель равен 60 самцам, для сосновой совки – 30.

Феромонные ловушки крайне необходимы при установлении направления и скорости распространения популяций насекомых-вредителей. Особенно наглядно это продемонстрировано в США, где распространение 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 остается практически единственным методом наблюдения и требует 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 летнего сезона, а также механизмов половой коммуникации имаго, исследование которых имеет большое значение в организации системы феромонного мониторинга, особенно 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 практически невозможно обнаружить насекомое визуально.

Использование феромонных ловушек позволяет прогнозировать сроки проведения борьбы.

Второй способ применения синтетических феромонов – это заключение их в специальные гранулы, которые распространяют в древостое в период массового лёта вида для половой дезориентации самцов при поиске самок.

Чрезвычайно важно сочетать в использовании феромонных ловушек и открытое распространение феромонов. Распространение гранул – эффективный метод нарушения встречи полов в природе и снижения численности вредителя.

Феромонные ловушки используют и как средство для снижения численности самцов методом отлова, т.е. 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 малоэффективен. Наиболее часто этот метод применяется по отношению к короедам и в меньшей степени – к жукам-щелкунам. Известны многочисленные примеры сокращения гибели деревьев при отлове короедов таким способом. Например, в 1984 г. в Европе удалось подавить популяцию короеда-типографа (*Ips typographicus*). Более миллиона жуков *Scolytus multistriatus* были отловлены 400 клеевыми ловушками.

В системе феромонного мониторинга крайне необходима стандартизация ловушек для каждого наблюдаемого вида. Стандартизация должна определяться не только способностью ловушки "заманивать" насекомых, но и способностью удерживать их, а также удобством монтажа и использования ловушек.

Кроме стандартизации типов ловушек, не менее важна разработка единого руководства по их применению для каждого отдельного вида (места размещения, плотность, концентрация и состав феромона, сроки установки в разных частях ареала, если этого требует фенология лёта). От стандартизации в определяющей степени зависит внедрение ловушек в производство, а также достоверность данных, полученных по уловам в разные годы и в разных местообитаниях вида.

5.4. Организация феромонного мониторинга

В литературе отмечено, что для эффективного надзора необходимо сочетать феромонный мониторинг и традиционные методы. При низкой плотности вредителя можно ограничиться только использованием феромонных ловушек. В период нарастания численности вместе с использованием феромона можно применять и другие методы надзора с целью уточнения количественных показателей состояния популяции вредителя. При высокой численности (когда вредителя легко обнаружить визуально) рекомендуется применять только обычные методы. Применение феромонных ловушек в этот период становится нецелесообразным в силу нескольких факторов. Во-первых, переполнение ловушки насекомыми происходит еще до окончания лёта; во-вторых, под действием влаги и насекомых-некрофагов происходит разложение бабочек, и их учет становится слишком трудоемким или невозможным.

6. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Экспедиционные лесопатологические обследования планируют на основе результатов мониторинга лесного фонда, проводимого органами лесного хозяйства в субъектах Российской Федерации, по заявкам территориальных органов управления лесным хозяйством в субъектах РФ и в тех случаях, когда в регионе нет службы защиты леса или она не в состоянии решить возникшую проблему.

Основной задачей экспедиционных обследований является получение информации, позволяющей объективно оценить направленность и интенсивность динамических процессов, протекающих в лесах под воздействием вредных насекомых, болезней и угнетения лесных биогеоценозов от загрязнения хозяйственной деятельностью человека.

Экспедиционные обследования решают следующие основные задачи:

- учет численности и анализ популяций вредных лесных насекомых, болезней и анализ состояния насаждений в конкретной экологической обстановке;
- прогнозирование динамики численности насекомых и болезней и степени их воздействия на лесные биогеоценозы;
- принятие оптимальных решений по сохранению лесов и увеличению лесного дохода.

Экспедиционные лесопатологические обследования проводят двумя основными методами, отличие которых заключается в степени детализации при лесопатологической таксации насаждений. Это, в свою очередь, определяет площади, охваченные обследованием – при авиадесантных обследованиях минимальная назначаемая под обследование площадь, как правило, не менее 1 млн га, при наземных обследованиях – 50 тыс. га.

6.1. Авиадесантные экспедиционные лесопатологические обследования

Основная цель авиадесантных экспедиционных лесопатологических обследований – надзор за развитием и распространением наиболее опасных хвое- и листогрызущих и стволовых вредителей в таежных лесах Сибири и Дальнего Востока.

Эти обследования включают: подготовительные работы; лесопатологическую авиаразведку и авиалесопатологическую таксацию насаждений; десантно-наземные выборочные обследования с необходимыми элементами детальными работ; стационарный учет, анализ и исследования в очагах массового размножения вредителей; полекамеральные работы с составлением проекта неотложных мероприятий.

В процессе подготовительных работ уточняются границы обследований и конкретизируются задачи, изучаются материалы лесоустройства, природные условия района работ, данные прошлых лесопатологических надзоров и авиаразведки, выполненных местными органами лесного хозяйства и авиабазой по охране лесов, материалы о лесохозяйственной деятельности. Помимо этого, проводится коллективная тренировка сотрудников полевой партии для отработки техники обследования и уточнения общих принципов назначения и проектирования лесозащитных мероприятий.

При авиалесопатологической разведке изучают общее состояние насаждений, выявляют поврежденные и усыхающие древостой и участки леса с измененной окраской полога, подбирают участки для наземного обследования при высадках, устанавливают оптимальные расстояния между маршрутами для проведения авиалесопатологической таксации и намечают маршруты будущих полетов. Общая протяженность полетов составляет до 300 км на 1 млн га обследуемой площади, высота полета – 400...500 м. Разведывательный полет проводят, как правило, в конце мая, перед началом наземного обследования. В действующих очагах вредителей леса авиалесопатологическую разведку желательно проводить и осенью, чтобы уточнить изменения степени и границ повреждений за вегетационный период.

Авиалесопатологическую таксацию проводят в период, когда наиболее заметно объедание хвои или листвы насекомыми (рис. 34, 35). На рабочую топографическую карту наносятся участки леса, где обнаружено объедание хвои насекомыми, наличие усыхания, изменение окраски полога или изреженность крон, а также другие негативные изменения в состоянии лесного фонда. По каждому участку указывают степень, причину (ориентировочно) и характер повреждений, которые в процессе наземных работ уточняют. Авиалесопатологическая таксация проводится с высоты 400...500 м по маршрутам, намеченным при авиаразведке и камерально. Расстояние между маршрутами может назначаться от 4 до 10 км, в зависимости от рельефа местности, местонахождения хвойных древостоев и лесопатологической ситуации. Общая протяженность полетов – 1000...2500 км на 1 млн га обследуемой площади. Повреждение полога древостоев хвое- и листогрызущими вредителями оценивается по шкале, при потере хвои (листвы), %:



Рис. 35. Очаг черного пихтового усача, выявленный при авиатаксации



Рис. 34. Сильное объедание сибирским шелкопрядом, выявленное при авиатаксации

- слабое до 25
- среднее до 50
- сильное до 75
- сплошное свыше 75

Степень усыхания насаждений оценивается по доле усыхающих и сухостойных деревьев в них с точностью 20 %.

Предельно малой нормой подлежащих выявлению при авиалесопатологической таксации отклонений считается:

- объедание полога насекомыми 20 %;
- наличие усыхающих и свежих сухостойных деревьев 10 %;
- наличие сухостоя прошлых лет 20 %;
- ветровальники и свежие гари 10 га.

По материалам авиалесопатологической таксации составляют рабочую схематическую карту в масштабе исходного документа (топокарты или плана лесонасаждений) и оперативный план выборочных наземных обследований, в которых указывается потребность в летательных аппаратах и лётном времени, пункты и очередность высадок лесопатологических групп, протяженность и направление маршрутных ходов, продолжительность работы на высадках. Пункты высадок и маршруты наземного обследования планируют с расчетом возможно большего охвата поврежденных насаждений, выявленных с воздуха, а также наиболее ценных лесных массивов и предпочитаемых вредителем стаций.

Десантно-наземные выборочные обследования проводят лесопатологические группы по маршрутным ходам. Объем десантно-маршрутных обследований (наземных работ) планируется из среднего расчета на 1 млн га – не менее 25 высадок, 1000 км маршрутного хода, 2000 модельных деревьев на хвоегрызущих вредителей, 75 пробных площадей на состояние насаждений. В процессе наземного обследования дается детальная характеристика санитарного и лесопатологического состояния насаждений. Работа осуществляется группами не менее 3-х чел. во главе с инженером-лесопатологом.

Получив задание, группа подготавливает выкопировку с планом лесонасаждений, наносит на нее всю известную информацию о санитарном и лесопатологическом состоянии древостоев и лесохозяйственной деятельности на этом участке за последние 5 лет, подготавливает бланки документов с заполнением соответствующих граф материалами из таксационных описаний и журнала авиалесопатологической таксации. Десантные группы лесопатологов забрасывают на пункты высадки вертолетами или наземным транспортом. Лесопатологическая таксация и детальные работы выполняются в пунктах учетов через 0.5...2 км, в среднем через каждый километр маршрута, в зависимости от состава древесной растительности и лесопатологической обстановки. Таксируется часть насаждений, пройденная от предыдущего пункта учета. В кедровых и темнохвойных насаждениях таксируются все пересекаемые маршрутом выделы. В журнале лесопатологической таксации ведется абрис с нанесением таксационных и лесопатологических выделов, пунктов учета и пробных площадей. Там же делается запись о лесопатологическом и санитарном состоянии насаждений с указанием степени поврежденности древостоев (рис. 36), распределением деревьев по категориям состояния, степеням потери хвои (листвы) побегов и ветвей, указывается распределение в выделе поврежденных, ослабленных, усыхающих и сухостойных

деревьев (единичное, групповое, куртинное, равномерное, сплошное). Свежий валежник и бурелом учитывают в случаях, если их запас составляет не менее 20 м³ на 1 га, с указанием причин и времени образования, заселенности стволовыми вредителями. В местах рубок указывается наличие оставленной в лесу древесины, ее количество, время заготовки, наличие на ней поселений стволовых вредителей, назначаются оздоровительные мероприятия. Численность хвоегрызущих вредителей определяется на модельных деревьях. В каждом пункте учета берется не менее 3...4 модельных деревьев методом околоты на учетный полог (рис. 37). Каждое десятое дерево после околоты валится на полог для учета оставшихся в кроне гусениц, коконов и яиц. Позже по этим данным могут быть вычислены поправочные коэффициенты к численности вредителя, установленной околотом. Все срубленные деревья анализируются как модели на стволовых вредителей и гнили с целью выявления видового состава и заселения (поражения) ими деревьев разных пород и состояния. Осенний учет вредителей проводится после их ухода на зимовку. Для осеннего учета подбирают наиболее заселенные насаждения. Пробные площади (не менее 3-х на каждой высадке) с взятием модельных деревьев из всех категорий состояния закладывают с целью выявления причин ослабления древостоев. В случае необходимости дальнейшего надзора за динамикой состояния насаждений закладывают постоянные пробные площади – не менее 3-х на 1 млн га обследованной площади.



Рис. 36. Сильное объедание сибирским шелкопрядом, выявленное при наземной таксации



Рис. 37. Учет методом околоты модельных деревьев на учетный полог

Полевые стационары организуют с целью определения количественных и качественных показателей состояния популяции вредителя. На стационаре организуется сбор, изучение и хранение образцов насекомых, собранных на высадках. К качественным показателям, характеризующим состояние вредителя и фазу его вспышки, относятся: соотношение полов; плодовитость вредителей; изменчивость их окраски; численность и деятельность хищных и паразитических насекомых; распространенность болезней; специфические показатели вспышек, свойственные отдельным видам хвое- и листогрызущих насекомых.

В процессе полекамеральных работ, выполняемых параллельно с натурными работами или после их завершения, но до отъезда полевой партии с полевых работ, предварительно обрабатывают полевые материалы, выполняют расчеты и составляют проекты неотложных мероприятий, а также проходит их согласование с руководством лесохозяйственных предприятий. Исполнители составляют санитарные обзоры и доклады по объектам работ, проводят совещания при территориальных органах управления лесным хозяйством.

Камеральные работы включают проектирование истребительных и оздоровительных мероприятий, назначаемых на следующий год, окончательную обработку полевых материалов, составление, оформление и отправку заказчику готовой продукции – отчета и картографических материалов.

6.2. Наземные экспедиционные лесопатологические обследования

Наземные экспедиционные лесопатологические обследования, как правило, назначают в устроенных лесах в зоне интенсивного ведения лесного хозяйства либо в особо ценных лесах, если количество очагов вредителей и болезней леса или ослабленных и усыхающих насаждений превышает возможности региональной службы защиты леса. При этих обследованиях, как правило,

решают следующие задачи: определение степени повреждения насаждений, видового состава вредителей и болезней, их плотности, границ заселенной или зараженной площади, вредоносности, выявление прочих неблагоприятных для леса факторов, в том числе хозяйственной деятельности человека, а также назначение и проектирование истребительных, санитарно-оздоровительных и лесохозяйственных мероприятий.

Наземные обследования сочетают лесопатологическую таксацию – глазомерное рекогносцировочное обследование по маршрутным ходам – и детальные работы. Основное назначение детальных работ – уточнение данных глазомерной таксации по выявлению видов вредителей, болезней, других неблагоприятных для леса факторов, уточнение их вредоносности, определение состояния насаждений для прогноза ущерба и обоснования назначаемых лесозащитных мероприятий.

Основной объект лесопатологической таксации – лесоустроительный выдел. Если часть выдела резко отличается по своему состоянию, то ее выделяют в самостоятельный лесопатологический выдел. Его площадь определяют глазомерно и наносят на рабочий план лесонасаждений. Минимальная площадь лесопатологического выдела должна быть не менее 1 га.

Маршруты лесопатологической таксации планируют с учетом необходимости захода во все подлежащие осмотру участки, выбираемые лесопатологом в соответствии с решаемыми задачами.

Протяженность маршрутов должна быть от 12 до 20 км на 1000 га обследуемой площади.

Результаты глазомерной лесопатологической таксации выдела должны отобразить:

- распределение деревьев по категориям состояния от общего числа деревьев данной породы (для усыхающих насаждений, свежего и старого сухостоя, валежника указывается запас древесины);
- интенсивность повреждения крон деревьев, %;
- виды вредителей, болезни и другие причины ослабления и усыхания;
- распределение в выделе поврежденных, ослабленных и усыхающих деревьев: одиночное (1...2 дерева), групповое (3...10), куртинное (более 10) и равномерное сплошное (от 0.25 га и более);
- тип усыхания и заселения деревьев – комлевой, стволовой, вершинный, одновременный, местный;
- наличие ветровала и бурелома на 1 м³/га, а также не вывезенной готовой продукции в кубических метрах, их состояние, время появления или заготовки;
- резкие изменения в составе и полноте насаждений по сравнению с лесоустроительными данными;
- участки для детальных работ;
- предварительно назначаемые санитарно-оздоровительные мероприятия.

При определении санитарного состояния насаждений во всех случаях, как правило, к неблагоприятным принято относить насаждения, в которых текущий отпад в 2 раза и более превышает естественный. Текущий отпад складывается из усыхающих деревьев, свежего сухостоя, свежего бурелома и ветровала. Принято считать отпад естественным, если он не превышает в древостое 3 %, в молодняках – 4 % общего числа деревьев изучаемой породы. Степень ослабления насаждения на выделе в целом или каждой древесной породы определяют как средневзвешенную величину из категорий состояния. Если ее значение не превышает 1.5, насаждение относят к здоровым, 2.5 – к ослабленным, 3.5 – к сильно ослабленным, 4.5 – к усыхающим.

В процессе камеральных работ на необследованные выделы с аналогичной таксационной характеристикой может быть распространена лесопатологическая характеристика. Однако это должно быть обосновано в отчете на основании экологических свойств древесных пород, вредителей и возбудителей болезней, закономерностей влияния прочих неблагоприятных факторов.

При детальных работах количество пробных площадей в насаждениях берется из среднего расчета 2...3 пробы на 1000 га. Каждая пробная площадь должна включать не менее 100 деревьев наблюдаемой породы. При учете плотности хрущей количество почвенных ям планируется из среднего расчета 40 ям на каждые 1000 га лесной площади.

При обработке полевых материалов по каждому виду вредителей, болезней или их комплексу анализируется динамика очагов за последнее десятилетие, нанесенный ущерб, применявшиеся лесозащитные мероприятия и их эффективность. По материалам обследования указывается распределение площади очагов по степени заселенности и степени наносимого вреда, соотношение полов, вес куколок самок, степень полиморфизма и другие свойства популяции в зависимости от вида вредителей или болезней, указывается фаза вспышки, дается прогноз дальнейшего развития вспышки и вредоносности.

Полекамеральные и камеральные работы при наземных экспедиционных лесопатологических обследованиях аналогичны тем же работам при авиадесантных экспедиционных обследованиях.

6.3. Особенности учетов численности и организации мониторинга в комплексных очагах вредителей

Несмотря на то, что очаги массового размножения фитофагов обычно учитывают по видовой принадлежности вредителя, чаще всего в очагах наблюдается увеличение численности и других фитофагов. Например, в очагах массового размножения сибирского шелкопряда (коконопряда) (*Dendrolimus superans sibiricus*) часто наблюдается повышение численности хвойной (*Callitera abies*) или белозубчатой (*C. albodentata*) волнянок. В очагах сосновой пяденицы (*Bupalus piniarius*) часто наблюдается повышенная численность углокрылой сосновой пяденицы (*Semiothisa liturata*).

В березовых колках юга Зауралья, Западной и Центральной Сибири часто происходит вспышки так называемой летне-осенней группы листогрызущих вредителей березы, в состав которой входит около 30 видов бабочек и пилильщиков. Почти всегда в очагах массового размножения листоверток в дубравах европейской части страны наблюдается повышенная численность не только зеленой дубовой (*Tortrix viridana*), но и нескольких других листоверток, в частности боярышниковой (*Cacoecia crataegana*), палевой (*Aleimma loeflingiana*), пестро-золотистой (*Archips xylosteana*), розанной (*A. rosana*), свинцовополосой (*Ptycholoma lecheana*) и других. Кроме листоверток, в очагах их массового размножения часто наблюдалась повышенная численность огневка-акробатов (*Acrobasis zelleri*, *A. sodalella*) и ряда видов ранних совок.

Иногда возникают очаги таких фитофагов, особенности биологии которых, в том числе и фенология, весьма различны. Так, например, в первой половине лета кроны повреждает непарный шелкопряд, а во второй половине - сильное повреждение листве наносят гусеницы ряда видов летне-осенней группы. В силу сильного и длительного повреждения крон древостой сильно ослабляются, в них повсеместно наблюдается развитие эпифитотий бактериальной водянки березы, приводящих насаждения к окончательной гибели.

В хвойных насаждениях иногда наблюдаются комплексные очаги рыжего соснового пилильщика, звездчатого пилильщика и шелкопряда-монашенки (табл. 8). В этом случае различия в фенологии невелики.

Таблица 8. Видовой состав хвоегрызущих фитофагов в комплексном очаге Боровского лесхоза Кустанайской обл.

| Вид фитофага | Плотность популяции | Угроза уничтожения хвои, % | Срок нанесения наиболее сильных повреждений |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Рыжий сосновый пилильщик | До 1000 яиц/дерево | 50...100 | Май |
| Звездчатый пилильщик | 10...50 экз/м ² | 30...100 | Май – июнь |
| Шелкопряд-монашенка | 100...300 яиц/дерево | 30...50 | Июнь – июль |

Подобные очаги оказывают на состояние леса более сильное ослабляющее воздействие, так как фитофаги повреждают деревья в разные сроки. Определение состояния деревьев и учет численности вредителей в каждом

комплексном очаге имеет свои особенности. Без учета этих особенностей нельзя принять правильное решение о назначении мероприятий в данных очагах. Работа в таких очагах требует особого внимания и дополнительных трудозатрат.

До начала выполнения учетных работ в очагах массового размножения любых вредителей необходимо точно определить видовую принадлежность тех насекомых, вспышка массового размножения которых выявлена в том или ином конкретном участке леса. Даже несмотря на то, что ранее вид вредителя уже был определен другими работниками лесного хозяйства или лесопатологами, каждый раз, попадая в очаг, лесопатолог обязан вновь со всей тщательностью подойти к определению видовой принадлежности фитофага.

Если фенология фитофагов близка, то время проведения обследования в таких очагах лесопатолог определяет по срокам развития наиболее массового вида. Учеты ведут так же, как и в обычных очагах, но показатели численности записывают по каждому виду отдельно. Особенно важно знать особенности биологии учитываемых видов. Например, проводя учеты куколок летне-осенней группы в подстилке, нельзя сделать верный вывод о численности стрельчаток – зайчик (*Acronicta leporina*) или пси (*A. psi*), так как гусеницы этих видов окукливаются не в подстилке, а в древесине опавших ветвей, пней и валежника. При обследовании таких очагов следует помнить, что при окукливании гусеницы двуцветной хохлатки (*Leucodonta bicoloria*), хохлатки-верблюдки (*Pterodon capucina*) и других видов хохлаток, они сооружают из материала подстилки легкий кокон, который маскирует их и часто делает плохо заметными при раскопках. Куколки точечной пухоспинки (*Ochropacha duplaris*) размещаются между листочками опада и

весьма хорошо удерживаются между ними, благодаря крючьям кремастера, и в силу этого их так же легко не заметить. Поэтому, попадая в очаг массового размножения фитофага, лесопатолог, кроме учета установленного вида вредителя, должен провести рекогносцировку и проверить наличие иных фитофагов.

При проведении обследования по зимующим стадиям вредителя лесопатолог определяет численность каждого вида в отдельности и по нему устанавливает угрозу повреждений. После того как угроза повреждения крон определена по каждому виду, ее суммируют.

В комплексных очагах учет численности каждого вида проводится по отдельности. При расчете угрозы нанесения возможных повреждений необходимо учитывать, что фитофаг, который первым нанес повреждения, ко времени питания личинок другого вредителя уже уничтожил часть фитомассы, поэтому угроза нанесения повреждений должна быть рассчитана с учетом этого факта.

Если при проведении обследований очагов массового размножения вредителя установлено, что в том или ином участке существуют признаки поражения деревьев патогенными микроорганизмами, необходимо провести обследование на поражение леса этим патогеном. Такое обследование поможет более верно оценить сложившуюся угрозу древостою. Например, в очаге массового размножения непарного шелкопряда на березах отмечено развитие очага бактериальной водянки. В этом случае следует провести специальное обследование на зараженность деревьев этим заболеванием.

Наблюдались случаи, когда в очаге массового размножения сосновой пяденицы гусеницы уничтожили около 50 % хвой, а оставшаяся хвоя осенью была поражена ценангиозом (возбудитель *Cenangium abietis*). В результате в зимне-весенний период вся поврежденная гусеницами и ценангиозом хвоя погибла.

Для определения суммарной степени ослабления древостоя разными факторами надо степень ослабления, к которому может привести один фактор, умножить на степень ослабления от другого фактора.

Если в очаге присутствуют вредители из разных экологических групп (см. раздел 10), необходимо провести отдельное обследование по каждому фитофагу. Например, в очагах звездчатого пилильщика-ткача в культурах сосны в Волгоградской или Ростовской областях часто наблюдается повышенная численность соснового подкорного клопа. Нанесение сильных повреждений кронам сосен личинками ткача создает более благоприятные условия для жизнедеятельности клопа, и его численность, так же как и вредоносность, в таких местах может значительно возрасти. Проводить обследование в таких местах необходимо по каждому виду вредителя отдельно, а при назначении конкретных мероприятий по защите следует учитывать характер очага. В приведенном нами примере успешная защита леса от личинок ткача будет являться и своеобразной мерой защиты от клопа, так как сохранение полной охвоенности крон препятствует возрастанию численности клопа.

Таким образом, принимая решение о проведении мер защиты в конкретном типе очага необходимо помнить о наличии в нем других опасных для леса организмов. Недопустимо, проводя меры защиты против одного вредителя, создавать условия, способствующие расширению вредоносности других вредителей или болезней.

7. МЕТОДЫ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ХВОЕ-И ЛИСТОГРЫЗУЩИХ НАСЕКОМЫХ

Под *учетом хвое- и листогрызущих насекомых* понимаются действия, позволяющие получить оценку плотности их популяций с определенной степенью точности и достоверности.

Под *плотностью популяции* понимается число особей фитофагов, отнесенное к единице учета: модельной ветви, дереву, 1 м² поверхности почвы или подстилки, массе листвы или хвои.

Экологическая плотность популяции – число фитофагов на единицу зеленой массы листвы или хвои.

Абсолютная плотность популяции – число насекомых, отнесенное к единице лесной площади (га, м²).

Учет лежит в основе надзора и мониторинга и используется при всех видах обследования для прогноза развития очагов и принятия решений о целесообразности назначения борьбы.

Данные об экологической и абсолютной плотности популяции фитофагов характеризуются точностью и достоверностью. *Точностью* (или ошибкой) называется величина отклонения от среднего значения плотности популяции, полученного в результате применения одного и того же метода выборки. Она вычисляется как ошибка средней при статистической обработке данных учета и выражается в абсолютных единицах или в % от средней. Среднее значение выборки и его ошибка вычисляются как:

$$X \pm \frac{S}{\sqrt{N}}$$

где:

X – среднее значение плотности популяции фитофага;

S – стандартное отклонение;

N – объем выборки.

Достоверностью называется величина отклонений от истинного среднего значения плотности популяции при заданном уровне вероятности. Эта оценка представляет собой интервал около среднего значения, зависящий от соответствующего табличного коэффициента t, величина которого, в свою очередь, определяется уровнем вероятности.

Доверительный интервал для среднего значения (X)

| <i>Уровень вероятности</i> | <i>Среднее значение с доверительным интервалом</i> |
|----------------------------|--|
| 0.68 | $X \pm 1.000 \frac{S}{\sqrt{N}}$ |
| 0.90 | $X \pm 1.645 \frac{S}{\sqrt{N}}$ |
| 0.95 | $X \pm 1.960 \frac{S}{\sqrt{N}}$ |
| 0.99 | $X \pm 2.576 \frac{S}{\sqrt{N}}$ |

7.1. Расположение учетных единиц по площади участков и их число

Расположение учетных единиц (модельных деревьев, площадок) по площади участков леса может быть осуществлено 4-мя способами:

- случайным отбором;
- систематическим способом;
- комбинацией этих методов;
- методом послынной выборки.

Простым случайным отбором называется способ извлечения единиц из совокупности, при котором каждая единица имеет равную вероятность быть отобранной.

Эта задача решается с помощью таблицы случайных чисел ([приложение 2](#)). Например, нам требуется отобрать для анализа 15 кладок вредителя из 100 встреченных. Будем двигаться по таблице слева направо. Первое число отмечаем вслепую концом карандаша (например, второй столбец шестая строка сверху – 51) и далее слева направо 78, 57, 96, 17, 34, 87, 96, 23, 95, 04, 43, 13, 37, 79. Переставим числа по абсолютной величине от меньшего к большему. Таким образом, для получения случайной выборки из 15 кладок необходимо взять 4-ю, 13-ю, 17-ю, 23-ю и т.д. встреченные кладки.

Если необходимо выбрать, например, 15 кладок из 500 встреченных, то из таблицы берутся числа тройками. Числа более 500 отбрасываются.

В том случае, если в насаждении необходимо определить места взятия моделей или учетных площадок, поступают следующим образом. Две смежные стороны участка принимают за оси координат, предварительно выровняв их на плане. Затем каждую сторону делят на 100 равных частей и, применяя далее пары случайных чисел из таблицы, намечают места взятия учетных единиц. При измерении расстояний от осей до мест взятия учетных единиц не требуется особой точности, достаточно отмерить это расстояние шагами.

Под "систематическим" понимается такое расположение учетных единиц, при котором расположение первой единицы выбирается случайно, а все последующие – через равные интервалы друг от друга.

В культурах учетные площадки располагаются перпендикулярно направлению рядов, причем короткая сторона учетной площади располагается на линии ряда.

Для повышения эффективности учетных работ применяется послынная выборка. Она заключается в том, что пространство, занятое популяцией фитофагов, делится по каким-либо экологическим признакам на категории, в которых плотность популяции различна. Это могут быть зоны очага, типы леса, насаждения разного возраста, пространство под и между кронами и прочее. В этих категориях участков (слоях) размещают пробные единицы (случайно или систематически) пропорционально их объёму и вычисляют среднюю плотность популяции для каждого слоя.

Общее среднее определяется по формуле:

$$X_{\text{общ}} = \frac{\sum N_i Y_i}{N},$$

где:

$X_{\text{общ}}$ – средняя плотность вредителя по всем слоям;

N_i – объем слоя (площадь участка);

Y_i – средняя плотность вредителя в слое;

N – суммарный объем всех слоев.

Общая дисперсия определяется по формуле:

$$S_{\text{общ}}^2 = \frac{\sum N_i^2 S_i^2}{N^2},$$

где:

$S_{\text{общ}}^2$ – оценка дисперсии по всем слоям;

N_i – объем слоя (площадь участка);

S_i^2 – оценка дисперсии в слое;

N – суммарный объем всех слоев.

Для того чтобы можно было полностью воспользоваться выгодами послынной выборки, объем слоев должен быть известен заранее.

Количество учетных единиц (размер выборки) при учете численности хвое- и листогрызущих насекомых зависит от необходимой точности учета или экономических соображений.

В некоторых случаях нужно определить число пробных единиц, которые необходимо заложить, чтобы получить результаты с заданной точностью и достоверностью. Для этой цели необходимо в насаждении взять предварительную выборку (случайно или систематически): 5-ти модельных деревьев – при учете вредителя в кроне дерева, а также шелкопряда-монашенки и зимней пяденицы на стволах; 10-ти пробных площадок – в случае учета зимующих или окукливающихся в почве или подстилке насекомых; 15-ти модельных деревьев – в случае учета зимующих гнезд гусениц златогузки; 25-ти модельных деревьев – при учете кладок непарного шелкопряда.

Необходимое число проб определяется по формуле:

$$N = \frac{t^2 S^2}{X^2 \varepsilon^2},$$

где:

t – коэффициент при заданном уровне вероятности;

X – среднее значение плотности популяции вредителя по предварительной выборке;

S^2 – оценка дисперсии;

ε – ошибка выборки, выраженная в долях единицы (10 % = 0.1; 20 % = 0.2 и т.д.).

Оценку среднего выборки определяют по формуле:

$$X = \frac{\sum x_i n_i}{N}.$$

Для этого необходимо сложить все цифры колонки 4 и сумму разделить на сумму цифр колонки 3 (табл. 9).

Оценка дисперсии определяется по формуле:

$$S^2 = \frac{\sum n(x_i - X)^2}{N - 1}.$$

Для этого необходимо сложить все цифры колонки 6 и разделить на сумму цифр колонки 2 минус единица (см. табл. 9).

При производственных учетах уровень вероятности обычно принимают равным 0.68 и тогда коэффициент $t = 1$.

Уровень вероятности и значение коэффициента t

| Уровень вероятности | Значение коэффициента t |
|---------------------|---------------------------|
| 0.68 | 1.000 |
| 0.90 | 1.645 |
| 0.95 | 1.960 |
| 0.99 | 2.576 |

Рассмотрим следующий пример. При учете коконов рыжего соснового пилильщика было заложено 10 пробных площадок и получены следующие результаты.

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|---|---|---|----|----|----|
| Номер площадки | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Число коконов | 12 | 24 | 10 | 12 | 7 | 9 | 9 | 12 | 20 | 11 |

Сгруппируем данные и произведем действия, как указано в табл. 9.

Таблица 9. Расчет оценки среднего и дисперсии выборки

| Количество вредителя на пробе | Число проб, n | $x_i n$ | $x_i - X$ | $(x_i - X)^2$ | $n(x_i - X)^2$ |
|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------|---------------|---------------------|
| | N | $\sum x_i n$ | | | $\sum n(x_i - X)^2$ |
| x | n | $x_i n$ | $x_i - X$ | $(x_i - X)^2$ | $n(x_i - X)^2$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 1 | 7 | -6 | 36 | 36 |
| 9 | 2 | 18 | -4 | 16 | 32 |
| 10 | 1 | 10 | -3 | 9 | 9 |
| 11 | 1 | 11 | -2 | 4 | 4 |
| 12 | 3 | 36 | -1 | 1 | 3 |
| 20 | 1 | 20 | 7 | 49 | 49 |
| 24 | 1 | 24 | 11 | 121 | 121 |
| Σ | 10 | 126 | | | 254 |

$$X = \frac{126}{10} = 12.6 \approx 13,$$

$$s^2 = \frac{254}{9} = \frac{28}{2}.$$

Подставляя полученные результаты в формулу и приняв ошибку, равную 10 % (0.1), имеем:

$$N = \frac{1^2 \times 28.2}{13^2 \times 0.1^2} = \frac{28.2}{169 \times 0.01} = 17.$$

Таким образом, для того, чтобы на данном участке получить среднюю выборку с ошибкой ± 10 % необходимо заложить еще 7 проб.

Оценки плотности популяции хвое- и листогрызущих насекомых могут быть получены как для общей площади насаждения, так и для отдельных ее участков. Если желательно получить оценки плотности популяции для каждого из n участков, то объем выборки будет в n раз больше, чем для получения оценки плотности популяции той же точности для всей территории.

Все способы учета хвое- и листогрызущих насекомых в лесах подразделяются на следующие основные варианты:

- учет насекомых в кроне дерева;
- учет насекомых на стволе дерева;
- учет насекомых в подстилке или почве.

Эти методы учета позволяют получить экологическую и/или абсолютную плотность популяции.

Для определения обилия насекомых (или относительных изменений в их популяции) используют методы учета с применением различных технических средств (околот, световые и феромонные ловушки и т.д.).

Все оптимальные методы учета были получены на основании правила, согласно которому выбирается та единица учета, которая обеспечивает минимальную дисперсию при фиксированных издержках, либо минимальные издержки при фиксированной точности.

7.2. Учет насекомых в кроне дерева

Учет насекомых в кроне дерева подразделяется на *общий* и *частный*. Общий употребляется для всех видов насекомых, кроме дубовой зеленой листовертки и златогузки.

Если модельную ветвь можно срезать с земли с помощью технического приспособления, то учёт зимующих кладок яиц или других фаз развития насекомых, находящихся в кроне, проводят по одной модельной ветви первого порядка, взятой из середины кроны дерева, или по одной модельной ветви второго порядка, когда диаметр ветви первого порядка превышает 2 см перед ее охвоенной или облиственной частью.

Выбранную ветвь срезают и опускают на землю. На ветви производят подсчет насекомых. В случае учета кладок яиц при детальном надзоре определяют среднее число яиц в кладке, для чего анализируют 15 кладок (или же все найденные кладки, но не более 15). В случае

обследования очагов анализируют 50 кладок. Число яиц в кладке определяют непосредственным их подсчетом или же взвешиванием кладок и использованием данных приложения 1.

Собранные кладки яиц анализируют на зараженность паразитами, болезнями; определяют смертность от хищников и число неоплодотворенных яиц. Для этой цели анализируют не более 300 яиц (по 100 с каждой пробы) в случае детального надзора. При обследовании очагов анализируют 1000 яиц из различных насаждений, отобранных случайно или систематически.

Для перевода полученного результата в экологическую плотность (100 г зеленой кассы) измеряют диаметр модельной ветви перед ее охвоенной или облиственной частью (рис. 38) и, используя приложение 3, определяют запас зеленой массы на ней. Число насекомых на ветви делят на массу листы или хвои в граммах и умножают на 100. Например, на модельной ветви диаметром у охвоенной ее части, равным 1.5 см, обнаружено 78 яиц рыжего соснового пилильщика. Количество хвои на ветви – 119 г, тогда экологическая плотность пилильщика (число яиц на 100 г хвои) равна:

$$\frac{78 \times 100}{119} = 65.6.$$

Если учетную ветвь срезать с земли не представляется возможным и требуется подъем в крону, то берется одна модельная ветвь первого порядка из середины кроны не более 5 см в

диаметре перед ее охвоенной или облиственной частью или модельная ветвь второго порядка (если модельная ветвь первого порядка превышает 5 см в диаметре). Для сокращения времени подсчета насекомых на ветви применяется метод численного интегрирования, например по формуле прямоугольников.

Для этой цели живая часть ветви делится по длине на две или три равные части. В середине каждой части вырезается слой 20...50 см (рис. 39) в зависимости от длины ветви. На элементах ветви, попавших в этот слой, подсчитывают численность вредителя. Общее число насекомых на ветви при двух слоях учета определяют по формуле:

$$V = \frac{H}{2} \left(\frac{V_1 + V_2}{l} \right).$$

где:

- V – численность вредителя на всей ветви;
- H – длина живой части ветви, см;
- V_i – численность вредителя в i -м слое;
- l – толщина вырезаемого слоя (20...50 см).

При трех слоях учета общее число вредителя на ветви подсчитывают по формуле:

$$V = \frac{H}{3} \left(\frac{V_1 + V_2 + V_3}{l} \right).$$

Полученный результат переводится в экологическую плотность указанным выше способом.

Данные учета насекомых на модельных ветвях записывают в форму 1.

Для расчета количества гусениц на среднее дерево в насаждении можно использовать таблицы фитомасс (приложение 4).

Форма 1

Учет насекомых в кроне дерева по одной модельной ветви
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., выд. | Площадь, га | № модели | Диаметр модельной ветви, см | Масса листвы или хвои на ветви, г | Численность насекомых на ветви | Плотность вредителя на 100 г зеленой массы | Примечания |
|---------|-----------|-------------|----------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |



Рис. 38. Измерение диаметра модельной ветви

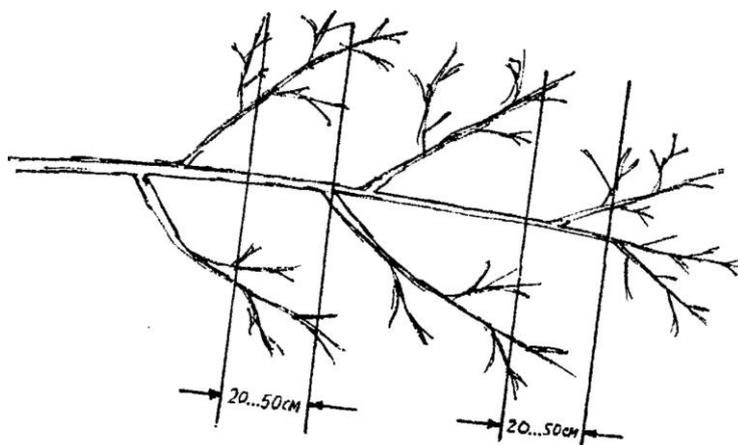


Рис. 39. Порядок послойной выборки при учете на модельных ветвях

7.3. Частные случаи учета хвое- и листогрызущих насекомых в кроне дерева

Учет кладок яиц дубовой зеленой листовертки

При учете кладок яиц дубовой зеленой листовертки на дереве примерно в 3 м от вершины отпиливают ветвь 3-метровой длины. На этой ветви выделяют отрезок стержневой ветви диаметром от 1 до 2 см длиной 50 см и отрезки ветвей высших порядков (2, 3 и т.д.) с диаметром от 0.5 до 1 см и общей длиной 2 м. На этих ветвях подсчитывают число кладок яиц. Полученный результат для перевода в экологическую плотность умножают на коэффициент.

Данные учета заносят в форму 2.

Переводные коэффициенты от плотности кладок листовертки на отрезках ветвей к плотности яиц на 100 г сырой листы дуба

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Возраст древостоя, лет | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Переводной коэффициент на 100 г сырой листы | 0.74 | 1.02 | 1.06 | 1.14 | 1.21 | 1.27 | 1.32 | 1.33 |

Форма 2

Учет численности дубовой зеленой листовертки Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., выд. | Площадь, га | Возраст древостоя | № модели | Численность кладок яиц листовертки | | | Переводной коэффициент на 100 г сырой листья | Плотность яиц на 100 г сырой листья | Примечания |
|---------|--------------|----------------|----------------------|-------------|------------------------------------|--|---|---|--|------------|
| | | | | | На 0.5 м стержневой ветви | На 2 м ветвей высших порядков | Суммарная численность на модельной ветви | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

Метод разработан для центральных областей России. В случае учета кладок яиц дубовой зеленой листовертки в других регионах, можно применять общий случай учета вредителей в кроне дерева, т.е. одной модельной ветви из середины кроны.

При обследовании очагов для сокращения времени учета применяют план последовательной выборки.

При осеннем учете кладок все обнаруженные яйца раздавливают концом перочинного ножа, чтобы не допустить ошибки и не подсчитать одни и те же кладки, и делают анализ их состояния. Здоровые кладки при раздавливании издадут треск, и из них вытекает оранжевая жидкость, при раздавливании же погибших треска не слышно, и жидкость, если и вытекает, то в незначительном количестве. Весной проверяют жизнеспособность яиц. Для этой цели либо проводят повторный учёт, либо перед выходом гусениц из яиц случайно или систематически отбирают не более 300 яиц из различных насаждений. Все найденные кладки помещают в лабораторию. Через одну-две недели подсчитывают вышедших гусениц.

Учет зимующих гнёзд гусениц златогузки

Учет зимующих гнёзд гусениц златогузки осуществляют визуально с земли после опадения листьев на всей кроне дерева.

Для подсчета среднего числа гусениц в гнезде, выявления причин смертности гусениц и количественной оценки действия этих причин случайно или систематически собирают и анализируют 10 гнёзд (или же все гнёзда, но не более 10) при детальном надзоре. При обследовании очагов анализируют 50 гнёзд. Срезанные гнёзда вскрывают и подсчитывают в них количество здоровых и пораженных гусениц.

В связи с трудностью анализа гнёзд гусениц златогузки, можно весной внести указанное выше число гнёзд в лаборатории, поместить их в садки и, после выхода из них гусениц, установить, сколько здоровых особей приходится в среднем на одно гнездо. Для определения экологической плотности златогузки, определив количество здоровых гусениц на дереве, по таблицам (приложение 4) определяют запас зеленой массы. Число гусениц на дереве делят на массу листьев в граммах и умножают на 100. Результаты учета заносят в форму 3.

Например, на дереве обнаружено 10 гнёзд. Среднее число здоровых гусениц в гнезде равно

150. Тогда число гусениц на дерево равно 1500. По таблице в приложении 5 масса листы на дереве равна 7850 г. Экологическая плотность (число гусениц на 100 г листы) равна:

$$\frac{1500 \times 100}{7850} = 19,1$$

При обследовании очагов златогузки для сокращения времени учета применяют обратный биномиальный выбор ([см. раздел 7.7](#)).

Форма 3

Учет зимующих гнезд гусениц златогузки
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., выд. | Площадь, га | № модели | Диаметр дерева, см | Возраст древостоя | Масса листы на дереве, кг | Численность гнезд на дереве | Среднее число гусениц | | Плотность гусениц на 100 г сырой листы | Примечания |
|---------|-----------|-------------|----------|--------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------|--|------------|
| | | | | | | | | в гнезде | на дереве | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

7.4. Учет хвое- и листогрызущих насекомых на стволе дерева

Учет кладок яиц непарного шелкопряда

Учет кладок яиц непарного шелкопряда осуществляют на модельных деревьях, располагая их через равный интервал (2...5 м) при движении по непроवेशенной ходовой линии. Ходовая линия намечается либо по компасу, либо с использованием заметных ориентиров (просеки, дороги, овраги и т.д.).

При учете кладок яиц осматривают комлевую часть дерева (глубокие трещины коры, поранения на стволах, подмытые корни пойменных деревьев, выступающие над землей корневые лапы, изгибы стволов, дупла деревьев или другие укромные места). Одновременно кладки яиц подсчитывают и на подросте, подлеске, пнях, растительном покрове и т.п., находящихся на территории, занятой этим деревом.

В случае очень высокой плотности кладок, когда трудно определить где кончается одна кладка и начинается другая, определяют размер боковой поверхности, занятой кладками, затем в пределах этой поверхности выбирают 2..3 участка (палетки) размером 9 (3 x 3) см², определяют на них количество яиц и переводят на всю площадь, занятую кладками.

Например, боковая поверхность дерева, занятая кладками, составляет 63 см². Среднее количество яиц на 9 см² составило 75. Тогда количество яиц на дерево равно:

$$\frac{63 \times 75}{9} = 525 \text{ шт.}$$

Среднее число яиц в одной кладке определяют путем их подсчета в 15-ти кладках (или же во всех найденных кладках, но не более чем в 15-ти при детальном надзоре). При обследовании очагов анализируют 50 кладок. Кладки собирают случайно или систематически. Среднее число яиц в кладке может быть также определено путем взвешивания кладок и использования данных приложения 1.

Собранные яйца анализируют на пораженность паразитами, хищниками (кожееды, птицы, другие хищники), болезнями. Устанавливают процент неоплодотворенных яиц. Определяют количество здоровых яиц на кладку. Для этой цели анализируют не более 300 яиц (по 100 с каждой пробы) в случае детального надзора. При обследовании очагов анализируют 1000 яиц из различных насаждений, отобранных случайно или систематически.

Весной, перед выходом гусениц из яиц, случайно или систематически отбирают указанное число яиц и определяют зимнюю смертность для контрольного прогнозирования.

Для перевода полученного результата на 100 г сырой листы (экологическую плотность) число яиц на дереве делят на запас зеленой массы и умножают на 100.

Результаты учета кладок яиц непарного шелкопряда заносят в форму 4.

Учет кладок яиц непарного шелкопряда
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., выд. | Площадь, га | № модели | Диаметр дерева, см | Возраст древостоя | Масса листвы на дереве, кг | Численность гнезд на дереве | Среднее число яиц в одной кладке | Число яиц на дереве | Плотность яиц на 100 г зеленой массы | Примечания |
|---------|--------------|----------------|-------------|--------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------|---|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки в сосновых насаждениях

Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки в сосновых насаждениях проводят на растущих деревьях (без их валки) до высоты 1 м от шейки корня, так как выше кладки яиц встречаются редко. При учете ножом или небольшим топором до указанной высоты снимают чешуйки отмершей коры, постелив вплотную к дереву кусок белой материи. При диаметрах модельных деревьев на высоте груди 24 см и более подсчет кладок проводят на 1/2 боковой поверхности ствола до той же высоты. В этом случае число найденных кладок удваивается.

Среднее число яиц в одной кладке определяют путем их подсчета в 15-ти кладках (или же во всех найденных кладках, но не более 15-ти при детальном надзоре). При обследовании очагов анализируют 50 кладок. Кладки собирают случайно или систематически.

Собранные яйца анализируют на пораженность паразитами, хищниками, болезнями. Устанавливают процент неоплодотворенных яиц. Для этого анализируют не более 300 яиц (по 100 с каждой пробы) в случае детального надзора. При обследовании очагов анализируют 1000 яиц.

Весной, перед выходом гусениц из яиц, случайно или систематически отбирают указанное выше число яиц и помещают их в лабораторию. По числу здоровых гусениц проводят контрольное прогнозирование.

Для перевода полученных результатов в экологическую плотность по диаметру и высоте определяют запас зеленой массы. Число вредителя на дереве делят на запас зеленой массы в граммах и умножают на 100. Данные учета заносят в форму 5.

При обследовании очагов шелкопряда-монашенки для сокращения времени учета применяют план последовательной выборки (см. раздел 7.6).

Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки на сосне
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., выд. | Площадь, га | № модели | Диаметр дерева, см | Высота, м | Возраст дерева | Масса хвои на дереве, кг | Численность кладок яиц на дереве | Среднее числ. яиц в одной кладке | Числен- ность яиц на дереве | Плотность яиц на 100 г хвои | Приме- чания |
|---------|--------------|----------------|-------------|--------------------------|--------------|-------------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки в ельниках

Учет кладок яиц монашенки на ели осуществляют на срубленных деревьях. Спеленное дерево размечают на 3 равные части по длине ствола. В середине каждой части выпиливают чурбачок длиной 20 см. С чурбачков снимают чешуйки коры, подсчитывают количество кладок яиц, отложенных на каждом из них. Общее количество кладок на дереве определяют по формуле:

$$V = \frac{H}{3} \left(\frac{V_1 + V_2 + V_3}{0.2} \right),$$

где:

V – число кладок яиц на дереве;

H – длина ствола дерева, м;

V_i – число кладок яиц на i -м чурбачке;

0.2 – длина выпиливаемого чурбачка, м.

Подсчитывают среднее число яиц в одной кладке (так же, как в сосновых насаждениях). Умножая число кладок на дереве на среднее число яиц в кладке, получают среднее число яиц на дереве.

Для перевода результатов учета на 100 г сырой хвои по приложению 4, определяют запас зеленой массы на дереве. Число яиц на дереве делят на запас массы и умножают на 100. Данные учета заносят в форму 6.

Форма 6

Учет кладок яиц шелкопряда-монашенки в ельниках

| Участок | Кв., выдел | Площадь, га | № модели | Диаметр дерева, см | Высота, м | Возраст дерева | Масса хвои на дереве, кг | Численность кладок яиц на отрезках ствола 0.2 м длиной | | | Число кладок на дереве | Среднее число яиц в 1 кладке | Численность яиц на дереве | Плотность яиц на 100 г хвои | Примечание |
|---------|------------|-------------|----------|--------------------|-----------|----------------|--------------------------|--|----|-----|------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------|
| | | | | | | | | I | II | III | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

Учет зимней пяденицы

Учет кладок яиц зимней пяденицы на стволах деревьев не проводят. Вместо этого с помощью специальных ловушек учитывают число поднимающихся осенью в крону самок. При детальном надзоре для определения плодовитости бабочек вскрывают 10 особей (или же все найденные самки, но не более 10). При обследовании очагов анализируют 50 самок. В том и другом случае можно пользоваться данными плодовитости самки в зависимости от ширины брюшка (для чего проводят измерение ширины брюшка на аналогичном количестве особей самок), рассчитанными с помощью уравнения:

$$y = 33.87 - 15.9x - 16.53x^2 + 13.94x^3,$$

где:

- y – плодовитость одной самки;
- x – ширина брюшка, мм.

Умножая число самок на дереве на их среднюю потенциальную плодовитость, получают число яиц на дереве. По приложению 4 определяют запас зеленой массы. Число яиц на дереве делят на запас зеленой массы, умножают на 100 и получают экологическую плотность вредителя. Данные заносят в форму 7.

Плодовитость самки в зависимости от ширины брюшка

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ширина брюшка, мм | 1.5 | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 | 2.75 | 3.00 | 3.25 | 3.50 | 3.75 |
| Плодовитость | 20 | 30 | 47 | 70 | 109 | 155 | 214 | 386 | 373 | 477 |

Форма 7

Учет зимней пяденицы
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., выд. | Площадь, га | № модели | Диаметр дерева, см | Возраст дерева | Масса листвы на дереве, кг | Число отловленных самок на дереве, шт. | Средняя плодовитость самки, шт. яиц | Численность яиц на дереве | Плотность яиц на 100 г хвои |
|---------|-----------|-------------|----------|--------------------|----------------|----------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

7.5. Учет хвое- и листогрызущих насекомых, зимующих или окукливающихся в почве

Учет хвое- и листогрызущих насекомых, зимующих или окукливающихся в почве или подстилке осуществляется на пробных площадках. Оптимальный размер пробных площадок для различных видов насекомых приводится в табл. 10.

Например, для соснового насаждения I класса бонитета в возрасте 50 лет на 1 м² в среднем приходится 0.12 дерева. Тогда, разделив численность вредителя на 1 м² на 0.12, получим экологическую плотность на одно дерево.

Таблица 10. Оптимальный размер пробных площадок для различных видов хвое- и листогрызущих насекомых

| Вид насекомого | Оптимальный размер площадки | |
|---|-----------------------------|------------|
| | м ² | см x см* |
| Лунка серебристая Дубовая хохлатка | 0.5 | 50 x 100 |
| Сосновая совка Сосновая пяденица Сосновый шелкопряд | 0.25 | 25 x 100 |
| Звездчатый ткач-пилильщик | 0.25 | 25 x 100 |
| Рыжий сосновый пилильщик Обыкновенный сосновый пилильщик | 0.125 | 12.5 x 100 |
| Красноголовый ткач-пилильщик | 0.125 | 25 x 50 |

* При работе в культурах длина пробных площадок равна ширине междурядья. Например, при ширине междурядья в 1.5 м учетная площадка в 0.25 м² имеет размеры 16.6 x 150 см,

Для видов, не вошедших в табл. 10, оптимальный размер пробной площадки определяется по линейному размеру насекомого учитываемой фазы развития. Для видов, чей линейный размер равен 30 мм и более, оптимальной является площадка 0.5 м², при 29... 10 мм - 0.25 м², а при 9 мм и менее – 0.125 м².

Определив среднюю плотность вредителя на пробную площадку, результат переводят на 1 м². Для этой цели данные, полученные на площадках размером 0.125 м², умножают на 8, размером 0.25 м² – на 4 и 0.5 м² – на 2.

Для перевода полученного результата в экологическую плотность (на 100 г зеленой массы или на дерево) определяют число деревьев на единицу площади (м²). Эту работу можно выполнить двумя способами: с помощью таксационной характеристики насаждения и приложения 6 или эмпирическим путем.

Для определения числа деревьев на 1 м² эмпирическим путем в обследуемых насаждениях закладывают пробные площади. В естественных насаждениях закладывают круговые пробные площади радиусом 5.64 м (100 м²). На 1 га насаждения закладывают 3...5 таких площадей. В культурах на 1 га закладывают 2...3 прямоугольные пробные площади размером 100 м² (15 x 20 м) при ширине междурядья 2.5 м.

При учёте подстилку и почву тщательно осматривают на глубину залегания вредителя и выбирают не только особей учитываемого вида, но и других обнаруженных насекомых, в том числе коконы наездников и пупарии тахин.

Куколки бабочек и коконы пилильщиков сортируют на самцов и самок, пустые и полные, здоровые и пораженные, указывают, по возможности, причины поражения. Здоровых самок взвешивают. Зимующих гусениц шелкопрядов и зонимф ткачей анализируют на пораженность паразитами, болезнями. У зонимф пилильщиков и ткачей, кроме того, определяют процент диапаузирующих особей. Для этих целей анализируют все найденные куколки (коконы), но не более 100 при детальном надзоре, или 500 куколок (коконов) в случае обследования очагов для назначения истребительных мероприятий.

По числу здоровых самок на 100 г хвои или листвы, их плодовитости ([приложение 7](#)) устанавливают экологическую плотность и далее определяют степень угрозы насаждения. Результаты учета заносят в форму 8.

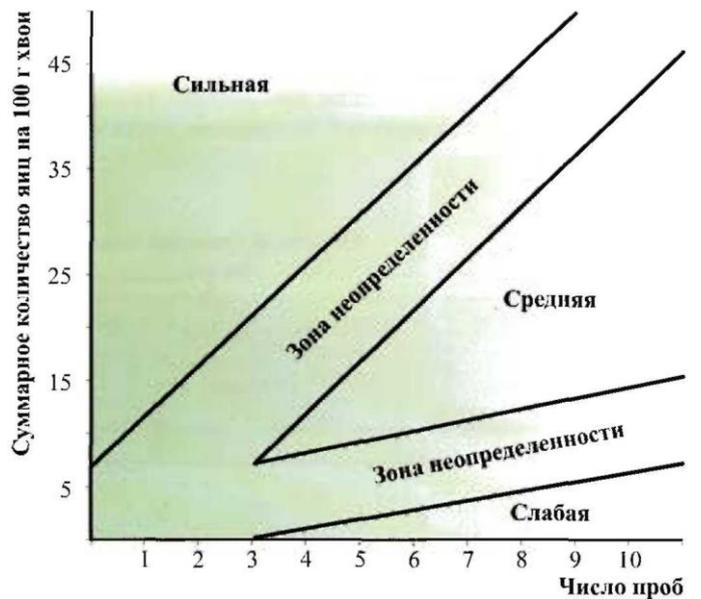
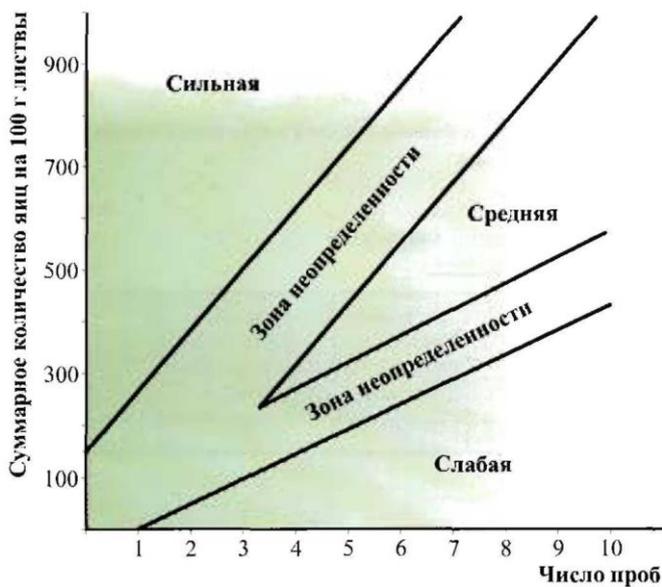


Рис. 40. План последовательного учёта кладок яиц дубовой зелёной листовёртки

Рис. 41. План последовательного учёта кладок яиц шелкопряда -монашенки

Форма 8

Учет хвое- и листогрызущих насекомых, зимующих или окукливающихся в почве или подстилке
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., вид. | Площадь, га | № пробной площади | Размер пробной площади | Численность вредителя | | Число деревьев в на м ² | Средний диаметр дерева, см | Высота дерева, м | Возраст дерева | Масса листвы или хвои | | Плотность |
|---------|-----------|-------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| | | | | | на пробе | на 1 м ² | | | | | на дерево | на 1 м ² | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

7.6. Планы последовательных учетов

При обследовании очагов хвое- и листогрызущих насекомых для сокращения объема работ применяют планы последовательных учетов. В этом случае проводят учет численности какого-либо насекомого, поочередно закладывая обычные пробные единицы (площадки в почве, модельные ветви и проч.) и сопоставляя их результаты со специальным графиком.

При построении графика учета обычно выделяют 3 класса заселенности – высокий, средний и низкий, которые связывают плотность насекомых в данном году с прогнозом предстоящего повреждения насаждения ([см. приложение 8](#)).

При высокой степени заселенности можно ожидать 50 % и более повреждения хвои или листвы, средней – 26...50, низкой – менее 25 %.

Планы последовательных учетов рассчитаны для дубовой зеленой листовёртки, шелкопряда-монашенки.

Учет производят отдельно на каждом из выделенных участков (единица обследования).

На примере поясним, как пользоваться графиками последовательного учета. Например, учет дубовой зеленой листовёртки на первом модельном дереве дал результат 240 яиц на 100 г сырой листвы. Откладываем это значение на графике (рис. 40) против первого модельного дерева. Это значение попадает в зону неопределенности, поэтому нельзя делать заключение о заселенности участка и необходимо продолжить учет. Учет на втором модельном дереве дал результат 150 яиц на 100 г листвы. Суммируем результаты обоих учетов. Сумма 240 + 150 = 390 яиц выходит на графике из зоны неопределенности и попадает в зону, соответствующую высокой заселенности. Следовательно, можно сделать заключение, что заселенность данного участка высокая, и прекратить учет. Аналогично поступают на следующем участке, подлежащем обследованию. Результаты учета заносят в форму 9. Подобным же образом пользуются рис. 41 для последовательного учета кладок яиц шелкопряда-монашенки. В этом случае результаты учета заносят в форму 10.

Последовательный учет кладок яиц дубовой зеленой листовёртки
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., вид. | Площадь, га | Возраст древосто-я | № модел-и | Численность яиц | | | Переводной коэффициент | Плотность яиц на 100 г листвы | Заселен-ность насажде-ния |
|---------|-----------|-------------|--------------------|-----------|------------------|-------------------------------|--|------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | | | | | На 0.5 м стержня | На 2 м ветвей высших порядков | Суммарная численность яиц на модельной ветви | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

Последовательный учет кладок яиц шелкопряда-монашенки
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., вид. | Площадь, га | Диаметр дерева, см | Возраст дерева | Масса хвои на дереве, кг | Число кладок яиц на дер. | Среднее число яиц в одной кладке, шт | Численность яиц на дереве, шт | Плотность яиц на 100 г хвои | Заселенность насаждения |
|---------|-----------|-------------|--------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

7.7. Обратный биномиальный учет

При обследовании очагов златогузки для сокращения объёма работ применяется обратный биномиальный учет зимующих гнезд гусениц. Для того, чтобы воспользоваться предложенным методом, необходимо в участке насаждения проанализировать 25 деревьев. Крону дерева осматривают глазомерно. Если на дереве обнаружено хотя бы одно гнездо, учет прекращают и приступают к анализу следующего дерева. После анализа 25-ти деревьев вычисляют долю заселенных деревьев и далее, используя рис. 42, определяют среднюю численность гнезд на дереве.

Например, из 25-ти осмотренных деревьев 8 оказались с гнездами златогузки. Таким образом, доля заселенных деревьев равна:

$$\frac{8}{25} = 0.32$$

Используя рис. 42, находим, что средняя численность гнезд на дерево составляет 0.6. Результаты учета заносят в форму 11.



Рис. 42. Обратный биномиальный учет гнезд гусениц златогузки

Обратный биномиальный учет гнезд гусениц златогузки
Лесхоз _____ Лесничество _____ Дата _____

| Участок | Кв., вид. | Площадь, га | Средний диаметр дерева, см | Масса листвы на дереве, кг | Среднее число гнезд гусениц на дереве | Среднее число гусениц в одном гнезде | Численность гусениц на дереве | Плотность гусениц на 100 г сырой листвы | Процент повреждения на следующий год | Примечание |
|---------|-----------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

8. УЧЕТ СТВОЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА

К стволовым вредителям леса относятся насекомые из семейств: короеды (*Scolytidae*), усачи (*Cerambycidae*), златки (*Buprestidae*), долгоносики (*Curculionidae*), рогохвосты (*Siricidae*), древоточцы (*Cossidae*), стеклянницы (*Sesiidae*), а также некоторых других. Их главной биологической особенностью является скрытое обитание внутри тканей древесных растений, поэтому они могут успешно поселяться и размножаться только на ослабленных в той или иной степени деревьях, что послужило основанием считать их "вторичными" вредителями. Однако некоторые виды способны поселяться на вполне жизнеспособных деревьях или деревьях с частичной утратой устойчивости и приводить их к гибели. Такие виды относятся к группам "физиологических" и "собственно вторичных", имеющих наибольшее хозяйственное значение и подлежащих первоочередному надзору и учету.

Согласно Наставлению по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей леса (1975) учет численности и состояния популяций наиболее опасных видов стволовых вредителей целесообразно осуществлять лишь в особо крупных очагах (более 100 га), на особо ценных участках насаждений и в других ответственных случаях. В остальных случаях ограничиваются учетом состояния насаждений с указанием их заселенности вредителями важнейших видов.

Поселения стволовых вредителей обычно приурочены к одному из основных экологических районов на стволе дерева – району толстой или тонкой коры. Так, например, для большого соснового лубоеда (*Blastophagus piniperda*) типичным районом поселения на стволе сосны является толстая кора, для малого соснового лубоеда (*Blastophagus minor*) – тонкая кора. Неполное использование видом своего типичного района поселения на дереве свидетельствует о его малочисленности или о неблагоприятных условиях для развития. Если помимо типичного, заселяется еще и смежный район поселения, это говорит об избыточной численности вредителя и хороших условиях размножения.

Ряд видов стволовых вредителей (например: усачи рода *Monochamus*, короед-типограф (*Ips typographic*) и др.) используют для поселения весь или почти весь ствол, однако степень его использования так же является показателем размножения вида.

Последовательность заселения дерева насекомыми и сложения ими экологических группировок (начальной, промежуточной, окончательной) зависит от типа ослабления или отмирания дерева, наличия в лесу вида вредителя, времени ослабления дерева ([см. раздел 8.2](#)). При учете на дереве всего комплекса видов поселившихся насекомых следует выделять виды-первопоселенцы, имеющие наибольшее значение. Путем анализа последовательности заселения дерева отдельными видами насекомых определяют тип его ослабления и отмирания, что необходимо учитывать при назначении лесозащитных мероприятий и сроков их проведения.

Конкретные способы учета стволовых вредителей на дереве обусловлены неравномерностью их распределения по стволу, вызванной изменчивостью характера коры по высоте ствола, экологическими требованиями вида, прочими условиями.

Так, например, кривая распределения по стволу поселений малого соснового лубоеда относительно пологая, а по продукции молодых жуков – выпуклая. Максимум плотности поселения данного лубоеда приходится примерно на середину района его поселения, а выход молодых жуков – на 0.7...0.8 относительной высоты района поселения (Н). В оптимальной зоне показатель плотности поселения превышает его среднее значение в 1.26 раза, продукции – в 1.42 раза. У большого соснового лубоеда распределение по стволу сосны иное: максимум плотности поселения наблюдается в комлевой части ствола, где он в 1.6 раза превышает среднее значение. У черного соснового усача (*Monochamus galloprovincialis*) максимум плотности поселения приходится на 0.3 Н, где его значение в 1.59 раза выше среднего. Распределение поселений короеда типографа по стволу дерева описывается параболой второго порядка, а максимум плотности поселения приходится на 0.5...0.6 Н, среднее значение этого показателя – на 0.7 Н. На ветровальной ели криволинейный характер распределения поселений типографа менее выражен.

Неравномерное распределение насекомых наблюдается и по окружности ствола, что приводит к необходимости вести учет вредителей на кольцевых палетках. Их длина по стволу дерева оптимизирована с учетом длины маточных ходов короедов, числа поселений и др.

Высокая степень изменчивости плотности поселения и продукции наблюдается и между деревьями, что вызывает необходимость увеличения числа модельных деревьев.

Распределение заселенных стволовыми вредителями деревьев в насаждении зависит от многих причин. Наиболее характерно групповое, куртинное, сплошное и дисперсное распределение. Объем выборки деревьев при закладке временных и постоянных пробных площадей должен учитывать эти особенности.

При решении большинства производственных задач достаточна точность учета, равная ± 20

%, в необходимых случаях ее можно повысить до ± 10 %.

8.1. Общий порядок анализа модельного дерева

Модельное дерево выбирают из числа заселенных или отработанных стволовыми вредителями, среднее по размерам и типичное по состоянию для данного очага. Отмечают его категорию состояния, класс развития по Крафту, состояние кроны, коры и корневых лап, наличие плодов дереворазрушающих грибов и других патологических изменений, измеряют диаметр на высоте груди (см). Затем дерево срубают, очищают от сучьев, определяют возраст дерева и наличие гнили на пне. Проводят разметку ствола мелом по метровым или двухметровым отрезкам, измеряют общую высоту (м) и протяженность толстой и тонкой коры. При необходимости измеряют диаметр (см) на половине высоты и разделяют ствол на сортименты или отрезки.

Вдоль ствола топором или ножом делают пролыску шириной около 10 см, устанавливая виды поселившихся вредных насекомых, отмечают стадию (фазу) их развития. Для важнейших видов определяют районы поселения, измеряют их протяженность (м) и сопоставляют с протяженностью типичного (оптимального) для каждого вида района поселения.

С учетом стадий, или фазы развития вредителей, периодов их лёта, а также состояния дерева определяют последовательность его заселения, причину и тип ослабления и отмирания.

Избрав оптимальную схему и конкретный способ учета, на стволе размещают учетные палетки, на которых до вскрытия коры подсчитывают лётные отверстия насекомых, отмечают поврежденность коры птицами, а после её вскрытия – число брачных камер, маточных ходов короедов, личинок усачей и других насекомых, уходы личинок усачей в древесину. Если вредители не вылетели, подсчитывают число молодых жуков, куколок; устанавливают пораженность вредителей паразитами, болезнями; подсчитывают число хищных насекомых.

На каждой из палеток измеряют длину маточных ходов короедов. Общее число измерений на дерево должно составить не менее 15.

Далее рассчитывают важнейшие показатели размножения вредных насекомых: в среднем на дерево, на пробную площадь или 1 га ([см. раздел 1](#)). Результаты анализа и расчета последовательно заносят в ведомости.

8.2. Выборочный метод учета на дереве

Оптимальную схему учета стволовых вредителей на модельном дереве выбирают с учетом длины района поселения, плотности поселения насекомых и необходимой точности учета (табл. 11). Местонахождение учетных палеток на стволе указано в табл. 12. Рекомендуемый размер круговых палеток при учете сосновых лубоедов, короеда-типографа и аналогичных им видов насекомых – 15 см; усачей, златок, смолевок и др. – 25 см. При низкой плотности поселения, когда не набирается указанное выше число поселений, размер палетки по длине ствола, соответственно, увеличивается.

Таблица 11. Оптимальная схема учета стволовых вредителей

| Длина района поселения, м | Число палеток, шт. | Минимальное число маточных ходов (или иных объектов учета) на палетке, шт. |
|---|-----------------------|--|
| <i>Погрешность оценок ± 20 %</i> | | |
| До 1.5 | 1 (или сплошной учет) | - |
| 1.6...9.0 | 2 | 10 |
| Более 9.0 | 3 | 5 |
| <i>Погрешность оценок ± 10 %</i> | | |
| До 4.0 | 2 | 60 |
| 4.1...8.0 | 3 | 40 |
| 8.1...16.0 | 4 | 30 |
| Более 16.0 | 5 | 25 |

Таблица 12. Местонахождение центров палеток относительно начала района поселения

| Число палеток, шт. | Доля от длины района поселения, % | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----|------|-----|-----|
| | 0.2 | 0.8 | - | - | - |
| 2 | 0.2 | 0.8 | - | - | - |
| 3 | 0.15 | 0.5 | 0.85 | - | - |
| 4 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | - |
| 5 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 |

8.3. Упрощенные методы учета стволовых вредителей

Непосредственный подсчет числа брачных камер, маточных ходов короедов, иных показателей численности стволовых вредителей (площадок и уходов в древесину личинок усачей и т.п.) нередко бывает очень трудоемок и технически затруднен, особенно при очень высокой плотности поселения насекомых и после дополнительного питания молодых жуков в местах развития под корой. В этих случаях рекомендуется использовать методы упрощенного, или косвенного, учета плотности поселения насекомых методами пересечений, треугольников и иными.

Метод пересечений. При учете плотности поселения короедов с поперечными маточными ходами, например малого соснового лубоеда, с помощью мела, нитки, шнурка и т.п. на участке ствола со снятой корой в месте расположения учетной палетки прокладывают три продольных линии по 5 дм каждая, располагая их равномерно по заселенной части окружности ствола. Подсчитывают число пересеченных линиями маточных ходов и затем определяют среднее число пересечений на 1 пог. дм. Имея среднюю протяженность маточного хода, по номограмме определяют среднюю плотность маточных ходов на 1 дм².

При учете плотности поселения короедов с продольными маточными ходами (большой сосновый лубоед, короед-типограф и др.) проводят три линии по окружности заселенной части ствола, располагая их равномерно в пределах учетной палетки. Измеряют длину каждой линии, подсчитывают число пересеченных ими маточных ходов короеда и среднее число пересечений на 1 пог. дм.

Используя среднюю длину маточного хода, по номограмме определяют плотность маточных ходов короеда на 1 дм².

Метод треугольников основан на определении среднего расстояния между тремя ближайшими брачными камерами или маточными ходами (или центрами площадок, прогрызенных личинками усачей, уходов в древесину и т.п.), т.е. на измерении периметра треугольника, в вершинах которого находятся названные повреждения. Вычерчивать треугольники рекомендуется мелом, цветным карандашом и т.п. В каждой учетной палетке на стволе измеряется (мм) периметр 5-ти треугольников, расположенных относительно равномерно по окружности заселенной части ствола. По среднему из всех измерений с помощью номограммы определяют плотность поселения вредителей на 1 дм².

Этот метод целесообразно применять при учете мелких видов короедов, имеющих звездообразную систему ходов (гравер, вершинный и т.п.).

На лежащих деревьях, когда не все входные отверстия простых маточных ходов ориентированы к комлевой части ствола, следует измерять расстояние между серединами маточных ходов.

Учет короедов по входным и лётным отверстиям. На предварительно ограниченной учетной палетке без вскрытия коры подсчитывают число входных отверстий короедов, которые обычно расположены в трещинах коры. Количество жуков (самцов и самок) на палетке получают, умножая число входных отверстий на число жуков-родителей в семье: у короедов-моногамов (большой и малый сосновые лубоеды) – 2.0; короед-типограф – 3.0. Для других видов рекомендуется рассчитывать половой индекс, проанализировав 100 семей. Плотность поселения родительского поколения рассчитывают, разделив число жуков на палетке на её площадь.

Данный метод используют в том случае, если хорошо видны входные отверстия короедов и все поселения жуков оказались удачными. Подсчитав число лётных отверстий молодых жуков, чаще расположенных открыто на поверхности коры, получаем продукцию (с учетом площади палетки). Далее можно рассчитывать энергию размножения, разделив показатель продукции на число жуков-родителей.

Учет повреждений деревьев при дополнительном питании усачей рода *Monochamus*. Для оценки степени повреждения крон деревьев пихты сибирской, аянской, других хвойных пород подбирают и срубают 3 средних по размерам и по степени усыхания кроны (при наличии этого признака) модельных дерева. Крону дерева размечают по высоте на 3 части – нижнюю, среднюю и верхнюю. В каждой части подсчитывают число ветвей (сучьев) и в качестве модельных берут по одной средней по размерам и степени усыхания хвои.

На каждой модельной ветви подсчитывают число ветвей второго, третьего и т.п. порядка, на которых учитывают число погрызов коры жуками усача, окольцовывающих в той или иной степени эти ветви. Отдельно учитывают число ветвей (веточек, побегов), усохших от погрызов усача. Результаты учета пересчитывают на число ветвей в каждой части кроны и на все дерево.

При оценке степени воздействия усача на жизнеспособность поврежденных ими при дополнительном питании деревьев имеют в виду, что пихта может подвергнуться заселению этим же усачом и другими видами стволовых вредителей уже при усыхании 60 % ветвей кроны, кедр – 80...100 %. При одновременной дефолиации крон деревьев гусеницами хвоегрызущих насекомых,

поражении (ослаблении) деревьев напленными и стволовыми гнилями или по другим причинам указанные критические степени повреждения усачом крон деревьев могут существенно снизиться.

8.4. Учет стволовых вредителей в насаждении

Учет стволовых вредителей в насаждении заключается в оценке степени заселенности древостоя этими насекомыми, а в случае необходимости также в оценке их численности в пересчете на 1 дерево или 1 га очага.

Заселенность древостоя стволовыми вредителями определяют путем осмотра деревьев при их перечеке на временных или постоянных пробных площадях.

Временная пробная площадь, в зависимости от равномерности (характера) повреждения или ослабления древостоя, может быть ленточной, шириной 10 м, или прямоугольной, или в виде круговых площадок, а в случаях, когда нет необходимости перечека данных на 1 га очага - безразмерной, т.е. в виде перечека по непровешенной ходовой линии. Число деревьев, подлежащих учету на пробе, зависит от величины отпада и требуемой точности учета. Для достижения точности, равной $\pm 20\%$, и при величине отпада до 10% учету подлежат не менее 150 деревьев, при большей величине отпада – 100 деревьев.

На постоянных пробных площадях, обычно имеющих прямоугольную форму или заложенных в виде 3...5 круговых площадок радиусом до 20 м, учитывается не менее 150 деревьев.

В смешанных насаждениях на временной пробной площади число деревьев главной породы должно быть не менее 80 шт., на постоянной – не менее 120.

При работе в очагах стволовых вредителей целесообразно учитывать состояние деревьев в соответствии с Санитарными правилами в лесах Российской Федерации.

При невозможности путем осмотра снизу определить заселенность деревьев в кроне и верхней части ствола срубают 1...3 контрольных дерева.

Число заселенных (отработанных) стволовыми вредителями деревьев по каждой категории состояния определяют (шт. и % на пробную площадь), а затем – на 1 га очага. Результаты перечека заносят в соответствующую ведомость.

Для характеристики очагов одного типа общее число пробных площадей должно быть не менее 3...5 шт.

На пробной площади рекомендуется анализировать не менее 3...5 модельных деревьев, а в очагах – не менее 15...20. Показатели численности стволовых вредителей следует определять как средневзвешенные величины. Порядок анализа модельных деревьев изложен в [разделе 8.1](#). Модельные деревья необходимо отбирать из числа заселенных (отработанных), они должны быть средние по размерам и типичные по состоянию для данного очага. Как правило модельные деревья отбирают вне пробной площади.

Учет численности большого соснового лубоеда на зимовке проводят осенью – с конца сентября до устойчивого снегового покрова. На пробной площади внимательно осматривают нижнюю часть стволов сосен в районе корневой шейки и корневые лапы. Деревья подразделяют на 2 категории: с зимовками лубоеда, т.е. со свежими смоляными воронками, свидетельствующими о наличии зимующих жуков, и без зимовки. Из числа деревьев с зимовками вскрывают все смоляные воронки у 3-5 модельных деревьев при точности $\pm 20\%$ и 5... 10 шт. – при точности $\pm 10\%$. Определяют абсолютное число всех зимующих жуков, их жизнеспособность, а при необходимости – их половой индекс, зараженность паразитами и т.п.

По данным этого учета рассчитывают запас зимующих жуков на 1 га насаждения:

$$P_{\text{га}} = \frac{P_{\text{зим}} \times D_{\text{зим}}}{n \times S_{\text{пр}}}$$

где:

$P_{\text{зим}}$ – сумма зимующих жуков на модельных деревьях, шт.;

$D_{\text{зим}}$ – число деревьев на пробе с зимовками жуков, шт.;

n – число модельных деревьев, шт.;

$S_{\text{пр}}$ – площадь пробы, га.

Учет сосновых лубоедов по интенсивности их дополнительного питания. Метод основан на учете опавших на подстилку или поверхность почвы побегов сосны, поврежденных сосновыми лубоедами при дополнительном питании. Учет проводится поздней осенью, после опадения побегов на землю, но до выпадения снега. При этом подсчитывают число опавших побегов на 3...5 площадках размером 1 м^2 каждая, затем определяют среднее число побегов на 1 м^2 .

Одновременно дают визуальную оценку числа опавших побегов (единично, повсеместно, много, очень много) и по обоим показателям с помощью данных табл. 13 устанавливают ориентировочный запас молодого поколения короедов на 1 га насаждения. Численность жуков можно устанавливать только по визуальной оценке числа опавших побегов.

Для достижения точности учета $\pm 10\%$ необходимо учесть опавшие побеги сосны на 20...25 площадках размером 1 x 1 м, для точности $\pm 20\%$ – на 5...12 площадках того же размера.

Таблица 13. Придержки для оценки численности сосновых лубоедов в насаждении по интенсивности дополнительного питания

| Среднее число побегов на 1 м ² | Визуальная оценка числа побегов | Численность молодого поколения жуков | Запас жуков на 1 га (абсолютная численность), тыс. шт. |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| До 2 | Единично | Нормальная | До 5.0 |
| 3...5 | Повсеместно | Повышенная | 10.0...20.0 |
| 6...10 | Много | Высокая | 25.0...40.0 |
| Более 10 | Очень много | Угрожающая | 150.0 и более |

8.5. Учет специфичных видов стволовых вредителей

Учет большого елового лубоеда, или дендроктона, проводят в зависимости от характера заселения им деревьев кормовой породы. На ели возможен сплошной учет поселений лубоеда по свежим смоляным воронкам, приуроченным обычно к каким-либо дефектам на стволе (механические повреждения, пасынки, разветвление ствола и т.п.) от комлевой части и выше, в пределах районах поселения.

На сосне так же возможен сплошной учет лубоеда по свежим смоляным воронкам, чаще расположенным у корневой шейки ствола, и на корневых лапах ниже поверхности подстилки.

По окончании учета необходимо вскрыть 3...5 ходов лубоеда, чтобы уточнить успешность его поселения, наличие под корой кладок яиц, личинок, куколок и жуков вредителя.

Общее число модельных деревьев – не менее 3 шт. на пробу.

Учет численности древесницы въедливой (*Zeuzera pyrina*) и древоточца пахучего (*Cossus cossus*) проводится по экзувиям, приходящимся в среднем на одно дерево, или по числу заселенных побегов, отличающихся увяданием и наличием буровой муки у развилки ветвей. Для более точного учета древесницы раскалывают 2-метровые отрубки комлевой части стволов не менее чем у 3-х деревьев.

При учете заселенности тополей большой тополевой стеклянницей (*Aegeria apiformis*) и большим тополевым усачом (*Saperda carcharias*) раскалывают 1.5-метровые отрубки комлевой части стволов и верхние корни деревьев, которых берут не менее 3 шт.

Заселенность тополей темнокрылой стеклянницей (*Sciapteron tabaniformis*) и малым тополевым усачом (*Saperda populnea*) определяют подсчетом галлов на ветвях и стволах не менее чем у 10 растений.

Поселения тополевого скрытнохоботника (*Cryptorrhynchus lapathi*) учитывают не менее чем на 3 моделях, раскалывая 0.5-метровые отрубки стволиков.

Полученные данные о числе поселений вредителя в соответствующей фазе развития, пораженности энтомофагами, болезнями пересчитывают в среднем на одно дерево.

8.6. Оценка результатов учета

При ведении учетных работ на временных и постоянных пробных площадях, помимо оценки результатов учета популяций стволовых вредителей, дается общая характеристика очага размножения этих насекомых – время и причина ослабления насаждения, а также тип и фазы развития очага.

При определении типа очага исходят из того, что эпизодический очаг размножения стволовых вредителей обычно возникает при одновременном сильном ослаблении (повреждении) древостоя (например: пожаром, ураганным ветром и т.п.). Хроническое размножение стволовых вредителей происходит в результате многолетнего (хронического) ослабления или повреждения древостоя (например: корневой губкой, промышленными эмиссиями и т.п.). Размножение насекомых в хронических очагах отличается невысокой амплитудой колебания численности, но имеет многолетний устойчивый характер. В Наставлении по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей, а также в других пособиях описаны особенности размножения стволовых вредителей в насаждениях, ослабленных или поврежденных всеми основными видами

патологии, что поможет определить тип очага и наметить лесозащитные меры.

Независимо от типа очага размножение насекомых проходит 3 основные фазы: 1) начальная, или роста численности; 2) максимальной численности, или собственно вспышки; 3) кризиса. Каждая из этих фаз, соответственно типу очага, связана с изменением показателей состояния насаждений, т.е. динамикой древесного опада, а именно: количества заселенных, свежеработанных деревьев, старого сухостоя, а также динамикой всех основных показателей размножения насекомых.

9. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ОЧАГАХ БОЛЕЗНЕЙ

9.1. Мониторинг болезней в питомниках и молодняках

Молодые растения в питомниках, культурах, на вырубках, под пологом леса наиболее восприимчивы к воздействию неблагоприятных антропогенных и естественных факторов внешней среды, в том числе к инфекционным болезням. Отличия комплексов болезней, сформировавшихся в указанных эколого-производственных объектах, определяются наличием в них растений разных возрастных категорий и особенностями условий их произрастания.

Для всходов хвойных и лиственных пород специфическим и наиболее опасным заболеванием является полегание. Большой вред сеянцам и самосеву хвойных пород наносят обыкновенное и снежное шютте сосны, ржавчина побегов сосны, шютте лиственницы, "зонтичная болезнь" (побеговый рак, склеродерриоз) сосны. С возрастом вредоносность болезней хвои (за исключением, например, шютте ели) снижается, но более широкое распространение приобретают некрозно-раковые болезни стволиков и ветвей. Опасными для хвойных пород в культурах являются ступенчатый рак лиственницы, побеговый рак сосны. Многие лиственные породы этой возрастной категории страдают от цитоспороза, на липе и вязе сильно распространено инфекционное усыхание (стигми-Н1юз, тиростромоз).

Все указанные болезни вызывают ослабление и гибель растений, снижают их устойчивость к другим болезням и вредным насекомым. Многие из них (полегание, болезни типа шютте, побеговый рак, цитоспороз, инфекционное усыхание липы и вяза) часто принимают характер эпифитотий, следствием чего является снижение выхода стандартного посадочного материала в питомниках, ухудшение состояния культур и повышение вероятности развития в них очагов стволовых насекомых. Высокая эффективность контроля за болезнями леса может быть достигнута при знании диагностических признаков болезней.

Сроки надзора за болезнями зависят от времени проявления их характерных симптомов на растениях и особенностей развития, связанных с условиями внешней среды. При осуществлении надзора в другие сроки могут быть допущены ошибки в диагнозе, которые приведут к неоправданным затратам денежных средств на проведение лесозащитных мероприятий.

Надзор за **полеганием** проводится с момента появления полных всходов, когда в посевных строчках хорошо видны пустоты, характерные для поражения семян и проростков (довсходовая форма болезни). В это же время появляются очажки полегших, усыхающих и усохших всходов, которые легко извлекаются из земли с обнаженным осевым цилиндром корня (рис. 43). Если указанные признаки инфекционного полегания выражены нечетко, необходимо провести лабораторный анализ всходов с использованием влажной камеры.

Очаги полегания при благоприятных для возбудителей условиях распространяются очень быстро, поэтому необходимо сделать несколько учетов: сразу после появления полных всходов и еще два с интервалом 7...10 сут в зависимости от погодных условий.

Признаки **обыкновенного шютте** сосны обнаруживаются после схода снега по красно-бурой хвое, которая в этот период часто бывает покрыта многочисленными мелкими темными пикнидами возбудителей (рис. 44). Однако характерный признак болезни – апотеции (черные, овальные, выпуклые плодовые тела) появляются только в начале июля. В связи



Рис. 43. Посевы сосны, пораженные полеганием



Рис. 44. Очаг обыкновенного шютте в 3-летних посевах сосны



Рис. 45. Снежное шютте сосны (*Phacidium infestans*): вид пораженного подростка в конце лета

с этим надзор проводят весной и в середине лета.

Надзор за **снежным шютте сосны** осуществляется ранней весной и осенью, что связано с изменением признаков болезни в этот период времени. Весной, сразу после схода снега, пораженная хвоя покрыта плотными белыми или серовато-белыми пленками мицелия, которые являются характерным, но быстро исчезающим симптомом. После разрушения мицелия и до конца лета – начала осени диагностика болезни может быть затруднена. В конце лета – начале осени проявляются главные признаки болезни, которые выражаются в пепельно-серой окраске хвои и наличии на ней зрелых апотециев (рис. 45).

Надзор за **ржавчиной побегов сосны** (сосновым вертуном) в питомниках лучше проводить в конце мая – начале июня, когда на стволиках сеянцев, а нередко и на всходах,

образуются спороношения возбудителя – эции, имеющие вид хорошо заметных желто-оранжевых овальных подушечек.

В культурах болезнь обнаруживается по искривлению и усыханию побегов, наличию на них язвочек, оставшихся после разрушения эциев. Эти признаки обнаруживаются с лета до осени, в связи с чем надзор в культурах рекомендуется осуществлять в конце лета.

Шютте лиственницы (мериоз) проявляется через 10...14 сут после полного охвоения и распространяется в течение всего лета. В связи с этим надзор за болезнью рекомендуется проводить в три срока: после распускания почек, в середине и в конце лета. Однако следует учитывать, что видимые признаки болезни (пожелтение или покраснение хвои) не являются специфическими для нее и могут быть вызваны различными причинами. Характерным симптомом являются спороношения возбудителя, которые можно заметить на хвое после ее погружения в раствор марганцово-кислого калия.

Надзор за **побеговым раком (склеродерриоз, "зонтичная болезнь")** в питомниках рекомендуется проводить весной, сразу после схода снега. В этот период хвоя пораженных сеянцев приобретает желто-зеленую окраску, повисает "зонтиком" и легко опадает при прикосновении. В культурах признаки болезни (деформация побегов и хвои, наличие на стволиках некрозов или ран и спороношений возбудителя) обнаруживаются в разные сезонные периоды, поэтому надзор проводят в удобное время с весны до осени.

Признаки **ступенчатого рака лиственницы** (некрозы, раны, плодовые тела) обнаруживаются в любое время года, поэтому надзор за болезнью рекомендуется проводить с момента распускания почек до опадения хвои.

Надзор за инфекционным усыханием липы (стигминиозом, тиростромозом) в питомниках лучше проводить весной, когда на пораженных прошлогодних побегах хорошо видны черные бархатистые подушечки спороношений возбудителя. В лесных и городских насаждениях, для которых характерными признаками поражения являются многочисленные пучки усохших прошлогодних водяных побегов и побегов текущего года с очень крупными листьями, а также некрозы и раны на стволах и ветвях, надзор проводят в период с распускания листьев до их опадения.

Надзор за **цитоспорозом тополя** рекомендуется проводить весной, после распускания листьев, и в конце лета, когда наиболее четко проявляется характерный признак болезни – золотисто-оранжевые капли, усики или спиральки склеенных слизью спор на стволах и ветвях.

Перед проведением обследования питомников подробно знакомятся с материалами, характеризующими хозяйство питомника. Затем проводят осмотр и составляют план питомника, отмечая его удаленность от стен леса, размещение посевов и посадок разных лет и пород, наличие площадей под черным паром, травами и прочее.

При рекогносцировочном обследовании визуально определяют степень отпада и ослабления сеянцев на посевных площадях, причины этого, типы болезней и повреждений сеянцев. Участки, где обнаружены поражения сеянцев болезнями, отмечают на плане. Если вид возбудителя болезни в полевых условиях определить невозможно, то берут образцы для лабораторного анализа.

Если по данным рекогносцировочного обследования пораженность посевов болезнями составляет выше 10 %, осуществляют их детальное обследование путем анализа состояния и

пораженности растений на пробных площадках. Они представляют собой 1 пог. м одной посевной строчки.

Для определения необходимого числа пробных площадок (n) на выделенном для обследования участке предварительно закладывают 6 пробных площадок, на которых проводят пересчет семян или всходов, подразделяя их на здоровые и больные, и определяют средний процент поражения болезнью (p). Далее проводят расчет по формуле:

$$n = \frac{t^2 \hat{p}(1 - \hat{p})}{m^2}$$

где:

n – необходимое число пробных площадок;

t – нормированное отклонение при соответствующих уровнях вероятности (обычно для полевых исследований он принимается 0.68, при этом значение нормированного отклонения равно 1);

\hat{p} – средний процент поражения растений, выраженный в долях единицы;

m – допустимая ошибка в процентах или долях единицы.

Пробные площадки размещают равномерно по участку, по двум его диагоналям или случайной выборкой с использованием таблицы случайных чисел. В последнем варианте каждую из двух условно выровненных сторон обследуемого участка разбивают на 100 частей и используют как координатные оси. Выбранные пары случайных чисел отмеряют по двум сторонам участка и по этим координатам выбирают места расположения пробных площадок.

Методика анализа выборочных единиц зависит от вида болезни и формы ее проявления.

Полегание всходов. В ленточных и грядковых посевах закладывают учетные площадки на одной средней строчке и на них проводят пересчет всходов с подразделением на здоровые и больные. При необходимости проводят учет погибших семян и проростков путем раскопки пустот в посевных строчках. Для установления причин гибели семян применяют метод влажной камеры.

Болезни хвои (шютте и другие). На пробных площадках проводят пересчет семян с указанием категории их состояния, а у больных – степени пораженности хвои. По состоянию выделяют три категории: без признаков ослабления, усыхающие, усохшие. Степень пораженности хвои оценивают по 3-балльной шкале: 1 балл – поражено до 25 % хвои, 2 балла – 26...50, 3 балла – более 50 %.

Ржавчина побегов сосны (сосновый вертун). При учете выделяют указанные выше категории состояния семян, отмечают число не пораженных и пораженных болезнью.

Сразу после обследования питомника в лабораторных условиях проводят определение возбудителей тех болезней, диагноз которых не удалось установить в полевых условиях. Для этого пользуются имеющейся справочной литературой, пособиями и определителями. При затруднении постановки диагноза по внешним признакам вид возбудителя и болезни устанавливают с помощью микроскопирования спораношений. В некоторых случаях применяют метод влажной камеры. Чаще всего этот метод используют с целью определения инфекционного полегания.

По результатам детального обследования определяют распространенность болезни, т. е. количество пораженных растений в однородном сообществе:

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

где:

P – распространенность болезни, %;

N – общее количество учетных растений;

n – количество пораженных растений.

Для характеристики усредненной степени пораженности участка вычисляют развитие болезни по формуле:

$$R = \frac{\sum(ab) 100}{nk},$$

где:

R – развитие болезни, %;

$\sum(ab)$ – сумма произведения числа больных растений (a) на соответствующий балл пораженности (b);

n – общее количество учетных растений;

k – высший балл учета принятой шкалы.

Для болезней хвой вычисляют средний балл поражения по формуле:

$$\text{СПБ} = \frac{\sum ab}{n},$$

где:

СПБ – средний балл поражения;

$\sum ab$ – сумма произведения числа растений на соответствующий балл пораженности;

n – общее число растений.

На основании полученных данных делают вывод о степени распространенности болезней в питомнике, их вредности, необходимости защитных мероприятий, и дают рекомендации по выбору наиболее эффективных методов, средств и сроков борьбы.

Рекогносцировочный надзор за болезнями в культурах и молодняках осуществляют на специально отмеченных участках, где есть или предполагается наличие очагов болезней. Их наносят на схематическую карту или в специальную ведомость. При этом визуально устанавливают причины ослабления и усыхания растений, оценивают общее состояние культур, степень распространенности болезней.

Для детального обследования закладывают пробные площади размером 0.1 га или безразмерные, но с таким расчетом, чтобы в пересчет вошло не менее 100 растений. Категории состояния деревьев при пересчете соответствуют Санитарным правилам в лесах России. При этом деревья каждой категории подразделяют на не пораженные и пораженные болезнями, по каждому виду болезни пересчет ведут отдельно, путем "точкования" в особой горизонтальной строке. При пересчете в молодых культурах (I класс возраста) диаметр ствола не измеряют.

Для выяснения степени влияния основных видов болезней на рост деревьев на пробе проводят детальный анализ 10 пораженных (из разных категорий состояния) и 10 здоровых деревьев с измерением прироста по высоте за последние 3...5 лет.

Методика анализа растений на пробных площадях зависит от вида болезни и формы ее проявления.

Болезни хвой (шютте и другие). Оценку степени пораженности кроны проводят по 5-балльной шкале: 1 балл – поражено до 10 % хвой; 2 – до 20; 3 – до 50; 4 – до 75; 5 баллов – поражено более 75 % хвой.

При учете пораженности **снежным шютте** в примечании отмечают давность пораженности хвой. Свежепораженная хвоя имеет серовато-бежевую окраску и хорошо удерживается на побеге. Хвоя, пораженная в предшествующий год, имеет пепельно-серую окраску, она очень ломкая, при прикосновении легко осыпается. Это необходимо знать при оценке состояния очага болезни.

При оценке состояния сосен, пораженных **ржавчиной побегов**, отмечают вид пораженных побегов (верхушечного, боковых), число боковых побегов с признаками болезни и ярус кроны, где они встречаются (верхний, средний и нижний), а также состояние пораженных побегов, если в период обследования имеются четкие признаки разной степени их состояния (пораженные, но сохранившие первоначальную форму, искривленные, усохшие и т. п.).

При учете лиственницы, пораженной **ступенчатым раком**, определяют количество больных растений, отмечают наличие некрозов и ран на стволиках и ветвях, ярус кроны, где они встречаются, наличие плодовых тел возбудителя.

В очагах **инфекционного усыхания (стигминиоза, тиростромоза)** липы и вяза устанавливают количество больных растений, отмечают наличие некрозов и ран на стволиках и ветвях, долю (%) усохших побегов со споро-ношениями возбудителя.

В очагах цитоспороза, кроме количества пораженных растений, отмечают наличие на стволиках и ветвях свежих спороносений, имеющих вид золотисто-желтых капель, усиков, спиралек.

После обследования культур в лабораторных условиях проводят идентификацию тех болезней, диагностика которых в полевых условиях вызвала затруднения. При этом используют методы, описанные выше.

По результатам детального обследования составляют таблицы, характеризующие состояние культур и видовой состав болезней, их распространение и вредность, делают вывод о состоянии и пораженности культур различными болезнями и анализируют другие причины усыхания (неправильная посадка, повреждения насекомыми, механические повреждения при уходе за культурами и др.), сопоставляют состояние деревьев и их пораженность.

По результатам измерения прироста за последние 3...5 лет у деревьев разных категорий состояния строят графики, и делают выводы о динамике прироста за эти годы, влиянии болезней и вредителей на рост культур. При наличии нескольких пробных площадей сравнивают данные о состоянии и пораженности культур разного возраста, состава, густоты, произрастающих в

различных лесорастительных условиях. На основании полученных данных определяют целесообразность борьбы, методы, средства, сроки и объем работ.

Прогноз развития болезней подробно описан в справочнике "Болезни древесных растений" (ВНИИЛМ, 2004).

9.2. Мониторинг очагов болезней в насаждениях

Сосудистые и некрозно-раковые болезни стволов и ветвей. В лесных насаждениях широко распространенными и опасными являются сосудистые и некрозно-раковые болезни стволов и ветвей, вызываемые грибами. Возбудители этих болезней отличаются патогенностью, образом жизни, способом проникновения в ткани дерева и характером распространения в них, что определяет разную степень причиняемого ими вреда. Последствия поражения сосудистыми и некрозно-раковыми болезнями выражаются в ослаблении, суховершинности, частичной сухо-кронности, гибели отдельных деревьев, а нередко – целых насаждений. Наибольшую опасность для насаждений представляют болезни, которые могут принимать характер эпифитотий, сопровождающихся массовым поражением и гибелью растений на больших площадях. К ним относятся сосудистые болезни (голландская болезнь ильмовых пород, сосудистый микоз дуба, вертициллезное усыхание или вилт клена), цитоспороз тополя, инфекционное усыхание (стигминиоз, тиростромоз) липы и вяза. В хвойных насаждениях большой ущерб наносят смоляной рак (серянка) сосны и ржавчинный рак пихты. Вред от сосудистых и некрозно-раковых болезней усугубляется тем, что в очагах этих болезней нередко возникают очаги опенка осеннего и стволовых насекомых, ускоряющих и довершающих усыхание насаждений. Знание диагностических признаков основных болезней стволов и ветвей является необходимым условием правильного осуществления контроля за ними.

Гнилевые болезни. Болезни этого типа поражают древесину корней, стволов и ветвей. Возбудителями гнилевых болезней являются дереворазрушающие грибы-ксилотрофы, большинство которых относится к афилло-фороидным и агарикоидным гименомицетам. Среди них преобладают виды, способные развиваться как в живой, так и в мертвой древесине, переходить с растущих деревьев на мертвые и наоборот. Большое количество ксилотрофов развивается только на мертвой древесине сухостоя, пней, валежнике.

Возбудители гнилей проникают в ткани дерева через различные повреждения стволов, ветвей и корней: обдиры, зарубки, затесы, ошмыги, раковые раны, морозобойные трещины, спилы или обломы сучьев, ожоги, повреждения копытными животными, насекомыми, грызунами. Заражение стволов осуществляется спорами возбудителей. Заражение корневыми гнилями чаще происходит посредством мицелия при контакте больных корней со здоровыми, реже – спорами возбудителей через раны.

Сроки и методы надзора за появлением и распространением основных болезней насаждений. Сроки надзора за болезнями в насаждениях определяются особенностями развития их возбудителей и проявления симптомов на взрослых деревьях. В насаждениях одни болезни достаточно легко обнаруживаются по внешним, хорошо видимым признакам: характер усыхания кроны, многолетние, часто достигающие больших размеров раны или опухоли, крупные плодовые тела и т.д. У других болезней характерными признаками являются спораношения возбудителей, хорошо видимые в лупу. В большинстве случаев признаки, необходимые для диагностики болезней, являются постоянными, развивающимися на деревьях в течение многих лет, поэтому надзор за ними возможен в течение всего вегетационного периода. У некоторых болезней характерные признаки проявляются в определенное время, по которому определяют сроки проведения надзора.

Надзор за сосудистыми болезнями следует проводить с июня до осени, когда происходит частичное или полное усыхание кроны. Надзор за смоляным раком (серянкой) сосны, ржавчинным раком пихты, стволовыми гнилями и корневой губкой проводят с весны до осени.

У возбудителей инфекционного усыхания липы (стигминиоза, тиростромоза) и цитоспороза тополя спораношения, служащие характерными признаками болезни, в массе образуются весной. Поэтому надзор за этими болезнями рекомендуется проводить после распускания листьев.

Надзор за опёнком осенним лучше проводить в августе-сентябре, когда у него происходит массовое образование плодовых тел.

В действующих или потенциальных очагах болезней в насаждениях рекогносцировочный и детальный надзоры осуществляют в соответствующие объектам надзора сроки.

Рекогносцировочный надзор проводят на участках, где выявлены очаги болезни или где они предположительно могут быть. При этом дают оценку биологической устойчивости насаждений, их санитарного состояния, распространения и видового состава болезней.

Поражённость сосудистыми и некрозно-раковыми болезнями устанавливают по усыханию кроны или отдельных ветвей, наличию на стволах и ветках некрозов, раковых образований (язвы,

ступенчатые и неступенчатые раны, опухоли), "ведьминых метел", смолотечении, экссудата, спороношений. Последние часто являются главными симптомами болезней. При наличии 10 % больных (повреждённых) деревьев заражённость считается слабой, от 10 до 30 % – средней, более 30 % – сильной. Все древостой с поражённостью (повреждённостью) свыше 10 %, если их площадь составляет более 0.1 га, отмечают на плане как очаги. Глазомерную оценку степени

усыхания и поражения периодически проверяют путем проведения осмотра и перечёта 20...50 деревьев, выбранных в случайном порядке.

Данные рекогносцировочного обследования используют при выборе участков для детального надзора и составления плана лесозащитных мероприятий.

Сосудистые болезни характеризуются поражением проводящей системы, что ведет к полному или частичному усыханию кроны. Сосудистые болезни протекают в острой или хронической форме. В первом случае усыхание происходит в течение одного вегетационного периода, месяца или нескольких дней. При хронической форме болезнь длится в течение 8... 10 лет. Внешние признаки сосудистых болезней (усыхание отдельных ветвей или внезапное усыхание всей кроны) не являются специфическими и могут быть следствием воздействия различных неблагоприятных факторов. В этом случае необходимо обнаружить характерные симптомы болезни, которые проявляются в потемнении сосудов или древесины, хорошо заметном на продольных и поперечных срезах ветвей и стволов.

Сосудистые болезни распространяются спорами возбудителей, переносчиками которых являются насекомые (чаще заболонники), порослью от больных пней и при контакте больных и здоровых корневых систем. В зависимости от способа распространения инфекции очаги сосудистых болезней могут быть диффузными или локальными.

При групповом распространении сосудистых болезней различают следующие типы очагов:

- **возникающий** – на площади выдела куртины поражения из 5...10 ослабленных, усыхающих и свежесохших деревьев;
- **действующий** – на площади выдела прогрессирующее усыхание, происходит накопление сухостоя;
- **затухающий** – на площади выдела интенсивность усыхания снижается, свежий сухостой единичен или отсутствует.

В очагах голландской болезни при перечёте на пробных площадях дополнительно отмечают форму проявления болезни (острая и хроническая).

В очагах сосудистого микоза дуба для определения объёма выборки при лесовосстановительных рубках поражённые болезнью деревья учитывают отдельно с целью установления степени распространения инфекции в стволах и корнях деревьев (табл. 14).

Таблица 14. Взаимосвязь распространения инфекции сосудистого микоза дуба по древесине с усыханием кроны (по Е.А. Крюковой)

| Возраст, лет | Степень усыхания кроны, % | Распространение инфекции |
|------------------|---------------------------|---|
| 10...20 | 25 | Не доходит до корня на 20...50 см |
| | 50 | Не доходит до корня на 10...20 см |
| | 75 | Поражает корни |
| | 100 | То же |
| 20...40 и старше | 25 | Доходит до середины ствола дерева |
| | 50 | Доходит до середины ствола дерева и ниже |
| | 75 | Не доходит до корней шейки на 20... 100 см, в отдельных местах проникает в корень |
| | 100 | Не доходит до корневой шейки на 10...20 см или поражает корни |

При перечёте на пробных площадях уточняют диагноз болезни путем анализа пробных деревьев. Для этого на стволах деревьев с усыхающими ветвями делают зарубки топором или ножом на глубину до 1 см, на которых видны тёмные тяжи.

Анализ модельных деревьев в очагах сосудистых болезней проводят с целью уточнения диагноза и степени распространения инфекции в древесине стволов и корней. Берут три модельных дерева из каждой категории состояния. После описания и рубки модельного дерева подробно исследуют ветви, ствол и корни, делая поперечные срезы и стёсывая кору и наружные слои древесины. При этом отмечают наличие потемневших (пораженных) сосудов и характер потемнения на поперечных срезах (в виде кольца, полукольца, отдельных пятнышек или точек). Кроме того, определяют долю пораженных корней.

Для определения заражённости корней анализируют корни диаметром более 1 см, зарубки делают от корневой шейки через каждые 10...20 см до центра корня. В живой части кроны осматривают 3 модельные ветви третьего порядка, где подсчитывают число погрызов при до-

полнительном питании заболонников на развилках тонких побегов, возле почек и листьев.

Раковые болезни представляют собой медленно протекающие поражения коры, луба, камбия, древесины. Патологический процесс может развиваться в течение нескольких десятков лет. Продолжительность усыхания деревьев зависит от скорости распространения мицелия и расположения ран (язв, опухолей) на стволах и ветвях. Раковые болезни чаще вызывают грибы и бактерии, реже – абиотические факторы. В зависимости от причин болезни и особенностей возбудителя очаги раковых болезней носят диффузный или локальный характер.

Раковые болезни имеют четко выраженные макроскопические признаки, что облегчает их диагностику.

В очагах раковых болезней, кроме обычного перечета на пробных площадях, отдельно проводят перечет пораженных раком деревьев, отмечая их диаметр, класс роста, состояние, заселенность дерева стволовыми вредителями. Указывают расположение раны на стволе (под кроной, в нижней или средней части кроны, на вершине), охват ею ствола (кольцевая, до 1/3, до 1/2 и более 1/2 окружности ствола), количество и румб ран. При наличии сухостоя определяют характер его распределения.

Анализ модельных деревьев проводят для уточнения диагноза болезни и влияния ее на состояние дерева. При этом отмечают характер новообразований (опухоль, ступенчатая рана, рана без явно выраженной ступенчатости, язва), наличие и характер спороношений, расположение раны на стволе; измеряют длину и ширину раны; подсчитывают число ран; определяют их румб.

Дополнительно получают сведения о возрасте ран и делают вывод о скорости их роста по длине и ширине. Возраст раны определяют путем разреза ствола через центральную ее часть и подсчета годовых слоев после начала образования раны. Затем рисуют схему анализируемого дерева, исследуют видовой состав, распределение по стволу и численность стволовых вредителей.

В очагах смоляного рака для установления вида возбудителя (однохозяйный или разнохозяйный) определяют наличие в травяном покрове промежуточных хозяев на площадках размером 1 x 1 м.

С той же целью определяют характер расположения пораженных деревьев в насаждении. При поражении однохозяйным грибом заражение происходит от дерева к дереву, поэтому больные деревья обычно располагаются группами (агрегативно). В очагах смоляного рака, вызванного разнохозяйным видом, больные деревья чаще располагаются рассеянно (случайно).

По результатам перечета на пробных площадях составляется таблица, по которой делают вывод о состоянии насаждений в очагах раковых болезней, уровне пораженности древостоя, заселенности стволовыми вредителями.

Распространение очагов корневых гнилей в насаждениях происходит при контакте корней больных и здоровых деревьев. В связи с этим поражение корневыми гнилями проявляется в образовании групп или куртин усохших деревьев. Наиболее распространенным и опасным возбудителем гнилей корней является корневая губка (*Heterobasidion annosum*). Она поражает различные хвойные породы, особенно от нее страдают сосна, ель, пихта. Развитие гнили у сосны, ели и пихты происходит по-разному, соответственно различен и характер очагов. В связи с этим обследование очагов корневой губки в сосняках и ельниках (или пихтарниках) имеет свои особенности.

Чаще всего корневая губка поражает чистые сосновые культуры, созданные на нелесных почвах. Естественные насаждения более устойчивы к болезни. В корнях развивается ядрово-заболонная гниль. В начальной стадии поражения древесина корней пропитывается смолой, приобретает красноватый оттенок, издаёт резкий скипидарный запах. Позже просмолённость исчезает, древесина приобретает равномерный желтый цвет. На последней стадии развития гнили поражённая древесина становится мочалистой, трухлявой. У сосны гниль чаще всего развивается в корнях, реже – проникает в ствол на небольшую высоту (не более 20 см). Образование ядрово-заболонной гнили в корнях приводит к их быстрому отмиранию и ослаблению деревьев, отличающихся укороченными побегами, ажурной кроной, бледной матовой хвоей. На корневой шейке и в пустотах под корнями образуются плодовые тела (базидиомы).

В сосновых насаждениях распространение корневой губки носит куртинный характер, в этом случае образуются локальные очаги. В центре очага вначале формируются куртины сухостоя, а после их выпадения – прогалины ("окна"), которые постепенно зарастают лиственными породами, кустарником и злаками. По периферии прогалин размещаются деревья с разной степенью ослабления. В зависимости от степени и динамики усыхания различают три категории локальных очагов корневой губки (табл. 15).

Таблица 15. Характеристика локальных очагов корневой губки

| Категория очага | Признак |
|-----------------|--|
| Возникающий | На территории выдела куртины поражения, состоящие из 5... 10 ослабленных усыхающих и усохших деревьев. |
| Действующий | На площади прогрессирует усыхание, происходит накопление сухостоя, появляются прогалины диаметром 5 м |
| Затухающий | На территории выдела сухостой текущего года отсутствует или единичен |

Тип очагов необходимо определять при планировании сроков и объёмов лесохозяйственных мероприятий.

В некоторых случаях при обследовании целесообразно выделять насаждения, в которых есть признаки поражения корневой губкой, но ослабление и усыхание деревьев не отмечается. Такие участки можно отнести к несформировавшимся очагам.

По данным рекогносцировочного обследования выбирают участки, где обнаружены участки корневых гнилей, даётся подробная характеристика насаждений и условий их произрастания. При осмотре участка делают предварительный вывод об общем состоянии древостоя и степени его заражённости корневой губкой. Для определения степени заражённости насаждений разного возраста пользуются следующими придержками (табл. 16).

Таблица 16. Категории степени поражённости сосняков корневой губкой

| Степень поражённости насаждений | Суммарная площадь очагов, % от площади выдела, по возрастным группам насаждений | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------|
| | до 20 лет | с 21 до 50 лет | более 50 лет |
| Слабая | До 5 | До 10 | До 15 |
| Средняя | 6...15 | 11...25 | 16...33 |
| Сильная | 16 и более | 26 и более | 34 и более |

В локальных очагах при наличии групп, куртин сухостоя и "окон" проводят их картирование. Местоположение "окон", групп сухостоя и усыхающих деревьев наносят на план участка. Площадь выделенных очагов измеряют с помощью шагомера или мерной ленты.

Состояние насаждений и степень развития (категорию) очага определяют на пробных площадях путём перечёта деревьев по категориям состояния, ступеням толщины с выделением заселённых и обработанных стволовыми вредителями деревьев.

При наличии групп, куртин сухостоя или "окон" перечёт ведут отдельно в очаге, в 5-метровой зоне вокруг очага и вне него. Все деревья при перечёте подразделяют на заселённые, обработанные и незаселённые стволовыми вредителями.

Кроме того, раскапывают корневую систему и определяют степень поражённости корней (в процентах), отмечают стадию гнили в пнях, наличие базидиом или других признаков (плёнки, смоляные желваки, и т.д.). Для уточнения диагноза проводят лабораторный анализ образцов поражённых корней с использованием влажной камеры. Для закладки во влажную камеру стерильным ножом или скальпелем из более глубоких слоев вырезают небольшие кусочки древесины и выкладывают их на фильтровальную бумагу по 5 шт. "конвертом": четыре – по углам, один – в центре. Признаком поражения корневой губкой служит появившийся на кусочках древесины белый нежный налёт мицелия.

Кроме того, на обследованном участке анализируют состояние естественного возобновления. Для этой цели на пробной площади в случайном порядке закладывают учётные площадки размером 1 x 1, 1 x 2, 3 x 3, 2 x 5 м в зависимости от высоты и возраста подроста и характера его размещения на пробной площади. Чем старше и выше подрост и чем неравномернее его размещение, тем больше должен быть размер площадок.

Учет естественного возобновления ведут по группам высот, категориям состояния, поражённости болезнями и повреждения вредителями. В случае гибели подроста устанавливают причины, при этом обязательно осматривают корневую систему.

В связи с особенностями развития корневой гнили в ельниках и пихтарниках поражённые деревья размещаются, чаще всего, рассеяно, а очаги носят диффузный характер. В редких случаях они могут быть локальными. Признак очагов корневой губки в ельниках и пихтарниках – наличие ветровальных деревьев и пней с гнилью. Степень заражённости насаждений корневой губкой в диффузных очагах определяют как соотношение доли поражённых деревьев III-VI категорий состояния к общему количеству деревьев на пробной площади. При этом пользуются следующими придержками:

Категории степени поражённости корневой губкой насаждений в
диффузных очагах

| <i>Степень поражённости насаждений</i> | <i>Доля деревьев, поражённых корневой губкой, %</i> |
|--|---|
| Слабая | 10...20 |
| Средняя | 21...40 |
| Сильная | Более 40 |

На пробных площадях состояние насаждений определяют путём перечёта деревьев по категориям состояния, ступеням толщины с выделением заселённых и отработанных стволовыми насекомыми.

При анализе модельных деревьев ели и пихты определяют протяжённость гнили в стволе. Для этого через равные промежутки делают срезы на высоте груди и выше, измеряют диаметр среза и гнили, определяют стадию гниения и долю поражённой части ствола. Кроме того, на пробных площадях осматривают пни и учитывают соотношение свежих и старых, поражённых и не поражённых корневой губкой. Результаты перечёта пней используют для дополнения данных о степени поражённости насаждений.

Степень поражённости корневой губкой вырубков, предназначенных под лесные культуры, определяется по количеству (в %) больных пней. Для этого проводят перечёт не менее 50 пней по диагоналям лесосеки с указанием наличия характерной для корневой губки гнили и плодовых тел.

Кроме корневой губки, гниль корней хвойных пород могут вызвать опёнок, еловая губка, комлевой еловый трутовик, трутовик Швейница. Возбудителями корневых гнилей лиственных пород могут быть опёнок, дубравный и плоский трутовики. При обследовании очагов опёнка следует учитывать, что он поражает, как правило, деревья, ослабленные другими неблагоприятными факторами: сосудистыми или раковыми болезнями, вредными насекомыми, неблагоприятными почвенными или климатическими условиями, антропогенным воздействием (рекреация, промышленные выбросы и др.).

В выявленных при рекогносцировочном обследовании очагах стволовых гнилей выбирают участки для закладки пробных площадей, дают их подробную таксационную характеристику. После осмотра участка делают предварительный вывод об общем состоянии насаждения. Определяют характер распределения сухостоя на пробных площадях. Состояние насаждений, степень развития очага и заселённость деревьев стволовыми вредителями устанавливают описанным выше путем пересчета деревьев по категориям состояния и ступеням толщины с выделением деревьев, имеющих плодовые тела грибов, заселённых и отработанных стволовыми вредителями. В тех случаях, когда возможна постановка диагноза по плодовым телам, указывают вид возбудителя гнили.

Для получения более точных данных о поражённости древостоя стволовыми гнилями при перечёте берут пробы с помощью приростного бурава. Если по взятым образцам определить возбудителей затруднительно, проводят лабораторный анализ, и с помощью метода чистых культур устанавливают вид возбудителя.

Отдельно проводят индивидуальный пересчет заселённых и отработанных стволовыми вредителями деревьев. При этом указывают вид вредителя, фазы и стадии его развития. Это делают для определения видового состава и соотношения фенологических комплексов стволовых вредителей в очагах стволовых гнилей.

Анализ модельных деревьев проводят с целью определения влияния гнилевых болезней на выход деловой древесины. В качестве моделей выбирают деревья с плодовыми телами грибов из разных категорий состояния, соответствующие по своим размерам среднему дереву. При анализе гнилевой модели описывают срубленное дерево, указывают породу, категорию состояния, класс роста (по Крафту), диаметр, протяжённость кроны, состояние коры ствола и кроны, наличие базидиом. Затем дерево очищают от ветвей и раскряжевывают на 2-метровые отрубки. Для определения протяжённости гнили делают дополнительный разрез в предполагаемом месте ее выхода. На каждом отрубке измеряют диаметр дерева и диаметр гнили, определяют количество плодовых тел, расположение гнили, тип гниения, цвет поражённой древесины и стадию гниения. После этого вычисляют объём ствола и гнили, потери от гнили по массе и в процентах. Эти данные заносят в специальную форму; на ее обратной стороне дают схему модельного дерева, на которой отмечают протяжённость гнили, места расположения и количество базидиом.

При наличии в очаге гнилевых болезней свежеселённых или отработанных стволовыми вредителями деревьев их осматривают, определяют видовой состав стволовых вредителей и их встречаемость. По полученным данным делают заключение о необходимости и объёме проведения лесозащитных мероприятий.

9.3. Методы мониторинга бактериальных болезней

Диагностика бактериозов. По симптомам вызываемых заболеваний бактериозы ближе всего стоят к группе сосудистых и некрозно-раковых заболеваний, вызываемых грибами. Как и последние, бактериозы могут вызывать ослабление, сухoverшинность, сухокронность, гибель как отдельных деревьев, так и целых насаждений и даже приводить к эпифитотиям (рис. 46).

В лесопатологии различают две формы бактериоза: некрозно-раковую и сосудистую.

При некрозно-раковой форме бактериоза первичное заражение происходит через клетки точек роста почек, дыхательные устьица, свежие механические повреждения, повреждения животными, при объедании насекомыми-вредителями, попытках поселения и дополнительном питании стволовых вредителей и т.п.

Некрозно-раковая форма бактериоза сопровождается ярко выраженными визуальными признаками, известными в лесопатологии как "бактериальный ожог". Бактериальный ожог вызывается многими видами бактерий, например: *Erwinia ligniphila*, *Erwinia multivora*, *Pseudomonas tumefaciens* и др.

Бактериальные ожоги можно наблюдать как в кроне, так и на стволе (рис. 47). Характерным их проявлением в кроне является отмирание ветвей и появление водяных побегов. На стволах лиственных деревьев ожоги наблюдаются в виде сочащихся ран (рис. 48), образующихся у тронувшихся в рост почек, или механических повреждений, в том числе от попыток поселений стволовых вредителей. На хвойных породах свежие бактериальные ожоги на стволе визуально почти незаметны, и только у ели сопровождаются смолотечением. Выявить их на хвойных породах можно при тщательном анализе срубленных моделей на лубе и под корой. Впоследствии эти повреждения ствола на всех лесообразующих породах превращаются в открытые или закрытые сухобочины (вдавления). Такие сухобочины, как правило, становятся местом проникновения в ствол грибных инфекций, поскольку бактериальный экссудат создает благоприятную для них кислую среду. В этом же месте затем происходит выход плодовых тел грибов, что часто вводит в заблуждение при определении причин появления сухобочин, особенно в средней части ствола.



Рис. 46. Пихтовое насаждение, пораженное бактериальной водянкой (Кавказ)



Рис. 47. Бактериальная водянка (мокрый некроз) на стволе березы



Рис. 48. Бактериальный мокрый рак вяза

При бактериальном ожоге макушек ели верхушки погибают, и на этом месте образуется мутовка. На пихте же пораженная макушка не отмирает и продолжает расти, а засыхают и осыпаются мелкие боковые ветви макушки, что приводит к образованию "перетяжки" в верхней части кроны.

Пик заболевания можно определить по патологическим изменениям прироста. Не менее двух годовых приростов после массового заражения резко отличаются от предыдущих и последующих приростов. Патологические изменения характеризуются резким увеличением величины прироста (в 1.5...3 раза и больше), водянистым и блеклым видом, волокна, распадаясь, топорщатся, так как при бактериозе растворяется межклеточное вещество и разрушаются клеточные оболочки. Часто отсутствует кольцо поздней древесины, поэтому под микроскопом трудно различить границу между приростами.

Следы от бактериальных ожогов (ран) визуально заметны на протяжении 7... 10 лет (максимально 20) (рис. 49). Анализ ран показал, что в большинстве из них находится спящая точка (90 %) или ход короеда при попытке поселения (10 %). Множество аналогичных бактериальных ожогов на погибшей спящей почке было отмечено на радиальных спилах внутри древесины в виде характерных черных полумесяцев по годичным кольцам.

Сосудистый бактериоз вызывается, как правило, бактериями *Erwinia nimipressularis*, *Pseudomonas solanacearum* – полифагами, повреждающими почти все древесные и кустарниковые



Рис. 49. Последствия бактериального ожога в тканях ствола

породы. Обычно бактерии такого типа попадают сначала в сосуды, закупоривают их, разрушают, а затем переходят на близлежащие паренхимные ткани. При данной форме бактериоза визуальные симптомы отсутствуют, как правило, до самого момента гибели дерева. Признаки, проявляющиеся в момент сильного ослабления или гибели дерева, носят название бактериальная водянка.

При сосудистой форме бактерии, вероятно, периодически впадают в длительную диапаузу, и болезнь подолгу находится в инкубационном периоде. При этом визуально на состоянии растущего дерева это никак не отражается. Косвенным признаком могут служить только морозобоины (рис. 50, 51), так как изменяются влажность и химический состав древесины, особенно ее проводящих слоев.

У ели, помимо морозобоин, как симптом сосудистого бактериоза отмечается смолотечение. Смолотечение может встречаться и в комлевой части ствола, и на уровне кроны (рис. 52).

На дубе и других породах характерным признаком сосудистого бактериоза является неправильной формы темная ложная сердцевина, хорошо заметная на спиле. На всех других породах на спилах пораженных деревьев отмечается водянистость древесины со специфически кислым неприятным запахом, который держится длительное время. Это связано с повышением кислотности древесины от бактериального экссудата. Через некоторое время после распиливания пораженная древесина, окисляясь, темнеет; на отдельных породах бывает даже сине-вато-черной. Щербин-Парфененко (1963) отмечает, что у пораженных деревьев "на поперечном срезе пихты и ели можно видеть ложное ядро (темный водослой), почти всегда с неровными краями, нередко эксцентричное, и всегда влажное, даже мокрое, с резким кислым запахом. У молодых деревьев и подроста иногда на срезах наблюдаются бурые кольца, сплошные или разорванные,



Рис. 50. Морозобойная рана на стволе ели



Рис. 51. Бактериоз, развившийся в морозобоинной ране на березе



Рис. 52. "Смоляной плач" на ели

обычно в летней древесине, которые могут быть сухими или мокрыми". Область пораженной древесины постепенно расширяется, охватывая всю мертвую скелетную древесину от крупных корней до крупных ветвей, и, как только эта область коснется текущих приростов и луба, дерево резко и даже внезапно погибает.

Иногда экссудат накапливается во внутренних слоях древесины в таком количестве, что при разрубке ствола с шипением и свистом вырывается наружу.

Погибшее от бактериоза дерево правильнее называть не "сухостой", а "мокростой", поскольку оно полностью пропитано кислым бактериальным экссудатом, на котором быстро разрастаются сапротрофные грибы. В результате разрушение древесины происходит в несколько раз быстрее, и она теряет свои деловые качества за 1...2 года.

При **гиперпластических** заболеваниях бактерии оказывают на растение стимулирующее действие. В зараженных тканях деление клеток протекает ускоренно и беспорядочно, вследствие чего на надземных и подземных органах растений возникают новообразования – галлы, опухоли, "ведьмины метлы" и т. д. (рис. 53). Появление новообразований связано с тем, что у места внедрения инфекции, как ответная реакция растения, происходит приток питательных веществ, в результате в этом месте начинаются интенсивное деление клеток и бурный рост.

Для определения вида возбудителя бактериозов внешнего осмотра растения обычно бывает недостаточно. Для этого необходимо брать модели или прибегать к более сложным методам исследования – выделению возбудителя из пораженных частей и проведению бактериологического анализа.

При отборе образцов зараженного материала необходимо принять меры для последующего успешного выделения бактерий. Из практики известно, что выделение патогена из растений, сильно пораженных бактериозом, затруднено присутствием в тканях вторичной сапрофитной микрофлоры. Вероятность выделить бактерии летом из уже усохших веточек или купированных ран весьма мала. Более успешно бактерии выделяют из свежего растительного материала, на котором имеются первичные симптомы поражения. Соскоб для лабораторного анализа возбудителя следует брать с границы усыхания ветви, или периферии раны, где инфекционный процесс еще не прекратился.

Перевозить и хранить отобранные образцы следует между двумя слоями бумаги. Мешочки из пластика непригодны из-за опасности размножения в закрытой и влажной среде постоянно присутствующих на собранных образцах сапрофитов. Выделение бактерий и их идентификация достаточно сложны, в лабораторных условиях они проводятся методами, принятыми в микробиологии и микологии.

Признаки основных бактериальных болезней приведены в приложении 9.

Особенности очагов бактериальных болезней и методы их учета. Бактериальные болезни хвойных и лиственных пород распространены в лесах Российской Федерации повсеместно. Наиболее известна из них – бактериальная водянка хвойных и лиственных пород. Зафиксированные очаги этой болезни возрастают год от года и достигают уже нескольких десятков тысяч гектаров. Выявленные площади очагов, скорее всего, не отражают истинного распространения бактериозов, так как они плохо диагностируются специалистами защиты леса.

Щербин-Парфененко еще в 1963 г. отмечал: "В Подмосковье на каждой усохшей ели имеются вполне определенные симптомы бактериального заболевания... Исследования усыхающих деревьев пихты показали, что все они без исключения поражены бактериозом, а исследование усыхающих можжевельников так же показало их зараженность бактериозом".



Рис. 53. Поперечный рак дуба



Рис. 54. Бактериоз на лиственных деревьях



Рис. 55. Водяные побеги на стволе ели

В последние десятилетия устойчивость пихты в пределах ее естественного ареала на территории Центральной и Западной Европы (Польша, Чехия, Словакия, Австрия, Швеция, ФРГ, Франция) сильно снизилась, а усыхание и отмирание ее насаждений приняло местами катастрофический характер.

Наиболее характерным внешним признаком заболевания является быстрое поредение кроны на всем ее протяжении за исключением верхних 1...2 м при одновременном появлении в ряде случаев водяных побегов (рис. 54, 55). На свежем спиле больного дерева обычно обнаруживается коричневое ядро неправильной формы, частично захватывающее заболонь и характеризующееся влажностью и неприятным запахом. При разделке поврежденного ствола оказывается, что, как и при внутренней гнили, изменяется окраска древесины, распространяющаяся в корни, и доходит вверх по стволу до осевых побегов. Такой характер поражения отличается от грибных заболеваний и свидетельствует об его бактериальном происхождении.

Следует отметить, что подобные симптомы часто наблюдаются и при массовом усыхании других пород, однако немногие авторы связывают их с бактериозами.

В отличие от грибных сосудистых заболеваний (например, голландской болезни), на свежем срезе пораженные бактериозом ткани выглядят "промасленными", так как наполнены жидкостью. Часто эта жидкость проступает на спилах хорошо заметными каплями экссудата. Не исключено, что грибные сосудистые заболевания являются следующей стадией сосудистых бактериозов.

Характерная для бактериозов на пихте эпифитотия наблюдалась в Прибайкалье в середине 1980-х годов. К концу эпифитотии покраснение хвои пихты встречалось повсеместно на всей обследуемой площади в среднем у 62 % деревьев, максимально достигая 80 %. У подавляющего большинства деревьев покраснением было затронуто до 10 % хвои. Покраснение хвои частично вызывалось повреждением веточек при дополнительном питании большого черного пихтового усача, но в большинстве случаев визуально никаких повреждений не было заметно. При лабораторном исследовании образцов на покрасневших веточках было установлено наличие несовершенных грибов из рода *Phoma*, которые являются характерными спутниками бактериальных ожогов.

На протяжении жизни дерева заражение некрозно-раковой формой бактериоза происходит неоднократно. Например, более 70 % обследованных дубрав Краснодарского края имело многочисленные раны от бактериальных ожогов на стволе, из них поражено в слабой степени – 78

%, средней – 16 и сильной – 6 %. При этом средний размер раны составлял 9 x 2 см. Из 1...2 % этих ран отмечалось истечение экссудата бактерий. Подобные раны встречались и на других произрастающих в этом регионе породах, но дубы были повреждены больше.

Бактериальные эпифитотии носят, как правило, циклический характер с периодом примерно в 20 лет. Пики бактериальной активности приходятся на максимумы четных периодов солнечной активности. При этом наблюдается определенная последовательность в очередности массовых усыханий: сначала начинаются массовые усыхания ели, потом сосны и пихты, затем дуба.

При воздействии некрозно-раковой формы бактериоза гибели хвойных и лиственных деревьев, как правило, не наблюдается, хотя именно эта форма имеет признаки поражения, видимые наиболее отчетливо. В то же время внешне здоровое дерево, без видимых признаков бактериоза, часто "внезапно" погибает от сосудистой формы бактериоза.

К сожалению, до настоящего времени не установлены причины, по которым резко возрастает активность сосудистых бактериозов, приводящая к массовым периодическим усыханиям насаждений.

Стволовые вредители часто являются дополнительным фактором распространения инфекции, так как переносят цисты бактерий при попытках поселения и дополнительном питании. Для хвойных пород особо опасными в этом отношении следует признать большого соснового лубоеда и дендроктона, для пихты – большого черного пихтового усача.

Цисты бактерий созревают в весенне-летний сезон, поэтому все виды рубок в этот период являются причиной быстрого их распространения, в том числе и рубки осветления, активизирующие спящие почки и водяные побеги. Следует подчеркнуть, что при рубках в летний период цисты и бактерии поднимаются с восходящими потоками в атмосферу и распространяются на огромные расстояния, что делает их особенно опасными.

Сроки надзора за бактериозами, как и для грибных заболеваний ([см. раздел 9.2](#)), определяются сроками проявления симптомов болезни. Визуально бактериозы легче всего обнаружить в начале вегетации, поэтому надзор за бактериальными болезнями следует начинать с началом вегетации.

Методы обследования очагов бактериальных болезней еще менее разработаны, чем диагностика бактериозов. Так как по внешним проявлениям вызываемого ими поражения бактериальные болезни ближе всего к сосудистым и некрозно-раковым заболеваниям, к ним могут быть применимы те же методы учета, что и для последних ([см. раздел 9.2](#)).

В выявленных при рекогносцировочном обследовании очагах бактериальных болезней выбирают участки для закладки пробных площадей с индивидуальным описанием каждого дерева и наличием признаков поражения.

Для уточнения диагноза болезни и влияния ее на состояние дерева проводят анализ модельных деревьев. Методика отбора и описания модельных деревьев такая же, как и для сосудистых и некрозно-раковых болезней.

Результаты пересчета на пробных площадях в насаждениях, пораженных бактериозами, сводят в таблицы, аналогичные таблицам пересчета на пробных площадях в насаждениях, пораженных раковыми болезнями.

10. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ ЛЕСА НА СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ

Повреждения вредителями и поражения болезнями древесных растений и насаждений могут иметь специфический и неспецифический характер. Повреждения специфического характера уверенно диагностируются по характерным признакам. Повреждения неспецифического характера для достоверного определения требуют привлечения дополнительных данных и обязательного анализа условий произрастания растений и насаждений.

Повреждения, наносимые вредителями, классифицируются по повреждаемым органам и частям растений (генеративные органы, листья, хвоя, почки, побеги, ветви, стволы и корни молодых растений, стволы взрослых деревьев) и по типам, связанным с характером питания, строением ротовых органов и образом жизни вредителей (Воронцов, 1960, 1961, 1963).

К основным типам повреждений относятся:

- грубое полное или частичное объедание хвои и листьев, скусывание и перегрызание побегов и корней (рис. 56, 57);
- скелетирование листьев (рис. 58);



Рис. 58. Скелетирование листьев дуба пилильщиком



Рис. 56. Объедание листвы дуба непарным шелкопрядом



Рис. 59. Протачивание ходов внутри стволов догохвостами



Рис. 57. Объедание хвои ели еловым пилильщиком



Рис. 60. Протачивание ходов внутри стволов



Рис. 61. Протачивание ходов под корой короedами



Рис. 64. Протачивание ходов в побегах огневками



Рис. 62. Протачивание ходов в коре короedами



Рис. 65. Протачивание ходов в побегах



Рис. 63. Протачивание ходов под корой усачами

- выедание (выгрызание) и протачивание ходов и полостей в древесине, ветвях и побегах, минирование листьев и хвои (рис. 59-68);

- нанесение насечек и надрезов, пропилов

и проколов, выгрызание ямок и площадок на коре (рис. 68-71);

- загибание, скручивание и стягивание паутиной листьев и побегов (рис. 72, 73);
- высасывание соков из всех частей и органов растений (рис. 74, 75);
- образование галлов на листьях, почках, побегах и ветвях (рис. 76).

В соответствии с характером и специализацией питания и образом жизни вредителей леса, большая часть которых относится к насекомым, их принято делить на следующие основные экологические группы:

- вредители генеративных органов (цветков, плодов, шишек и семян) растений;



Рис. 66. Протачивание ходов в побегах короедами



Рис. 67. Минирование листьев молями

- вредители всходов и молодых растений, повреждающие почки, побеги, ветви, стволы и корни (часто вредителей корней выделяют в отдельную экологическую группу насекомых);

- хвое- и листогрызущие вредители;
- стволовые вредители.

Типы поражения болезнями древесных растений так же принято классифицировать по поражаемым органам и частям растений и по форме и последствиям проявления на них действия болезней. Основные типы поражений древесных растений.

Рак – образование опухолей и ран разного типа на стволах, ветвях и корнях; вызывается грибами, бактериями, резкой сменой температур.

Некроз (отмирание) коры ветвей и стволов чаще вызывается грибами, реже – бактериями. Нередко некрозы с течением времени преобразуются в раны, в этом случае заболевание называется некрозно-раковым.

Вилт (увядание) вызывается грибами и бактериями.



Рис. 69. Нанесение черными усачами насечек на стволах пихты



Рис. 68. Выгрызание черными усачами площадок на веточках пихты

Характеризуется поражением проводящей системы растений и проявляется в увядании всего растения или отдельных его частей.

Гнили вызываются грибами и характеризуются разрушением древесины стволов, ветвей и корней, сопровождающимся изменением ее механических, физических и химических свойств или разрушением тканей плодов, семян, всходов и др.

Ржавчина вызывается ржавчинными грибами. Поражаются листья, реже – стволы, побеги, черешки, цветоножки.

Мучнистая роса вызывается мучнисто-росяными грибами. Характеризуется образованием на листьях и побегах паутинистого налета, который со временем становится плотным, белым или желтоватым.

Шютте – болезни хвои, вызываемые грибами и проявляющиеся в сравнительно быстром ее опадении.

Мозаика вызывается вирусами и нарушением баланса питательных веществ. Проявляется в мозаичной окраске листьев.



Рис. 70. Выгрызание жуками долгоносиками площадок на веточках сосны

листьях и плодах бархатистых пятен оливкового или зеленовато-бурого цвета.

Пятнистости на листьях, плодах, побегах, околоцветниках, крылатках вызываются грибами, реже – бактериями, вирусами, нарушением баланса питательных веществ в почве, загрязнением среды.

Ожоги коры стволов и ветвей, молодых побегов, реже – почек и молодых листьев вызываются грибами, бактериями и воздействием на ткани растений высоких температур и пестицидов.

Деформация листьев, плодов, семян, побегов вызывается грибами и вирусами.

Ведьмины метлы – образование многочисленных укороченных тонких побегов из спящих почек. Вызываются грибами, вирусами и длительным периодом загрязнения среды.

В соответствии с поражаемыми органами и типами поражения растений их, как и вредителей леса, принято делить на следующие основные группы:

- болезни плодов и семян:
 - болезни, развивающиеся в период вегетации;
 - болезни, развивающиеся при хранении семян;
- болезни всходов, сеянцев, молодняков:
 - гниль подземных частей растений;
 - болезни хвои и побегов;
 - болезни листьев и побегов;
 - болезни стволиков, побегов и ветвей;
- болезни лесных насаждений:
 - сосудистые и некрозно-раковые болезни;
 - гнилевые болезни с подразделением их на корневые и стволовые гнили.

Достаточно полная характеристика вредителей и болезней леса по экологическим группам и основным видам приводится в учебниках по лесной энтомологии (Воронцов, 1985, 1992), лесной фитопатологии (Семенкова,



Рис. 71. Смоляная воронка короеда-типографа

Чернь вызывается грибами. Характеризуется образованием на листьях поверхностных черных сажистых налетов.

Парша вызывается грибами. Проявляется в почернении молодых побегов, образовании на



Рис. 73. Искривление побегов побеговьюнами



Рис. 72. Загибание, скручивание и стягивание паутиной листьев дуба листовертками



Рис. 74. Усыхание сосны после высасывания соков подкорным сосновым клопом

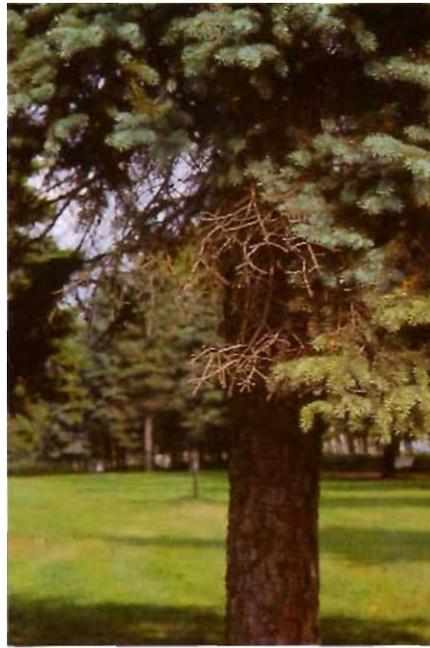


Рис. 75. Усыхание ветвей ели после высасывания соков кокцидами

Соколова, 2003) и защите леса (Воронцов, Мозолевская, Соколова, 1991), а также в Справочнике по защите леса (1989) и в многочисленных специальных работах по энтомологии, фитопатологии и защите леса.

В защите леса широко используется понятие очаги вредителей и болезней. *Очаги вредителей и болезней* – участки леса, лесных культур или других объектов лесного хозяйства (например: питомники, защитные полосы, семенные плантации, вырубки и т.п.) с такой численностью вредителей или концентрацией патогенных организмов, которая способна нарушить целевые функции леса и нанести ущерб этим объектам. Часть очагов, где

последствия повреждения могут достигнуть масштабов, превышающих допустимые пределы, относят к очагам, требующим активных защитных мероприятий.

Существуют различные классификации очагов вредителей и болезней:

- по экологическим группам и видам вредителей, типам болезней и видам возбудителей болезней;
- по этапам развития (возникающий, развивающийся, действующий, затухающий, затухший);
- по фазам развития (находящиеся в начальной фазе, фазе нарастания численности, фазе кульминации и фазе кризиса);
- по продолжительности действия (хронические и эпизодические очаги);
- по составу вредителей;
- по масштабу проявления (локальный, региональный, межрегиональный).

Очаги межрегионального масштаба зафиксированы у ряда хвое- и листогрызущих насекомых – сибирского шелкопряда (коконопряда) (*Dendrolimus sibiricus*), непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*), у сосудистых болезней ильмовых пород, вызываемых грибами рода *Ophiostoma* и др.

Развитие очагов многих вредителей и болезней леса, как правило, происходит на фоне снижения устойчивости насаждений под влиянием природных и антропогенных, эндогенных (внутренних) и экзогенных (внешних по отношению к лесному биогеоценозу) факторов среды.

В насаждениях, где нарушение устойчивости произошло под влиянием факторов самой разной природы, в том числе абиотических и антропогенных, почти всегда создаются благоприятные условия для развития патогенов и вредителей, которые, в свою очередь, становятся дополнительными факторами неблагоприятного воздействия, интенсификаторами отпада и, часто, причиной полного разрушения и гибели древостоя.



Рис. 76. Образование галлов на листьях дуба

10.1. Последствия повреждений леса вредителями

Изучению последствий и процессов, связанных с биотическими нарушениями в лесах,

посвящено большое количество работ. Сведения о потерях от деятельности насекомых в наших лесах можно найти в старых учебниках и других литературных источниках XIX в. Убедительные данные о многочисленных случаях вредоносной деятельности насекомых и болезнях леса, связанных с этим потерях прироста, снижением качества вырубаемого леса, площади поврежденных и усыхающих лесов, денежных потерях на единицу заготавливаемого леса или убытков по определенным районам и предприятиям лесной отрасли содержатся в публикациях многих ученых и практиков лесного хозяйства.

Роль *хвое- и листогрызущих насекомых*, отличающихся от всех других групп способностью к резким подъёмам численности – вспышкам массового размножения, – исследована наиболее подробно. Это объясняется как хозяйственной и биоценотической значимостью видов этой группы, чьи очаги в отдельные годы и периоды способны охватить сотни тысяч и миллионы гектаров лесной площади, так и сложностью и многозначностью проблемы – полифункциональностью их роли.

Кроме непосредственной реакции деревьев на повреждения, выражающейся в снижении прироста или в их усыхании, были выявлены дальнейшие изменения их роста и состояния в последующие после затухания вспышки массового размножения годы. Причем, это касается как деревьев повреждавшейся породы, способных при своем выживании через некоторое время компенсировать потери прироста, так и у деревьев не повреждавшихся, которые резко увеличивают прирост в год наибольшего повреждения кормовой породы из-за ослабления конкурентных отношений с ней за свет и площадь питания. Отмечены и такие последствия дефолиации, как увеличение зеленой массы напочвенного покрова, скорости накопления и разложения органического вещества в подстилке и почве и др. побочные эффекты.

Известно, что различные породы деревьев обладают разной устойчивостью к уничтожению ассимиляционного аппарата. Существует общее правило: покрытосеменные легче переносят сплошное объедание, чем голосеменные, так как у них больше запасов углеводов. У голосеменных гибель часто наступает уже в результате однократного сплошного объедания хвои, при этом наименее устойчивыми среди них являются тёмнохвойные породы, а наиболее устойчивой – лиственница. Лиственные деревья обычно легко выдерживают однократное объедание.

Реакция на уничтожение листвы насекомыми многолетних растений, какими являются деревья, характеризуется пороговыми эффектами, запаздыванием и кумулятивными эффектами. Наличие порога определяется тем, что пока плотность вредителя остается ниже определенного уровня, дефолиация не вызывает гибели деревьев. Порог связан с наличием у растений способности к гомеостазу. Эффект запаздывания проявляется в том, что количество и доля погибших деревьев в насаждении продолжают возрастать и после того, как вредитель погиб или был уничтожен. Гибель деревьев зависит от суммарной плотности вредителей в течение ряда лет, а не от плотности в данном году, что объясняется кумулятивным эффектом воздействия уничтожения зеленой массы кроны на состояние и прирост деревьев. Гибель деревьев происходит тогда, когда запас пластических веществ недостаточен для распускания хвои или листвы, либо когда повторяющееся восстановление хвои или листвы приводит к полному истощению дерева и нарушению его жизнедеятельности. Характеристикой степени воздействия насекомых-дефолиаторов на насаждения является понятие *размера кумулятивного объедания крон* – суммарный процент объедания хвои или листвы за ряд смежных лет. Было убедительно доказано, что гибель деревьев пропорциональна степени кумулятивного объедания, причем даже одногодичные перерывы не нарушают степени этой связи.

На основании многочисленных данных была разработана система принятия решений о целесообразности лесозащитных мероприятий в очагах хвое- и листогрызущих вредителей для лесов европейской части России, базирующаяся на достоверном определении угрозы повреждения насаждений по данным учета и прогноза численности насекомых, на оценке ожидаемых последствий повреждения (потенциального ущерба) и сравнении значимости и величины этого ущерба с затратами на осуществление активных истребительных мероприятий (см. раздел 13).

Подъём уровня численности и вспышки массового размножения и роль *стволовых насекомых* тесно связаны с хроническим или эпизодическим типом нарушений состояния лесов другими факторами неблагоприятного воздействия, в том числе биотического (болезни и хвое-листогрызущие насекомые), абиотического (ветер, снежные лавины, засуха и др.), антропогенного и комплексного характера (например, пожары). Известны типичные по темпам развития очаги стволовых насекомых на гарях и рубках с повышенной захлапленностью, в ветровальниках и в сосняках по болоту, в очагах сибирского шелкопряда и других хвое- и листогрызущих насекомых, в очагах болезней (корневой губки, сосудистого микоза дуба, в очагах голландской болезни ильмовых пород и др.), в лесах, ослабленных действием техногенных факторов. Как правило, они либо следуют за усыханием деревьев от воздействия загрязнений, либо выступают как типично вторичные вредители. Стволовые насекомые во всех случаях

являются интенсификатором отпада, фактором, ускоряющим процесс гибели деревьев и участвующим вместе с другими беспозвоночными животными, бактериями и грибами в последующем разрушении и деструкции наиболее крупных элементов фитодетрита в экосистемах.

Особо вредоносны такие виды стволовых насекомых, которые являются либо переносчиками опасных инфекционных болезней древесных растений – сосудистого микоза дуба и голландской болезни ильмовых пород (например, заболонники рода *Scolytus*) либо сами способны наносить ощутимый вред при своем дополнительном питании на побегах и ветвях жизнеспособных деревьев, расширяя при этом свою кормовую базу (усачи рода *Monochamus*, сосновые лубоеды рода *Tomicus* и др.).

Отрицательная роль **вредителей молодых древесных растений** (всходов, подроста, лесных культур), к которым, кроме насекомых, принадлежат и растительноядные позвоночные животные, так называемые "дикие" копытные и грызуны, так же достаточно велика. Периодические подъемы численности и очаги вредителей молодых растений часто являются причиной гибели культур и молодняков на больших площадях. Повреждения, наносимые ими, вызывают кустистость молодых растений, суховершинность и отставание в росте и являются причиной (вместе с другими факторами среды природного и антропогенного характера) непроизводительных расходов лесного хозяйства на повторное создание и дополнение лесных культур.

О роли **поражения лесов болезнями** можно узнать из учебников (Вакин, 1955; Семенова, Соколова, 2003 и др.) и справочников (Справочник..., 1989), и многочисленных специальных публикаций, посвященных, в основном, грибным болезням. Большая часть работ посвящена болезням молодых растений в питомниках и молодняках (Ведерников и Яковлев, 1972; Крутов, 1989), в связи с их высоким хозяйственным значением, а также последствиям развития гнилевых болезней леса – корневым гнилям (вызывают гибель, в основном, искусственно созданных насаждений хвойных пород), стволовым и комлевым гнилям (развивающимся как в естественных, так и в искусственно созданных лесах) и их влиянию на выход деловой древесины и её качество (Вакин, 1954; Стороженко, 1998 и др.). В меньшей степени известна и описана роль сосудистых и некрозно-раковых болезней (Кузьмичев, 1984, 1988 и др.).

Эпифшпотиями называются болезни растений, вызывающие их массовое поражение и гибель. По своей периодичности и последствиям они похожи на вспышки массового размножения насекомых. По масштабу проявления их классифицируют на **энфитотии**, развивающиеся в отдельных районах или регионах, **прогрессирующие эпифитотии**, распространяющиеся на соседние регионы, и **панфитотии** – охватывающие большие территории в одной стране или в нескольких странах.

Детальное рассмотрение последствий повреждения деревьев и насаждений вредителями и болезнями, несмотря на их разную природу и характер наносимых повреждений (поражений), позволяет их объединить по ряду общих признаков. Их можно рассматривать на трех уровнях: последствия **первого порядка** на уровне дерева, последствия **второго порядка** – на уровне популяций деревьев (древостоя) и последствия **третьего порядка** – на уровне экосистемы.

Потери от повреждений (поражений) леса вредителями и болезнями леса на всех уровнях могут быть полностью невозполнимыми, частично восполнимыми, полностью восполнимыми в течение определенного периода, благодаря компенсаторным механизмам дерева, древостоя и лесной экосистемы в целом.

В лесных насаждениях существует определенный предел, до которого действует компенсаторный механизм. После повреждения насаждения выше этого предела компенсаторный эффект исчезает, и потери не восполняются. Так, например, принято считать, что нормальный рост насаждений, при котором формируются полнодревесные стволы и обеспечивается высокий прирост насаждений, происходит при их полноте не менее 0.7 (предельно допустимая полнота при проведении рубок ухода). Можно допустить, что при частичном усыхании насаждения под влиянием вредителей и болезней до этого предела компенсаторная реакция насаждения эффективна, свыше этого – не эффективна. Это положение справедливо для насаждений, находящихся в стадии активного роста.

Последствия повреждения леса вредными организмами зависят от **вредоспособности и вредоносности** растительноядных насекомых и патогенов. Они зависят от биологических особенностей вредителей и патогенов.

Вредоспособность насекомых и других растительноядных животных зависит от агрессивности и физиологической активности видов, их способности подавлять резистентность кормовых пород, от типа наносимых повреждений и их последствий, от кормовой нормы, косвенно связанной с размерами особей, продолжительности и характера основного и дополнительного питания, от возможности переноса возбудителей болезней, ценности повреждаемой породы, периода наносимых повреждений и продолжительности генерации, от способности видов к массовым размножениям и др.

Вредоспособность возбудителей болезней зависит от типа вызываемых болезней и места и

характера их развития и вызываемым последствиям, скорости и периода развития на растениях, агрессивности возбудителей болезней, ценности повреждаемой породы, путей и скорости распространения в очагах поражения, от способности образовывать эпифитотии разного типа и их продолжительности и пр.

По уровню вредоспособности виды вредителей и болезней ранжируют на три разных по своему отрицательному значению группы: 1 – особо-, 2 – умеренно- и 3 – ма-повредоспособные.

Реальная вредоносность насекомых и возбудителей болезней леса в конкретных регионах зависит от размеров и характера их ареалов и площади их очагов, наличия, характера развития, продолжительности и повторяемости вспышек массового размножения насекомых или эпифитотии и очагов болезней в данных регионах, от лесоводственно-таксационных характеристик насаждений, где развиваются их очаги, от устойчивости повреждаемых пород и лесов к повреждениям.

При этом следует учесть, что размер потерь и категория тяжести последствий зависит, в значительной мере, от степени, кратности и продолжительности воздействия и часто определяется условиями местопроизрастания насаждений и видовой характеристикой повреждаемых пород, их устойчивостью к повреждениям, регенеративными и компенсационными способностями. Кроме того, имеют значение природные особенности и интенсивность ведения лесного хозяйства регионов, где развиваются очаги данного вида, в том числе лесистость территории, направление ведения лесного хозяйства, целевое назначение и использование лесов, их экологическая ценность.

Очевидно, что нарушения третьего – экосистемного – уровня могут рассматриваться как *последствия наивысшей тяжести*. Это разнообразные, чаще всего нежелательные, с точки зрения человека, изменения в составе и структуре биоценозов и изменении параметров экосистемы, которые могут превышать *допустимые пределы*, обеспечивающие сохранение её устойчивости. Это может повлечь за собой создание *кризисных ситуаций*, когда параметры экосистемы приблизятся к критическим порогам, после чего могут наступить *необратимые изменения и деградация лесных экосистем*, сопровождающиеся разрушением или нарушением экологических связей между отдельными компонентами, обеспечивающими нормальный обмен веществом и энергией внутри экосистемы и с окружающей средой в целом.

На экосистемном уровне можно рассматривать последствия повреждений в зависимости от их обратимого или необратимого характера трёх типов:

- катастрофы – необратимые последствия или с периодом обратимости более оборота рубки (50... 100 лет);
- бедствия – частично обратимые (1, 2 и 3 категории);
- нарушения – полностью обратимые.

По масштабу проявления последствия повреждений на экосистемном уровне можно подразделять на следующие категории:

- глобальные – в пределах многих стран и Земли в целом;
- национальные или государственные – в пределах одной страны (государства);
- региональные;
- локальные.

Явлениями локального масштаба считаются явления и процессы с радиусом действия менее 10 км, регионального – от 10 до 100 км, более 100 км – глобального масштаба.

Обобщенная классификация последствий повреждений леса на экосистемном уровне и связанных с ними потерь приведены в табл. 17. При этом всем последствиям, имеющим экологический характер, присваивается одно из трёх наименований: катастрофы, бедствия и нарушения; кроме того, двум последним категориям экологических последствий (бедствиям и нарушениям) присваивается дополнительно ещё три подкатегории (от 1-й до 3-й), в зависимости от степени или тяжести их проявления,

Перечень регистрируемых факторов повреждений (поражений) и последствий повреждений (воздействий) необходимо классифицировать и в пределах действующих в лесной отрасли эколого-хозяйственных объектов:

- в семенных хозяйствах и на плантациях;
- в питомниках;
- в лесных культурах (до смыкания и после смыкания);
- для подроста (под пологом насаждений и на вырубках);
- в лесных насаждениях разных возрастных групп (в молодняках, древостоях средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных);
- для древесины на складах и в сооружениях.

В состав последствий повреждений и связанных с ними потерь обязательно включают и так называемые непроизводительные затраты, утраченные вследствие отсутствия эффекта вложений

из-за гибели сеянцев, лесных культур, урожая семян в семенных хозяйствах, на создание и содержание которых тратились операционные средства лесного хозяйства.

Кроме того, классифицируются и систематизируются категории лесной продукции и полезности леса в различных эколого-хозяйственных объектах лесного хозяйства, виды и размер затрат на их создание и поддержание, а также планируемая прибыль от их реализации для различных органов управления лесным хозяйством субъектов РФ (регионов, районов, производственных объединений).

Таблица 17. Классификация последствий повреждения леса

| Последствия повреждений леса на экосистемном уровне | | | Категория тяжести последствий | |
|---|---|--|-------------------------------|---|
| | | | экологических | экономических |
| Полное усыхание лесов на территории с переходом категории лесопокрытой площади в другую категорию земель | В лесонепокрытую нелесную площадь с необратимым изменением среды или с длительным (более 100 лет) периодом восстановления | Непродуцирующую (техногенную пустошь, отвал, карьер и пр.) | Катастрофа | Снижение цены земель, ресурсов |
| | | Биологически продуцирующую (болото, прогалина и др.) | Бедствие 1 подкатегории | |
| | В не покрытую лесом лесную площадь, где возможно лесовосстановление | Бедствие 2 подкатегории | | |
| Частичное усыхание древостоев со снижением полноты, запаса и биологической продуктивности и устойчивости насаждений | До степени редины с несохранением лесной среды и значительной утратой ресурсных функций | | Бедствие 2 подкатегории | То же |
| | С сохранением лесной среды и снижением ресурсных функций | | Бедствие 2 подкатегории | Снижение цены ресурсов |
| Снижение прироста растущих деревьев | Не восстанавливаемое | | Нарушение 1 подкатегории | То же |
| | Частично восстанавливаемое | | Нарушение 2 подкатегории | |
| | Восстанавливаемое полностью | | Нарушение 3 подкатегории | |
| Снижение качества (сортности) древесины | До неликвидности | | Нет | Потери в стоимости древесины |
| | Значительное (не менее чем на 2 сорта) | | Нет | |
| | Незначительное (на 1 сорт) | | Нет | |
| Снижение количества и качества семян и плодов | Полное уничтожение урожая, полная потеря всхожести | | Нарушение 1 подкатегории | Потери в стоимости урожая |
| | Частичная потеря урожая, снижение сортности | | Нарушение 2 подкатегории | |
| Снижение количества выхода и качества посадочного материала в питомнике | Полная гибель сеянцев и саженцев | | Нарушение 1 подкатегории | Нерациональные расходы на выращивание |
| | Частичная гибель и снижение качества посадочного материала | | Нарушение 2 подкатегории | |
| Усыхание лесных культур | Полная гибель молодых растений | | Нарушение 1 подкатегории | Нерациональные расходы на создание и уход за культурами |
| | Частичная гибель молодых растений и дополнение культур | | Нарушение 2 подкатегории | |

При принятии решения о назначении защитных мероприятий необходимо, прежде всего, учитывать возможность катастрофических последствий и бедствий, вызываемых деятельностью вредителей и болезней. Возможные незначительные нарушения, вызываемые ими в лесных экосистемах, можно оставлять без внимания и без вмешательства человека, полагаясь на регенерационные способности и устойчивость популяций деревьев. Однако следует учитывать при этом высокую степень изменчивости реакции лесных экосистем при высокой изменчивости климатических и погодных условий, при разной степени и характере антропогенных воздействий.

Надежным обоснованием эффективности принятия лесозащитных решений должны служить данные лесопатологического мониторинга и его многолетняя база данных, которые позволят разработать алгоритм последовательного анализа ежегодно обновляемых материалов надзора за динамикой состояния лесов, популяционных показателей вредителей и показателей развития болезней, оценку ожидаемой угрозы повреждения ими лесов и потенциальных последствий повреждения.

Оценке потерь от вредителей и болезней леса должны предшествовать две операции:

- выявление насаждений с разной степенью ослабления и усыхания с подразделением их на две категории:
 - а) с нарушенной устойчивостью, жизнеспособностью;

б) с утраченной устойчивостью, жизнеспособностью;

- оценка роли вредителей и болезней в ослаблении и усыхании насаждений.

Для выявления насаждений с разной степенью ослабления и усыхания необходимо располагать данными об участках с нарушенной и утраченной устойчивостью (жизнеспособностью) в пределах контролируемой лесной территории. Совершенно очевидно, что последствия нарушений тем выше, чем больше территория биотопа, участка, лесной площади, где они проявляются, и чем большее количество деревьев подвергается повреждению (поражению) вредителями и болезнями.

Для оценки роли вредителей и болезней в ослаблении и усыхании насаждений необходимо иметь данные о соотношении деревьев разных категорий состояния в насаждениях (по данным пробных площадей) и данные об их поврежденности вредителями и пораженности болезнями или другими негативными факторами воздействия, а также сведения о размерах (диаметре на высоте груди) деревьев разных категорий состояния.

К числу негативных факторов воздействия, кроме вредителей и болезней, могут быть отнесены разные факторы природного и антропогенного происхождения или их комплекс. Для этого можно сопоставить данные распределения деревьев по категориям состояния на пробных площадях с их средним диаметром и поврежденностью (пораженностью) вредителями и болезнями или другими факторами. Это позволит определить роль каждого из факторов в ослаблении и усыхании деревьев. Средний диаметр деревьев разных категорий позволит понять характер отпада в насаждении. Если к 4-й, 5 и 6-й категориям состояния относятся деревья меньших диаметров, то характер отпада окажется ближе к естественному, если же диаметр ослабленных в разной степени, усыхающих и сухостойных деревьев близок или выше среднего диаметра насаждений, то можно говорить о патологическом его характере.

На основании мониторинга для определенной лесной территории или отдельных её частей и эколого-хозяйственных объектов лесного хозяйства может быть выявлен комплекс негативно воздействующих факторов и определены потери от их воздействия.

Потери от вредителей и болезней и от воздействия других неблагоприятных факторов в лесном хозяйстве – это реальные последствия состоявшихся повреждений или поражений леса, выражающиеся в частичной или полной утрате целевых функций леса.

К их числу можно отнести:

- преждевременное усыхание деревьев и насаждений;
- функциональное расстройство насаждений с изменением ряда происходящих в них биологических процессов в неблагоприятном направлении;
- ухудшение качества насаждений, их преждевременное старение и потеря биологической устойчивости;
- снижение выхода деловой древесины, обесценивание ее части, снижение срока ее службы, ухудшение технических качеств и др.;
- нерациональные затраты на ведение лесного хозяйства.

При учете потерь от вредителей, болезней и повреждений леса объектами оценки могут быть: лес, как биогеоценоз (экосистема); лес, как средоформирующий, средостабилизирующий и средозащитный фактор; лесная земля, как главное средство производства в лесном хозяйстве; древесиной, как источник древесины и других его продуктов; ресурсы побочного пользования леса; продукция охотхозяйства и охотничья фауна.

Подлежат классификации и систематизации основные категории лесной продукции и полезностей леса в различных эколого-хозяйственных объектах лесного хозяйства, виды и размер затрат на их создание и поддержание, планируемая прибыль от их реализации (так называемые, непроизводительные затраты) для различных органов управления лесным хозяйством субъектов РФ (регионов, районов, производственных объединений).

На основании этих данных для эколого-хозяйственных объектов можно систематизировать и составить перечень весомых и неважных, экономических, экологических и социальных потерь от воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов (табл. 18).

К весомым (материальным) ресурсам леса относятся: древесина, урожай плодов и семян (для воспроизводства леса и потребления в виде пищевых продуктов), древесная зелень, корье, корневой осмол, лубяные волокна, саженцы и сеянцы в питомниках для создания лесных культур и озеленения, лесные продукты (лекарственное сырье, грибы, ягоды и др.), дичь, пушнина, продукты лесного пчеловодства и др. Основные категории учитываемых показателей и потерь от повреждения вредителями и болезнями древесных растений и лесной продукции приведены в табл. 19.

Таблица 18. Экологические группы вредителей, болезней леса.

| Экологические группы вредителей и болезней древесных пород и лесной продукции | Категории объектов лесной отрасли | Категории повреждаемых (уничтожаемых, теряемых) ресурсов и непроизводительных затрат |
|---|--|--|
| Вредители и болезни генеративных органов | Семенные хозяйства Плодоносящие семенные плантации | Урожай шишек, семян, желудей, орехов, плодов, затраты на создание и содержание хозяйств и плантаций |
| Вредители и болезни молодняков | Питомники Лесные культуры Семенные плантации Подрост главных пород, сохраненный на вырубках | Сеянцы, саженцы, крупномерный посадочный материал, затраты на их производство. Стоимость посадочного материала, затраты на посадку и уход за почвой, на рубки ухода, на дополнение. Молодые растения и затраты на их сохранение |
| Хвое- и листогрызущие вредители Стволовые вредители Некротико-раковые, сосудистые и гнилевые болезни леса | Молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные насаждения разного целевого назначения | Хвоя, листва, прирост и запас древесины, качество древесины, снижение дохода от побочного пользования, затраты на уход за лесом, его охрану от пожаров и др., снижение экологических и др. полезностей леса, упущенные выгоды от лесопользования |
| Технические вредители и гнилевые болезни | Древесина на складах и в сооружениях | Запас и качество древесины, затраты на заготовку древесины и на сооружения, упущенные выгоды по их использованию |

Таблица 19. Основные категории учитываемых показателей и потерь от повреждения вредителями и болезнями древесных растений и лесной продукции

| Категории учитываемых потерь | Ед. учета | Предельная точность учета ед. |
|---|---------------------------|----------------------------------|
| Площадь очагов или площадь поврежденных насаждений (растений в питомнике, на семенных плантациях, подросте, лесных культур до смыкания и после смыкания) | га | 0.01 |
| Доля поврежденных деревьев (молодых растений) | % | 10 |
| Степень повреждения деревьев (молодых растений) | % | 20 |
| Размер патологического отпада (усыхания) деревьев (молодых растений) а) в поврежденных вредителями насаждениях б) в отделениях питомника, на семенных плантациях, в группах подросте, лесных культур до смыкания и после смыкания | % м ³ % | 10 %, 5 м ³ 10% |
| Непроизводительные затраты на создание и уход за полностью погибшими культурами, семенными плантациями | руб. | 100 |
| Снижение выхода посадочного материала разных возрастных категорий и категорий крупности на питомниках | тыс. шт. | 1 |
| Непроизводительные затраты на выращивание погибшего посадочного материала разных возрастных категорий и категорий крупности на питомниках | руб. | 100 |
| Потери прироста древесины в поврежденных насаждениях | %, м ³ | 20 % |
| Снижение урожая семян, плодов, орехов и др. семенного материала и реализуемой продукции: а) количества б) качества | кг, ц % руб. | 20% |
| Снижение выхода деловой древесины и упущенный доход | %, м ³ руб. | 20% 1000 руб. |
| Снижение количества и сортности древесины и упущенный доход | %, м ³ руб. | 20% 1000 руб. |

Более сложным (и пока неразработанным) является учет потерь продуктов побочного пользования (ягод, грибов, охотничьих трофеев, дикоросов и др.), нарушений рекреационных функций леса, ухудшения его ландшафтообразующих, водорегулирующих, почвозащитных, климаторегулирующих свойств, его способности служить фитофильтром и аккумулировать загрязнения. Пока еще трудно определить потери и упущенный доход от повреждения леса вредителями и болезнями за счет возможного смещения цикла воспроизводства леса и за счет снижения его суммарной биологической продуктивности как меры депонируемого углерода.

10.2. Методы интегральной оценки состояния деревьев и насаждений

Категории состояния деревьев. При проведении лесопатологического мониторинга, назначении лесозащитных мероприятий и прогнозе состояния и устойчивости насаждений возникает необходимость в оценке состояния как отдельных деревьев, так и всего насаждения в целом. Для решения этой сложной задачи используют такие универсальные показатели, как категория состояния дерева и насаждения.

Категория состояния деревьев – интегральная балльная оценка состояния деревьев по комплексу визуальных признаков (густоте и цвету кроны, наличию и доле усохших ветвей в кроне, состоянию коры и др.). Выделяют 6 основных категорий состояния деревьев: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – сухостой текущего года, 6 – сухостой прошлых лет.

Применение категорий состояния деревьев позволяет формализовать процесс отвода деревьев в санитарную рубку, поэтому описание основных 6-ти категорий деревьев отдельно для хвойных и лиственных пород было закреплено в приложении к Санитарным правилам в лесах Российской Федерации (1998).

Кроме упомянутых в санитарных правилах 6-ти основных категорий состояния деревьев, часто приходится выделять ряд дополнительных.

Дерево суховершинное – дерево с усохшей вершиной под влиянием воздействия болезней, вредителей, засухи, промышленного загрязнения или других неблагоприятных факторов среды. В зависимости от протяженности усохшей вершинной части оно может относиться к любой из трёх – 2-й, 3 или 4-й категорий состояния (рис. 77).

Дерево ветровальное – дерево, поваленное под действием ветра на землю с частично или полностью вывернутой и оторвавшейся от почвы корневой системой, прочность которой обычно нарушена гнилью или в связи с неблагоприятными почвенно-грунтовыми условиями (рис. 78).

Дерево буреломное – дерево, сломленное под действием ветра или другого упавшего дерева (рис. 79).

Снеговал и снеголом – деревья, как правило, молодые высокие и тонкоствольные, согнувшиеся либо сломавшиеся под тяжестью обильного снегопада (рис. 80).

Для ветровальных, буреломных и сломленных снегом деревьев при их учете следует отдельно указывать время их гибели – в текущем году или в прошлые годы.

Оценка категории состояния деревьев проводится и при мониторинге состояния насаждений во время их перечета на пробных площадях разного типа. При этом у каждого дерева измеряют диаметр на высоте груди (1.3 м) и отмечают поврежденность вредителями, пораженность болезнями и другими негативно воздействующими факторами природного и антропогенного характера (например: пожаром, топором, падением других деревьев, техногенными или дорожно-транспортными загрязнениями и др.). Признаки и типы повреждения и поражения деревьев вредителями и болезнями даны в разделе 10 настоящего методического пособия.

Применение шкалы категорий состояния в практике лесозащиты служит основой формирования системы лесопатологического мониторинга всего лесного фонда России. Однако с течением времени становятся очевидными и некоторые недостатки данной шкалы, в том числе субъективность оценки категорий состояния; отсутствие различий в оценке при отводе в рубку насаждений разного целевого назначения; недостаточная чувствительность шкалы при отслеживании небольших изменений в состоянии деревьев.



Рис. 77. Дерево суховершинное



Рис. 78. Деревья ветровальные



Рис. 79. Деревья буреломные



Рис. 80. Снеговал и снеголом

Субъективность оценки категорий состояния можно преодолеть, используя визуальные образы категорий состояния основных лесных пород (приложение 10).

Часто бывает необходимо выявить динамику усыхания по наличию в насаждении мертвого леса. В этом случае старый сухостой можно дифференцировать по годам усыхания, используя ряд специфических признаков (табл. 20). При некотором опыте старый сухостой хвойных пород прослеживается за период до 20 лет.

Если возникает необходимость отслеживания слабых изменений в состоянии насаждений за небольшой промежуток времени, можно использовать дробные категории состояния. В этом случае интервал между категориями состояния делится на десять частей и в ведомостях категория указывается с десятыми. Этот метод может применяться только после тщательной тренировки специалистами с большим стажем работ.

Категории состояния насаждений. Состояние насаждений – их качественная характеристика по комплексу показателей, отражающая соответствие характеризуемого объекта определенной норме в конкретных обстоятельствах места и времени в соответствии с целевым назначением лесов, их породным составом, возрастной структурой при определенных условиях среды. Определяется по комплексу признаков, в том числе по соотношению деревьев разных категорий состояния. Различают *лесопатологическое* и *санитарное состояние насаждений*.

Лесопатологическое состояние насаждений – их характеристика по комплексу признаков, учитывающая поврежденность насаждений вредителями и пораженность болезнями и другими неблагоприятными факторами среды природного и антропогенного характера, диагностирующая причины (факторы) ослабления и усыхания деревьев и указывающая их роль. Характеристика лесопатологического состояния насаждений включает данные о составе, структуре и уровне численности популяций вредителей, а также особенностях распространения и развития болезней.

Показатели поврежденности вредителями – комплекс показателей, используемых при лесопатологических обследованиях насаждений с нарушенной устойчивостью и при надзоре в очагах вредителей.

Поврежденность, или заселенность, вредителями – доля поврежденных или заселенных насекомыми деревьев.

Степень поврежденности крон хвое- и листогрызущими насекомыми определяют глазомерно: слабая – до 25 %, средняя – 25...50, сильная – 50...75, полная – более 75 %.

Показатели пораженности насаждений болезнями – комплекс показателей, используемых при лесопатологических обследованиях насаждений с нарушенной устойчивостью и при надзоре в очагах болезней.

Распространенность болезни, или пораженность болезнями древостоя – доля больных деревьев в процентах.

Развитие болезни – степень поражения деревьев, выраженная в баллах или процентах. Балльную шкалу применяют при глазомерной оценке поражения и пользуются ей при оценке роли (вредоносности) болезни.

Поражение деревьев болезнями устанавливают по наличию плодовых тел, раковых ран, суховершинности, пожелтению хвои (листвы), смолотечению и другим признакам (см. раздел 9).

Таблица 20. Отличительные признаки сухостоя хвойных пород по годам усыхания

| Категория сухостоя | Характеристика | | | Прочие признаки |
|--------------------|---|--|---|--|
| | Крона | Кора | Древесина | |
| Текущего года | Хвоя обычно сохраняется, желтая, бурая или серая | Сохраняется полностью или опадает в местах повреждения дятлами, луб белый, розоватый или желто-бурый | Цвет не изменяется или поражается синевой | Обычно заселены короедами, усачами, златками, смолевками, рогахвостами, обильно встречаются энтомофаги |
| Прошлого года | Сухая хвоя сохраняется на части ветвей или осыпается полностью | Сохраняется полностью или частично, легко опадает, луб бурый или черный | Поражение синевой, часто на поверхности у комля пленки и тяжи грибницы | В первой половине лета, а иногда и позднее под корой и в древесине встречаются личинки усачей, златок, смолевок, рогахвостов, их куколки, некоторые энтомофаги и детритофаги |
| 2 лет | Хвоя отсутствует, мелкие ветви 4-го порядка в кроне сохраняются | Сохраняется только лишь на небольшой части ствола или осыпается полностью, луб бурый или черный | Поражается синевой, а у комля часто дереворазрушающим и грибами, цвет желтовато-серый | В древесине у комля на корневых лапах встречаются личинки комлевых усачей, под корой личинки трухляков, стафилинов, двукрылых, многоножки |
| 3 лет | Хвои нет, сохраняются только ветви 3-го порядка | Обычно отсутствует, либо сохраняется у комля | Поражение у комля дереворазрушающим и грибами, на остальной части ствола серая | Под корой многоножки, личинки двукрылых, щелкунов, появляются плодовые тела дереворазрушающих грибов |
| 4...5 лет | Сохраняются только ветви 2-го порядка | То же | То же | В гнилой древесине личинки чернотелок, двукрылых, пластинчатоусых, щелкунов, имеются часто плодовые тела грибов |
| 6 лет и более | Сохраняются только ветви 1-го порядка, позднее и они опадают | « — » | « — » | В гнилой древесине личинки насекомых (те же, что указаны для сухостоя 4...5 лет) и черви, у комля часто плодовые тела грибов |

Санитарное состояние насаждений – характеристика, учитывающая соотношение деревьев разных категорий состояния, данные о доле или запасе сухостоя и валежника, данные о характере их распределения в насаждении.

Показатели, характеризующие санитарное состояние насаждений:

текущий отпад – доля или запас деревьев, усохших в текущем году. Различают абсолютный и относительный текущий отпад: абсолютный текущий отпад вычисляют по количеству деревьев на 1 га и по запасу древесины – в м³/га, относительный текущий отпад оценивают по числу стволов в процентах от общего числа и по запасу древесины в процентах от общего запаса насаждения;

общий отпад – это объем сухостоя и валежника (ветровала, бурелома, снеголома и др.), общая захлавленность леса, объем порубочных остатков, неокоренной древесины.

При оценке санитарного состояния насаждений учитывают сухостой, ветровал, бурелом, не вывезенную из леса древесину с примерным указанием занятой ими площади (в га) и массы. Запас сухостоя вычисляют в м³/га или в % от общего числа деревьев. Указывают также время образования сухостоя (свежий, старый) и его состояние (незаселенный, заселенный или отработанный стволовыми вредителями, пораженный гнилью и др.).

При оценке состояния насаждений отмечают особенности размещения сухостоя, валежника и пораженных болезнями деревьев, а именно:

- единичное – учитываемые категории деревьев встречаются на обследуемом участке единично;
- групповое – небольшими группами до 10 деревьев;
- куртинное – наблюдается усыхание или поражение деревьев куртинами разной величины до 0.25 га;
- сплошное – усыхание деревьев, пораженность их болезнями наблюдается сплошь на участках площадью более 0.25 га.

При характеристике санитарного состояния насаждений должны быть установлены причины ослабления и усыхания деревьев (например: корневые гнили, нарушение санитарных правил и др.), выявлены основные виды болезней и вредителей и особенности их распространения.

Оценка санитарного состояния насаждений проводится по комплексу индикаторных показателей: размер текущего и общего отпада (усыхания), характер (размерность и тип распределения) отпада, поврежденность древостоя вредителями, пораженность болезнями и

другими неблагоприятными факторами природного и антропогенного характера, сохранность или нарушенность лесной среды и пр.

К I классу (биологически устойчивым, жизнеспособным) относят насаждения, в которых текущий отпад не превышает нормального для данных возраста и условий произрастания, поврежденность деревьев вредителями и болезнями незначительна или отсутствует, лесозащитные мероприятия здесь, как правило, не требуются.

Ко II классу (с нарушенной устойчивостью, жизнеспособностью) относят насаждения, где размер усыхания, в том числе текущий отпад, значительно превышает нормальный для данных возраста и условий произрастания, при этом средний диаметр отпада близок или выше среднего диаметра насаждения, здесь обычно требуется назначение лесозащитных мероприятий.

К III классу (насаждения, утратившие устойчивость, жизнеспособность) относят расстроенные насаждения, в составе которых усохла или усыхает значительная часть деревьев основного полога, после выборки которых образуется редины; в этих насаждениях, как правило, назначают сплошные санитарные рубки с последующим лесовосстановлением.

Разделение насаждений на три класса позволяет выявить участки леса и лесные территории, где деятельность вредителей и болезней и других факторов негативного воздействия привела к полному или частичному усыханию леса, и дифференцированно подойти к выбору и назначению в них лесозащитных мероприятий.

Для интегральной оценки состояния древостоя часто используют *средневзвешенную категорию состояния деревьев на пробной площади*.

Для этого каждой категории состояния дерева придается индекс – N_i . Деревьям 1-й категории (без признаков ослабления) – N_1 ; 2-й категории (ослабленные) – N_2 ; 3-й (сильно ослабленные) – N_3 ; 4-й (усыхающие) – N_4 ; 5-й (сухостой текущего года) – N_5 ; 6-й (сухостой прошлых лет) – N_6 .

Состояние древостоя в целом (средневзвешенная категория состояния) оценивается по количественному соотношению деревьев разных категорий или по доле их запаса в насаждении:

$$N_{cp.} = (N_1 + 2 \times N_2 + 3 \times N_3 + 4 \times N_4 + 5 \times N_5 + 6 \times N_6) / (\sum N_i).$$

Насаждениями *неудовлетворительного санитарного состояния* считаются такие, средневзвешенная категория состояния которых превышает 1.5 балла, а также насаждения с текущим отпадом, превышающим норму.

Следует иметь в виду, что старый сухостой следует включать в расчет средневзвешенной категории состояния только в том случае, если патологический процесс отпада деревьев начался недавно и продолжается до настоящего времени. В противном случае искусственно занижается текущее состояние древостоя. Подобные случаи довольно обычны в таежных лесах, где старый сухостой хвойных пород, образовавшись, например, после пожара, стоит десятки лет и никак не характеризует текущее состояние насаждения. Лесоустроители обычно выводят такой сухостой за пределы состава насаждения.

Интегральным показателем состояния лесных насаждений является *индекс состояния насаждений* (I_s), с помощью которого можно оценить не только состояние лесных насаждений в текущий момент, но и его динамику, и темпы изменения. При его вычислении главным показателем является структура древостоя, соотношение деревьев разных категорий состояния (N_i) с учетом их размеров.

Доля каждой категории состояния деревьев определяется как сумма их площади поперечного сечения ($\sum q_i$), которая приравнивается к 10:

$$\sum q_i = (\sum q_1 + \sum q_2 + \sum q_3 + \sum q_4) = 10.$$

Это дает возможность учесть их размеры и вклад в продукционные процессы древостоя.

У каждой категории состояния дерева определяется (визуально или эмпирически) коэффициент охвоенности (облиственности) кроны (f_i). У деревьев 1-й категории (N_1 – без признаков ослабления) f , принимается равным 1, у сухостойных деревьев (N_5 и N_6) – равным 0. У других категорий деревьев он колеблется от 0.8 до 0.16. Округленно можно принять их равными:

для категории N_2 (ослабленных) – $f_2 = 0.8$;

для категории N_3 (сильно ослабленных) – $f_3 = 0.4$,

для категории N_4 (усыхающих) – $f_4 = 0.16$ или округленно 0.2.

Индекс состояния (I_s) характеризует общее состояние и жизнеспособность насаждений. Он определяется по суммарной степени охвоенности (облиственности) крон древостоя (F) и сохранности природной (лесной) среды, о которой судят по сомкнутости крон (полноте) древостоя (p). При этом полноте насаждения, нормальной для данных условий местопроизрастания и свойственной его возрастному этапу, присваивается коэффициент p' (норм.), равный 1; при средней в соответствующих условиях полноте – p' (сред.) = 0.8, при низкой – p' (низк.) = 0.6.

Дополнительно можно вводить коэффициенты, учитывающие действующие на территории насаждения экстремальные факторы среды, продолжительность и характер их неблагоприятного воздействия (загрязнения, рекреация, пожар, насекомые и болезни и других) и реакцию деревьев на это воздействие (k_i).

Индекс состояния насаждения, таким образом, определяется как:

$$I_s = F p' k_i,$$

$$F = \sum q'_1 + \sum q'_2 f_2 + \sum q'_3 f_3 + \sum q'_4 f_4,$$

где:

$\sum q'_i$ – суммы площадей сечения деревьев i -й категории состояния, выраженные как доля от 10 единиц;

f_i – коэффициент охвоенности, облиственности деревьев разных категорий как мера их биологической продуктивности и жизнеспособности;

p' – сохранность лесной среды или коэффициент, отражающий соответствие наблюдаемой полноты условиям произрастания и возрастному этапу насаждения;

k_i – коэффициенты, характеризующие интенсивность воздействия экстремального фактора среды.

При отсутствии достоверных данных о значениях коэффициентов, характеризующих степень или уровень влияния (вес) тех или иных факторов воздействия на состояние древостоев, коэффициенты k , можно опустить. Они важны, в основном, при прогнозе динамики изменения состояния насаждений (в прогностических моделях) и могут быть впоследствии получены эмпирическим путем по результатам многолетних наблюдений на постоянных пробных площадях.

11. АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Климат и погода – важнейшие факторы сезонной и многолетней динамики численности лесных насекомых. Под климатом понимают многолетний режим погоды, обусловленный географическим положением местности. К основным климатообразующим факторам относят солнечную радиацию, атмосферную циркуляцию и подстилающую поверхность. Закономерности географической изменчивости климата необходимо учитывать при разработке зональных систем лесозащитных мероприятий. Климат определяет распространение насекомых, границы их ареалов и зон вредности, а погодные условия влияют на сроки и интенсивность развития насекомых, динамику численности их популяций.

11.1. Основные принципы использования гидрометеорологической информации для лесопатологического мониторинга

Анализ гидрометеорологической информации для лесопатологического мониторинга базируется на основных законах экологии и биоклиматологии. Важнейшие из них следующие:

1. **Закон равнозначности** (или незаменимости) различных экологических факторов. Сущность его состоит в том, что ни один из факторов, обеспечивающих жизнедеятельность насекомых, не может быть ни исключен, ни заменён другим. Так, свет нельзя заменить теплом, тепло влагой и т.д. – все они необходимы для жизни насекомых.

2. **Закон неравноценности** факторов среды обитания насекомых. Сущность его заключается в том, что не все факторы среды оказывают одинаковое воздействие на насекомых, поэтому их условно разделяют на основные и второстепенные. Основные факторы – свет, тепло, влага – оказывают непосредственное прямое и косвенное воздействие на поведение и развитие насекомых. Другие – второстепенные (ветер, облачность, атмосферное давление и др.) играют косвенную роль, корректируя действия основных факторов: усиливая или ослабляя их действие. Так, ветер смягчает действие заморозков, облачность в ночное время, уменьшает охлаждение почвы. Основные факторы оказывают влияние на всех этапах жизненного цикла насекомых и на всей территории их обитания. Роль второстепенных факторов проявляется лишь на отдельных этапах жизненного цикла насекомых и, как правило, на относительно небольших территориях.

3. **Закон минимума** (или лимитирующего фактора). Согласно этому закону, при оптимальных прочих условиях обитания насекомых уровень численности их популяций определяется тем фактором, который находится в минимуме.

4. **Закон оптимума** (или сопряженного действия факторов). Согласно этому закону, наибольший коэффициент размножения насекомых обеспечивается оптимальным сочетанием всех факторов, модифицирующих их численность.

5. **Закон критических периодов** в жизненном цикле насекомых. Сущность его заключается в том, что в жизненном цикле отдельных видов и популяций насекомых существуют критические периоды, когда насекомые наиболее остро реагируют на изменение какого-либо фактора (температуры, влаги, солнечной радиации и т.д.) или на сочетание нескольких факторов среды обитания.

6. **Закон фотопериодической реакции**, который заключается в том, что насекомые, реагируя на продолжительность светового дня, ускоряют или замедляют своё развитие.

Закономерности связей насекомых с климатом и погодой носят пространственно-временной характер, что является их важнейшей особенностью. Для характеристики влияния погоды и климата на насекомых обычно используют такие понятия, как биоклиматические и биометеорологические условия. Под биометеорологическими условиями понимается режим погоды, определяемый совокупностью метеорологических и гидрологических элементов, имеющих существенное значение для жизнедеятельности насекомых. К ним относят: температуру воздуха и почвы, влажность воздуха и почвы, солнечную радиацию, осадки, снежный покров, ветер и др. При анализе биометеорологических условий, в отличие от биоклиматических, основной акцент делается на выявлении временных закономерностей.

Биоклиматический критерий прогноза (Md_{Σ}) характеризует погодные условия раннелетнего периода (последняя декада мая, первая и вторая декады июня). Переход на однолетний цикл возможен с $Md_{\Sigma} < 0.4$.

11.2. Метеорологическая информация (основные формы и содержание)

Для лесозэнтомологического мониторинга используют четыре формы метеорологической информации, обеспечивающей многоплановую оценку:

- климатических особенностей региона;
- погодных условий отдельных лет и сезонов года (весны, лета, осени, зимы);
- погодной ситуации в критические периоды жизненного цикла насекомых;
- метеорологических явлений, вызывающих абиотический стресс у растений и через сложную систему биоценологических связей модифицирующих численность насекомых.

Первичная информация о климате региона представляет собой средние показатели главных его характеристик за многолетний период метеорологических наблюдений, проводимых в данном регионе. Эта информация включает:

- среднегодовые показатели температуры и суммы осадков;
- средние сроки наступления сезонов года – весны, лета, осени, зимы – и отклонений от них;
- показатели температуры и сумм осадков в каждом сезоне.

За начало весеннего сезона принимают период устойчивого повышения среднесуточной температуры от 0 до 15 °С; летнего сезона – период с устойчивыми среднесуточными температурами выше 15 °С. За начало осеннего сезона принимают период устойчивого перехода среднесуточной температуры от 15 °С в сторону её снижения; начало зимнего сезона – установление температуры ниже 0 °С.

Существенное значение для характеристики климата региона имеют следующие показатели: самые высокие и низкие среднесуточные температуры воздуха; продолжительность засушливых периодов в зависимости от их сезонного проявления; периоды максимального выпадения осадков, наибольшая высота снежного покрова и продолжительность его непрерывного сохранения на поверхности почвы; глубина промерзания почвы в зимний период.

Для жизнедеятельности насекомых особое значение имеют метеорологические показатели, характеризующие диапазоны изменчивости всех основных климатических данных по годам и чистоту повторяемости наибольших отклонений в сторону минимальных и максимальных величин.

Для характеристики погоды прошедшего года используют следующие показатели: температура воздуха (°С) среднесуточная (фактическая и отклонения от многолетней нормы по средним декадным данным), минимальная и максимальная за декаду; сумма осадков в миллиметрах и процентах от многолетней нормы по декадам, а также характер распределения осадков по территории (повсеместное, очаговое).

Для характеристики фенологических сезонов (весна, лето, осень, зима) используют время наступления сезона (фактическая дата); отклонения от средних сроков (+,-) в сутках и среднесезонные показатели температуры воздуха и осадков.

Характеристика зимнего сезона включает:

- сроки наступления и окончания сезона (фактическая дата, отклонение от средних сроков (+,-) в сут.);
- минимальную температуру почвы на глубине зимовки насекомых;
- наибольшую и среднюю высоту снегового покрова;
- дату установления схода устойчивого снегового покрова.

Для характеристики климата региона, погодных особенностей отдельных лет и сезонов используют данные метеорологических станций, расположенных в регионе с учётом их местоположения (рельеф, высота над уровнем моря)

Метеорологическая информация, необходимая для расчета фенологических показателей, характеризующих сроки развития и выживаемость насекомых, должна поступать в региональные центры защиты леса для последующей обработки, анализа и хранения в компьютерной базе данных. Эта база включает показатели температуры и влажности воздуха, суммы осадков, а также гидротермического режима за отдельные отрезки времени. Чаще всего их используют для обобщённых количественных характеристик состояния погоды в отдельные критические периоды жизненного цикла вредителей. С этой целью рассчитывают суммы температур (средних, экстремальных, активных, эффективных и др.) или различные показатели увлажнения, определяемые по формулам Г.Т. Селянинова, Д.И. Шашко, М.И. Будыко и др.

Для отдельных видов насекомых-вредителей подчитывают количество дней и декад, соответствующих критическому периоду, когда для них складываются особо экстремальные условия.

Основными показателями термических ресурсов территории и потребности насекомых в тепле являются суммы активных и эффективных температур (табл. 21).

Таблица 21. Перевод среднедекадных температур в суммы эффективных температур за декаду при нижнем пределе эффективных температур, равном 10 °С

| °С | Десятые доли °С | | | | | | | | | |
|----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 |
| 9 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| 10 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 |
| 11 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 |
| 12 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 |
| 13 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 38 | 39 | 40 | 41 |
| 14 | 42 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 46 | 47 | 48 | 49 |
| 15 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 |

Под термическими ресурсами понимают количество тепла, которым располагает данная территория в силу своего географического положения. Потребность в тепле есть количество тепла, необходимое данному виду насекомых для прохождения жизненного цикла.

Термические ресурсы территории обычно оценивают суммой активных температур воздуха выше 10 °С, так как при средней суточной температуре воздуха 10 °С и выше наблюдается активное развитие многих видов лесных насекомых и их кормовых пород. Термические ресурсы территории изменяются в зависимости от широты местности, высоты над уровнем моря и ряда других факторов.

Потребность отдельных видов насекомых в тепле выражают суммами активных или эффективных температур воздуха за период, ограниченный лимитными температурами (нижним и верхним порогами развития). Для многих видов лесных насекомых пороговой температурой начала развития является средняя суточная температура воздуха 5...8 °С. Для теплолюбивых видов насекомых (например, златок) лимитными являются среднесуточные температуры воздуха 10... 12 °С.

Сравнивая термические ресурсы территории и потребность отдельных видов насекомых в тепле, вычисляют такую важную биоклиматическую характеристику, как обеспеченность насекомых теплом. Ее рассчитывают с помощью интегральных кривых обеспеченности, построенных для разных климатических зон.

Для характеристики термических ресурсов почвы используют суммы температур выше 0.5, 10, 15 °С на разных глубинах, а также сумму отрицательных температур (-5, -10, -15 °С). Прямым показателем влагообеспеченности является количество осадков (за год, сезон или месяц).

Косвенными показателями служат различные коэффициенты, представляющие собой отношение осадков к испаряемости или факторам испарения (температуре, дефициту влажности воздуха). Предложен ряд показателей: гидротермический коэффициент Г.Т. Селяшова, показатели увлажнения Д.И. Шашко, М.И. Будыко, В.С. Мезенцева.

Показателями условий зимовки насекомых служат абсолютный минимум температуры воздуха (на высоте 2 м) и почвы (на глубине 3 см), средний из абсолютных минимумов температуры воздуха и почвы (на той же высоте и глубине), средняя температура воздуха самого холодного месяца. В ряде случаев для характеристики зимних условий применяют так называемый снежно-температурный коэффициент: отношение высоты снежного покрова к средней температуре воздуха, или высоты снежного покрова к среднему из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха.

Показателем степени континентальности климата могут служить продолжительность весны (в температурных границах 5...15 °С) и осени (в температурных границах 15...5 °С). Чем континентальнее климат, тем более короткими оказываются весна и осень, что имеет большое значение для жизнедеятельности насекомых (темп развития, уровень смертности, отрыв от паразитов) и проведения лесозащитных работ.

Кроме вышеназванных показателей, для оценки климатических особенностей территорий дополнительно используют: даты наступления фенологических сезонов, экстремальные значения основных метеорологических элементов, продолжительность беззаморозкового периода (ранее он назывался безморозным), различные показатели засушливости и др.

11.3. Метеорологические характеристики температурного режима

При оценке температурного режима территории для лесопатологического мониторинга используют показатели, дающие наиболее полное представление об общем количестве тепла за год или за отдельные периоды (сезон, месяц, декаду, сутки), а также о годовом и суточном ходе температуры воздуха. Выделяют 3 группы показателей термического режима: средние температуры, экстремальные температуры, суммы температур.

Средние температуры – широко используемые температурные показатели, вычисляемые за различные временные интервалы (декаду, месяц, сезон, вегетационный период и т.д.). Средняя суточная температура вычисляется как среднее арифметическое температур за все сроки наблюдения. В настоящее время (с 1966 г.) на метеорологических станциях России температуру воздуха измеряют 8 раз в сутки. Установлены единые сроки наблюдения: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч. Суммируя температуры за все сроки наблюдений и разделив эту сумму на 8, получают среднесуточную температуру воздуха. Среднемесячная температура – среднее арифметическое из средних суточных температур за все дни месяца. Средняя годовая температура – среднее арифметическое из средних суточных (или средних месячных) температур за весь год. Средняя годовая температура воздуха даёт лишь грубое представление об общем количестве тепла, но не характеризует годовой ход температуры. Поэтому для характеристики годового хода температур используют данные о средних температурах самого холодного и самого тёплого месяцев года.

Средние месячные и средние декадные температуры используют для характеристики температурных условий отдельных периодов. Однако все осреднённые характеристики не дают достаточно полного представления о суточном и годовом ходе температур.

Экстремальные температуры существенно дополняют сведения о средних температурах. Амплитуда суточного и годового хода температур воздуха характеризует степень континентальности климата, имеет существенное значение в жизни насекомых, особенно в суровых условиях Сибири.

Суточный ритм температуры воздуха обусловлен суточным ходом температуры среды. Он нередко нарушается вторжениями тёплых и холодных воздушных масс. Амплитуда суточного хода температуры в континентальном климате достигает 20 °С и более. Это – важный показатель термических условия развития и размножения насекомых.

Годовой ход температуры воздуха в основном определяется годовым ходом температуры подстилающей поверхности. Амплитудой годового хода называется разность между средними месячными температурами самого тёплого и самого холодного месяцев. Абсолютной годовой амплитудой называется разность между абсолютным максимумом и абсолютным минимумом температуры воздуха за год, т.е. между самой высокой и самой низкой температурой, наблюдавшейся в течение года. Амплитуда годового хода воздуха зависит от географической широты местности, её удалённости от моря, абсолютной высоты и годового хода облачности.

Суммы температур (биологические, эффективные, активные и др.) нашли широкое применение в сельскохозяйственной метеорологии и защите растений, как показатели, характеризующие в условных единицах (градусоднях) теплообеспеченность территории или суммарную потребность в тепле растений и пойкилотермных животных. В России для сельскохозяйственной оценки климата Г.Т. Селяниновым впервые были использованы суммы активных температур выше 10 °С. Они служат показателем обеспеченности теплом периода активного развития насекомых и активной вегетации их кормовых растений.

Суммы активных температур складываются из средних суточных температур выше 10 °С. Установлена тесная связь между суммой температур выше 10 °С и годовой суммой радиационного баланса.

Для выражения потребности биологических объектов в тепле обычно используют суммы эффективных температур. Это суммы средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума, при котором развивается тот или иной вид растений или насекомых. В настоящее время суммы эффективных температур установлены для многих видов лесных насекомых (как для отдельных этапов их онтогенеза, так и для всего жизненного цикла). Суммы активных и эффективных температур имеют экологическое значение, выражая связь насекомых со средой обитания.

Схема расчёта сумм активных и эффективных температур воздуха приведена в табл. 22.

Средняя суточная температура и её суммы нивелируют термические различия в суточном ходе температуры воздуха. Это определяет необходимость отдельного учёта средних дневных и средних ночных температур воздуха и их сумм для более точной оценки влияния температурного режима на поведение и развитие лесных насекомых.

Суммы средних дневных и средних ночных температур воздуха, как правило, рассчитывают за период, когда средние температуры дня и ночи превышают 10 °С (аналогично подсчёту сумм

активных температур). В средних дневных и средних ночных температурах воздуха косвенно учитываются географическая изменчивость длины дня и ночи, а также изменение континентальности климата и особенностей температурного режима различных форм рельефа (табл. 23), поэтому при одной и той же средней суточной температуре воздуха могут наблюдаться различные сочетания средних дневных и средних ночных температур. Как видно из табл. 24, в континентальных районах Азиатской России суммы дневных температур больше средних суточных сумм температур, а сумма ночных температур меньше средних суточных сумм.

В Центральной Якутии разница между суммами температур дня и ночи в период активного развития сибирского шелкопряда может достигать более 1000 °С (точнее, градусодней). Это определяет региональную специфику фенологии вредителя и потенциальную возможность его развития по однолетней генерации.

Таблица 22. Пример расчёта сумм активных и эффективных температур воздуха (10-18 мая), °С

| Температура воздуха | 10.V | 11.V | 12.V | 13.V | 14.V | 15.V | 16.V | 17.V | 18.V | Сумма |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Средняя суточная | 12.0 | 10.5 | 8.6 | 4.9 | 7.6 | 12.0 | 15.1 | 18.2 | 16.0 | 106.9 |
| Активная выше 10 °С | 12.0 | 10.5 | 0 | 0 | 0 | 12.0 | 15.1 | 18.2 | 16.0 | 83.8 |
| Эффективная выше 5 °С | 7.0 | 5.5 | 3.6 | 0 | 2.6 | 7.0 | 10.1 | 13.2 | 11.0 | 60.0 |
| Эффективная выше 10 °С | 2.0 | 5.0 | 0 | 0 | 0 | 2.0 | 5.1 | 8.2 | 6.0 | 23.8 |

Таблица 23. Повторяемость и обеспеченность времени устойчивого перехода температуры воздуха через 10 °С по пентадам (Якутск)

| Показатели | Май | | | | Июнь | | | Август | | | | Сентябрь | | |
|-------------------|---------|---|----|----|------|-----|---|--------|---|----|----|----------|----|-----|
| | Пентады | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 3 | А | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 |
| Число случаев | 1 | 2 | 14 | 28 | 7 | 4 | - | 1 | 1 | 4 | 19 | 19 | 11 | 1 |
| Повторяемость, % | 2 | 4 | 25 | 50 | 12 | 7 | - | 2 | 2 | 7 | 34 | 33 | 20 | 2 |
| Обеспеченность, % | 2 | 6 | 31 | 81 | 91 | 100 | - | 2 | 4 | 11 | 45 | 78 | 88 | 100 |

Таблица 24. Повторяемость и обеспеченность сумм температур за период выше 10 °С (Якутск)

| Показатели | Суммы температур, °С | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 |
| Число случаев | 1 | 2 | 6 | 10 | 16 | 10 | 7 | 3 | 0 |
| Повторяемость, % | 2 | 4 | 10 | 18 | 29 | 18 | 13 | 6 | 0 |
| Обеспеченность, % | 100 | 98 | 94 | 84 | 66 | 37 | 19 | 6 | 0 |

11.4. Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода

Обеспеченность теплом вегетационного периода характеризуется суммами активных температур воздуха за период со средней суточной температурой, превышающей 10 °С, которые ежегодно более или менее значительно отклоняются от средней многолетней нормы. В отдельные годы эти отклонения могут достигать ± 400...600 °С, что оказывает большое влияние на сроки развития насекомых, их популяционные параметры и градационную активность. При большой положительной аномалии сумм активных температур создаются благоприятные условия (особенно в сочетании с дефицитом осадков) для резкого подъёма численности насекомых-вредителей.

Метод прогноза теплообеспеченности вегетационного периода, разработанный Ф.Ф. Давитая, основывается на связи сумм активных температур ($\Sigma t_{>10}$) с датой весеннего перехода средней суточной температуры воздуха через 10 °С. Эта связь установлена в результате обработки многолетних метеорологических наблюдений, проведённых в различных географических пунктах на территории России и сопредельных стран. Установлено, что коэффициенты корреляции между датами перехода температуры воздуха через 10 °С и суммой температур выше 10 °С выражаются величинами от 0.6 до 0.9 в зависимости от географического района. Для Санкт-Петербурга, где метеорологические наблюдения проводятся с 1744 г., уравнение связи имеет следующий вид:

$$\Sigma t = -18.25D + 2759;$$

$$R = -0.74,$$

где:

Σt – сумма температур за период со средней суточной температурой воздуха $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 D – дата весеннего перехода температуры через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, выраженная числом дней от 1 апреля;
 R – коэффициент корреляции.

Например, переход температуры через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ весной в холодном 1935 г. отмечен 26 мая, отсюда:

$$\Sigma t = -18,25 \times 56 + 2759 = 1737\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Фактически в этом году сумма активных температур составила $1775\text{ }^{\circ}\text{C}$. Разница между фактической и рассчитанной суммой составила всего $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. ошибка прогноза равна 2% .

Аналогичные корреляционные уравнения составлены и для других пунктов на территории России, включая Сибирь и Дальний Восток (табл. 25). Анализ этих связей показывает: чем позднее наступает дата устойчивого перехода температуры через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, тем меньше тепла ($\Sigma t_{>10^{\circ}}$) накапливается за вегетационный период. Поздняя весна является предвестником общего дефицита тепла в данном году. Установлено, что при поздней весне резко возрастает сумма тепла первой половины вегетационного периода (в течение 2 мес. от весеннего перехода температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) и, наоборот, резко снижается сумма тепла в оставшуюся часть вегетационного периода.

Наиболее контрастны различия в развитии сезонных явлений при ранних и поздних вёснах в районах с резкоконтинентальным климатом.

В зависимости от темпа весеннего развития природных процессов изменяется количество тепла, накапливаемого в первую и вторую половину вегетационного периода. Например, в Барнауле (Алтайский край) в 1898 г. переход температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдался 28 мая (поздняя весна) и сумма температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ составила $1872\text{ }^{\circ}\text{C}$, из них в первую половину вегетационного периода накопилось $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во вторую – $622\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 1899 г. переход температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ зарегистрирован 9 мая (ранняя весна), и сумма температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ составила $2129\text{ }^{\circ}\text{C}$, из которой в первую половину вегетационного периода накопилось $970\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во вторую – $1159\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. почти в 2 раза больше, чем в 1898 г.

Таким образом, при поздней весне создаются благоприятные условия для развития насекомых, личинки которых питаются в раннелетний период и, наоборот, при ранней весне значительное накопление тепла во второй половине вегетационного периода способствует росту численности насекомых, составляющих летне-осеннюю фенологическую группировку.

Метод долгосрочного прогноза теплообеспеченности вегетационного периода и его частей (подпериодов) имеет большое практическое значение. Результаты прогноза могут быть использованы для корректировки сроков проведения лесопатологического мониторинга и других лесозащитных мероприятий с учетом региональных особенностей фенологии отдельных видов и экологических групп лесных насекомых.

Таблица 25. Корреляционная связь между датами устойчивого перехода температуры воздуха через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ весной (D) и суммами активных температур за вегетационный период (ΣT)

| Пункты | Коэффициент корреляции | Уравнение регрессии |
|--------------|------------------------|-----------------------------|
| Томск | $r = -0.65 \pm 0.06$ | $\Sigma T = -18.36D + 2139$ |
| Иркутск | $r = -0.64 \pm 0.06$ | $\Sigma T = -20.73D + 2172$ |
| Якутск | $r = -0.62 \pm 0.06$ | $\Sigma T = -24.11D + 2224$ |
| Нерчинск | $r = -0.76 \pm 0.05$ | $\Sigma T = -20.76D + 2199$ |
| Благовещенск | $r = -0.74 \pm 0.06$ | $\Sigma T = -24.34D + 3366$ |
| Хабаровск | $r = -0.66 \pm 0.07$ | $\Sigma T = -20.23D + 2671$ |
| Владивосток | $r = -0.61 \pm 0.08$ | $\Sigma T = -14.60D + 2741$ |

Примечание. D – дата весеннего перехода температуры через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ определяется числом дней, отсчитываемым от 1 апреля.

11.5. Оценка условий увлажнения вегетационного периода

В качестве показателей увлажнения территории обычно используют средние многолетние суммы осадков за различные временные интервалы (год, сезон, месяц, декада). Однако осадки являются хотя и простым, но наиболее грубым показателем влагообеспеченности, так как их эффективность неодинакова при различных условиях испарения. В этой связи осадкам придается

определённые поправки в зависимости от условий испарения, которые характеризуются дефицитом влажности воздуха. Эффективное значение месячных осадков, приведённое в табл. 26, целесообразно учитывать при построении климограмм и анализе условий увлажнения вегетационного периода и его отдельных частей (подпериодов).

Таблица 26. Эффективное значение осадков при различном дефиците влажности воздуха

| Среднемесячный дефицит влажности воздуха, мб | Количество осадков, мм | | | | | |
|--|------------------------|-----------|---------------|------------|--------|------------------|
| | сухо | засушливо | полузасушливо | полувлажно | влажно | избыточно влажно |
| 2 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | >30 |
| 4 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | >60 |
| 6 | 18 | 36 | 54 | 72 | 90 | >90 |
| 8 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | >120 |
| 10 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | >150 |
| 12 | 36 | 72 | 108 | 144 | 180 | >180 |

В агрометеорологии для оценки условий увлажнения используют отношение количества осадков к испаряемости или основным факторам испарения (температуре и дефициту влажности воздуха, солнечной радиации и др.). Широко применяется предложенный Г.Т. Селяниновым гидротермический коэффициент (ГТК), определяемый по формуле:

$$ГТК = \Sigma P \times 10 / \Sigma T_{>10}, \text{ или } ГТК = \Sigma P / 0.1 \times \Sigma T_{>10}$$

где:

ΣP - сумма осадков за определённый период (не менее трёх декад);

$\Sigma T_{>10}$ – сумма температур воздуха выше 10 °С за тот же период.

Испаряемость в этой формуле (в мм) численно приравнена к сумме средних суточных температур за период с температурой выше 10 °С, уменьшенной в 10 раз.

Численные значения гидротермического коэффициента, по Г.Т. Селянинову, означают: 2.0 – избыточное увлажнение, 1.5 – хорошее, 1.0 – на грани засухи, 0.5 - сильная засуха, 0.0 – полное бездожде.

С использованием гидротермического коэффициента можно рассчитать календарные сроки начала и конца засушливых и сухих периодов, а также их продолжительность. Для расчёта календарных дат начала и конца этих периодов применяют формулу:

$$Д = (K - b/a - b) \times d + 15$$

где:

$Д$ – дата начала или конца указанных периодов;

K – пороговое значение ГТК (1.0 или 0.5);

b – среднее месячное значение ГТК ниже порогового;

a – соответствующее значение ГТК выше порогового;

d – число дней в месяце с ГТК = b .

Аналогичным образом можно рассчитывать даты начала и конца засушливого и сухого периодов с использованием пороговых значений и других коэффициентов увлажнения.

Так как условия увлажнения отдельных лет отличаются от средних, наряду со средними значениям ГТК используют временную изменчивость этого коэффициента (табл. 27).

Таблица 27. Среднее и наибольшее число дней с атмосферной засухой

| Станция | Месяц | | | | | | | |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | IV-X |
| Москва | 2/14 | 4/18 | 2/13 | 16 | 2/16 | 2/16 | 1/15 | 15/52 |
| Барнаул | 5/19 | 5/25 | 6/20 | 6/17 | 6/17 | 4/21 | 5/17 | 36/78 |
| Иркутск | 3/15 | 4/13 | 5/17 | 2/18 | 2/18 | 2/16 | 4/19 | 22/57 |
| Благовещенск | 7/21 | 7/19 | 7/13 | 6/29 | 6/29 | 5/24 | 7/19 | 44/116 |

Примечание. В числителе – среднее число дней с засухой; в знаменателе – наибольшее число дней с засухой (по материалам наблюдений 1881-1964 гг.)

Существенным недостатком показателя увлажнения Г.Т. Селянинова является то, что его значение при неустойчивой погоде (весной и осенью) преувеличивает, а при высоких летних температурах – преуменьшает оценку увлажнения и, тем самым, неточно определяет сезонную динамику увлажнения. Поэтому гидротермический коэффициент нельзя применять для оценки погодных условий весны и осени, когда температура воздуха ниже 10 °С.

Условия увлажнения в отдельные годы могут значительно отличаться от средних многолетних, поэтому практическую значимость приобретают расчёты вероятности и повторяемости различно увлажнённых лет. Вероятностные характеристики условий увлажнения различных природных зон России приведены в табл. 28.

Таблица 28. Вероятность различно увлажнённых лет по природным зонам

| Природная зона | Средний многолетний ГТК за период с t > 10 °С | Вероятность различно увлажнённых лет, % | | | | | |
|-------------------------|---|---|------------------|------------|-----------------|---------|-------------------|
| | | Сухих | Очень засушливых | Засушливых | Слабозасушливых | Влажных | Избыточно влажных |
| Тайга | >1.6 | 0 | 0 | 5 | 10 | 25 | 60 |
| Тайга и лиственные леса | 1.6...1.3 | 0 | 5 | 10 | 25 | 30 | 30 |
| Лесостепь | 1.3...1.0 | 0 | 15 | 25 | 30 | 20 | 10 |
| Типичная лесостепь | 1.0...0.7 | 10 | 25 | 35 | 20 | 5 | 5 |
| Южная степь | 0.7...0.4 | 35 | 45 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| Полупустыня | 0.4...0.2 | 75 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Пустыня | <0.2 | 98 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Кроме гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова, применяют и другие показатели увлажнения, предложенные Д.И. Шашко, М.И. Будыко, В.С. Мезенцевым и др.

Показатель увлажнения Д. И. Шашко (Md) характеризует отношение годовой или месячной суммы осадков к сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха и определяется по формуле:

$$Md = \Sigma P / \Sigma d ,$$

где:

Md – показатель увлажнения;

ΣP – сумма осадков, мм;

Σd – сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха, мб (или гПа),

Радиационный индекс сухости рассчитывается по формуле:

$$I_R = R/LP ,$$

где:

I_R – радиационный индекс сухости;

R – радиационный баланс;

L – скрытая теплота испарения;

P – годовое количество осадков.

Применение этого индекса затруднено ограниченностью данных по радиационному балансу. Однако автор формулы показал возможность определения радиационного баланса по суммам температур выше 10 °С. В этом случае радиационный индекс сухости выражается формулой: $I_R = P/0.18 \times \Sigma T_{>10}$, где P – осадки за год, мм.

Коэффициент увлажнения по В.С. Мезенцеву (K_m) рассчитывается по формуле:

$$K_m = P/0.22 T_{>10} + 306 ,$$

где:

P – осадки за год, мм;

$T_{>10}$ – сумма температур воздуха выше 10 °С.

11.6. Примеры прогнозирования развития насекомых на основе метеорологической информации

Температура, ниже которой жизнедеятельность насекомого прекращается, определяет нижний порог развития; температура, выше которой жизнедеятельность так же становится невозможной, – верхний порог развития. В пределах этих порогов влияние температуры на жизнедеятельность насекомых многообразно на всех стадиях сезонного развития.

С температурным режимом напрямую связана и влажность. Затяжная дождливая погода, как правило, сопровождается понижением температуры воздуха, что снижает устойчивость организма насекомого по отношению к болезням и усиливается косвенным фактором -изменением биохимического состава корма, особенно для открыто живущих видов, что, в свою очередь, приводит к нарушениям функции пищеварительной системы.

Температура определяет скорость онтогенеза лесных насекомых, продолжительность жизни и плодовитость имаго, подвижность насекомых, их пищевую активность и т. д. При увеличении температуры среды растёт скорость развития и прохождения фаз онтогенеза насекомых.

Продолжительность развития может исчисляться по формуле:

$$D = C/T - T_0 ,$$

где:

D – продолжительность развития, сут.;

C – сумма среднесуточных температур, нужная для развития (термальная константа);

T – среднесуточная температура периода развития;

T_0 – температура порога развития.

На основании многочисленных опытов с различными вредными насекомыми Сандерсон и Пирс выявили, что зависимость скорости развития насекомых от температуры может быть выражена формулой гиперболы. В России Прозоровым в лабораторных условиях были проведены исследования зависимости скорости отдельных фаз онтогенеза сосновой пяденицы, сибирского шелкопряда, шелкопряда-монашенки и черного пихтового усача. Во всех случаях наблюдалась гиперболическая зависимость скорости онтогенеза от температуры, при которой происходило развитие особей.

Однако время развития не определяется однозначно показателем суммы эффективных температур или средней температурой среды. На скорость развития насекомых влияет размах температурных колебаний. Развитие насекомых обычно замедляется при колебаниях температуры выше оптимальных. Если же колебания температуры достигают нижнего порога оптимума, то развитие особей ускоряется. По данным Кожанчикова, у непарного шелкопряда изменения температурного режима замедляют скорость развития особей только в случае, когда эти изменения ведут к сокращению потребления пищи.

Наряду с изменением сроков развития отдельных фаз насекомых, температура окружающей среды оказывает влияние на морфофизиологические параметры особей. Так, для сосновой пяденицы и шелкопряда-монашенки выявлена связь между изменением температуры в период развития личинки и массой куколки. Масса куколки, в свою очередь, определяет массу имаго и плодовитость бабочек. Таким образом, увеличение температуры в период развития личинок сосновой пяденицы сказывается на популяционных характеристиках вредителя в следующем году. Если в период питания гусениц сосновой пяденицы наблюдаются низкие температуры и большое количество осадков, то при окукливании в популяции резко растёт доля самцов. Увеличение доли самок в популяции сосновой пяденицы связано с тёплой и сухой погодой.

Распопов на примере сосновой пяденицы показал, что температура оказывает специфическое влияние на насекомых на определенных стадиях развития. Так, низкие температуры сентября приводят к задержке окукливания и гибели гусениц вредителя. Самцы окукливались раньше самок, здоровые – раньше зараженных, поэтому при задержке окукливания соотношение полов в популяции сдвигалось в сторону самцов, а степень зараженности популяции паразитами снижалась. С одной стороны, сдвиг полового индекса уменьшает общее число яиц, отложенных в следующем году, и, следовательно, приводит к уменьшению численности популяции сосновой пяденицы. С другой стороны, уменьшение уровня заражения паразитами приводит к увеличению выживаемости особей и, далее, к увеличению числа самок, числа отложенных яиц и числа гусениц следующего поколения. Таким образом, в этом случае воздействие температуры индуцирует сложную и неоднозначную по направленности своего воздействия цепь причинно-следственных связей.

При мониторинге лесопатологам приходится иметь дело не с отдельно взятыми климатическими факторами, а с их сочетаниями, притом непрерывно изменяющимися во времени и пространстве, чаще всего – с температурой и осадками вегетационного периода. При надзоре

необходимо организовать получение не реже одного раза в декаду или полумесяц сведений с ближайшей метеорологической станции о среднесуточной температуре воздуха и сумме осадков. Одновременно нужно располагать данными по той же станции о многолетних средних, по декадам или полумесяцам вегетационного периода, для среднесуточных температур воздуха и суммарных осадков. По получении данных вычисляются абсолютные и процентные отклонения за истекшую декаду или полумесяц от многолетних средних как по температуре, так и по осадкам. Полученные данные и результаты вычислений дают возможность судить о том, насколько истекшая декада или полумесяц благоприятствовали или не благоприятствовали развитию и жизнедеятельности поднадзорных вредителей.

А. С. Исаев, используя имитационные модели динамики численности популяций, и, в частности, выбрав в качестве модельного вида сосновую пяденицу, а в качестве модельных территорий – Минусинскую котловину (юг Красноярского края) и район Нижнего Приангарья, доказал, что для модели сосновой пяденицы ключевыми климатическими факторами являются ГТК мая и осадки июня и июля. Теплая и сухая погода в мае, а также сухая погода в июне-июле будут способствовать росту численности популяции. При климатических изменениях, которые будут выражаться в повышении температуры мая на 2...3 °С и уменьшении уровня майских осадков на 20...30 % в центральных районах Красноярского края, может возникнуть климатическая обстановка, благоприятная для развития вспышек массового размножения сосновой пяденицы.

Связь вспышек массового размножения сибирского шелкопряда с засухами подтверждается всеми авторами, изучавшими их. Чем длительнее и интенсивнее засушливый период, тем интенсивнее и порожденная им вспышка. Таким периодом, например для Западной Сибири, была сильная засуха в 1949-1955 гг., вызвавшая вспышку массового размножения сибирского шелкопряда, небывалую по территориальному охвату, интенсивности протекания и усыханию поврежденных деревьев.

Сибирский шелкопряд настолько хорошо реагирует на потепление и инсоляцию, сопровождающие засушливую погоду, что даже начавшая затухать вспышка снова интенсифицируется и принимает затяжной характер. Поэтому при наступлении первой же засухи в местностях с годовым или переменным циклом развития вредителя надлежит усилить надзор и расширить его на остальные учтенные резервации. При повторной засухе следует провести детальное обследование тех же резерваций, а также сходных с ними насаждений.

Окунев считает, что в местностях, расположенных к северу от июльской изотермы +18 °С, сибирский шелкопряд развивается по 2-летнему циклу, в местностях к югу от июльской изотермы +20 °С развитие протекает по годовому циклу, в местностях же, расположенных в границах между названными изотермами, развитие протекает по переменному циклу.

В качестве примера использования метеорологической информации можно привести прогноз развития сибирского шелкопряда в условиях центрального лесохозяйственного района южной части Якутии. Прогноз был представлен специалистами Московского специализированного лесоустроительного предприятия в 1978 г.

Для прогноза развития вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в Амгинском, Горном, Орджоникидзевском и Усть-Алданском лесхозах были проанализированы данные четырех метеостанций в районе обследования и построены графики изменения дефицита влажности воздуха за вегетационный период.

Дефицит влажности воздуха за 1967-1977 гг. по всем метеостанциям постоянно держался выше или в пределах нормы, а в отдельные годы превышал многолетнюю норму на 15...25 %. Высокий дефицит влажности соответствовал жаркой сухой погоде, благоприятной для реализации вспышек массового размножения сибирского шелкопряда.

В дополнение к графику изменения дефицита влажности была построена омбротермическая диаграмма погодных условий лета 1978 г.

Погодные условия лета 1978 г. были благоприятны для развития сибирского шелкопряда, так как май и июль оказались засушливыми. Окукливание гусениц, лёт бабочек и развитие яиц проходило в оптимальных для вредителя условиях. Август и сентябрь характеризовались повышенным количеством осадков, но распределение их было неравномерным и большая часть приходилась на первые декады. Гусеницы сибирского шелкопряда ушли на зимовку в сухую подстилку, в связи с чем развития грибных заболеваний типа мюскардиноза не ожидалось.

На основании этих сведений и данных по динамике численности вредителя был составлен прогноз об ожидаемом сильном повреждении хвои сибирским шелкопрядом, который впоследствии полностью оправдался.

11.7. Влияние стихийных явлений погоды на состояние насаждений

Отрицательное влияние на состояние лесных насаждений оказывают более или менее продолжительные аномальные отклонения основных метеорологических показателей от нормы. Гидрометеорологической службой страны разработаны и используются критерии гидрометеорологических, гелиофизических явлений и экстремально высокого загрязнения природной среды, которые по своей интенсивности или району распространения могут нанести ущерб хозяйству и населению, а также вызвать стихийные бедствия.

Критерии метеорологических, агрометеорологических явлений и экстремально высокого заражения среды могут успешно использоваться при оценке возможности повреждения и ослабления насаждений (бурелом, ветровал, градобой, повреждение заморозками в вегетационный период, морозобой, повреждение промышленными выбросами и т.д.). Анализ стихийных явлений природы в масштабах страны позволит оперативно координировать работы по лесопатологическому обследованию поврежденных лесных массивов, своевременно ликвидировать последствия. Стихийные (особо опасные) явления погоды регистрируют все метеостанции и посты страны. Ежегодно по регионам, соответствующим территориальным управлениям по гидрометеорологии и контролю природной среды (УГКС), выполняется технический обзор этих явлений. Ниже в сокращении приведен перечень критериев, возможных для использования в оперативном прогнозе состояния лесных насаждений из "Положения о порядке составления и передачи предупреждений о возникновении стихийных (особо опасных) гидрометеорологических, гелиофизических явлений и экстремально высоком загрязнении природной среды".

Метеорологические и агрометеорологические явления:

- ветер, в том числе шквалы и смерчи – максимальная, скорость 25 м/с и более;
- сильный дождь – количество осадков 50 мм и более в течение 12 ч и менее, а в горных, селевых и ливнеопасных районах – 30 мм и более за 12 ч. и менее;
- крупный град – диаметр градин 20 мм и более;
- сильные снегопады – количество осадков 20 мм и более за 12 ч и менее;
- сильные метели – в течение дня или ночи преобладающая скорость ветра 15 м/с и более;
- сильный гололёд – диаметр отложений на проводах стандартного гололедного станка 20 мм и более;
- сложные отложения – диаметр 35 мм и более;
- заморозки в вегетационный период – понижение температуры воздуха (на поверхности почвы) ниже 0 °С, понижение температуры воздуха в субтропических районах до -7 °С и ниже;
- сильный мороз (критерии устанавливаются УГКС);
- сильная жара (критерии устанавливаются УГКС);
- чрезвычайная пожарная опасность – показатель пожарной опасности более 10 000 °С (по формуле В.Г. Нестерова).

Критериями экстремально высокого загрязнения природной среды для атмосферного воздуха являются содержание одного или нескольких веществ, превышающих предельно допустимую концентрацию (ПДК):

в 50 раз и более;

в 30...49 раз при сохранении этого уровня концентрации 8 ч. и более;

в 20...29 раз при сохранении этого уровня концентрации более 2 сут.

В качестве основных источников информации следует использовать данные годовых технических обзоров стихийных явлений. Однако для целого ряда случаев необходимо предусмотреть получение сведений по полугодиям или кварталам. Например, сильные морозы в начале года, весенние заморозки и ураганы в этот период времени.

Наибольшая оперативность возможна при организации централизованного получения материалов через Гидрометцентр в виде сводных данных и картограмм. Для хранения и обработки материала предусматривается создание баз метеоданных и координат стихийных бедствий.

Ветровал, бурелом. Повреждение лесных насаждений ветром часто приобретает стихийный характер, нанося существенный ущерб лесному хозяйству. Вслед за повалом леса часто распространяются пожары. Отмечено, что ветровалы на протяжении многих лет приурочены к одним и тем же районам, что связано с особенностями рельефа.

С увеличением возраста увеличивается и доля буреломных деревьев. Большинство ветровальных деревьев имеется в местах, где уровень грунтовых вод летом выше 1 м. Это оптимально для высокобонитетных насаждений на песках. На повышенных местах, где класс бонитета обычно ниже, больше бурелома или неповрежденных деревьев. Степень повреждения лиственных пород связана с сезоном года: в безлистном состоянии значительно повышается

устойчивость к ветру.

Ветровал и ветролом отдельных деревьев или групп их в лесу – явление, происходящее уже при скоростях ветра до 8...10 м/с, т.е. при обычных средних, а при определенных условиях и слабых скоростях. Особую опасность для леса представляют шторм и ураган, при которых сила ветра достигает 9...12 баллов по шкале Бофорота, превышающая 18.3 м/с. Сплошные площади ветровала образуются при скорости ветра 35...40 м/с. При скорости 20...24 м/с происходит более или менее массовый вывал перестойных либо пораженных корневыми гнилями деревьев; при скорости 20 м/с – единичный или групповой вывал биологически обреченных деревьев. Ветровалу способствуют гнили корней, а бурелому – гнили стволов. Особенно опасны грибные заболевания заболони. По данным СИ. Ванина, 85 % обследованных деревьев после урагана 1924 г. в Ленинграде оказались пораженными различными грибными заболеваниями. Основными причинами ветровала являются следующие группы факторов:

орографические (ветроопасные формы рельефа, расположение горных систем вдоль направления преобладающих ветров, повышение крутизны склонов, приуроченность к пониженным элементам рельефа);

климатические (ветер, сильные засухи и морозы, обилие осадков в виде дождя и мокрого снега;

почвенно-гидрологические (избыточно увлажненные и плоходренлируемые почвы, поверхностная корневая система;

биологические (возраст, предрасположенность к вывалу разных пород деревьев, структурная организация надземных и подземных частей деревьев, зараженность болезнями, класс бонитета, полнота, породный состав (тип леса), характер смешения пород);

хозяйственные (отсутствие рубок ухода, бессистемные рубки и интенсивная эксплуатация лесов, возраст рубки, неправильное размещение лесов по окраинам опушек сплошнолесосечных вырубок и на участках, открытых господствующим ветрам, создание монокультур ели на больших площадях, использование семян ели несоответствующих экотипов).

В настоящее время признана невозможность расчета устойчивости деревьев против вывала из-за множества неизвестных характеристик. Прочность на излом зависит, например, от характера гнили и ее распространения, взаимодействия корневых систем, неравномерности годичных слоев и др. Влияние ветра на лес сопряжено с комплексом факторов и условий, отразить которые только в виде механических расчетов пока нельзя. Поэтому в прогнозе возможных повреждений лесных насаждений ветром можно рекомендовать данные анализа ветровой обстановки при массовых ветровалях. По данным СВ. Белова, критической для леса является скорость 25 м/с. Это значение имеет экспериментальное подтверждение. Повреждение лесных массивов ветром, распространяясь на значительных площадях, наносит ущерб наиболее ценным для лесного хозяйства насаждениям – приспевающим и спелым лучшим классам бонитета.

Для оперативного прогноза возможности повреждения ветром лесных насаждений необходимо осуществлять контроль ветровой обстановки. Учету подлежат все случаи, когда скорость ветра, в том числе и его порывов, достигает 25 м/с. В агрометеорологии ветер такой интенсивности и более относится к стихийным (особо опасным) явлениям погоды и фиксируется всеми метеостанциями и постами страны.

Снеголом, ожеледь, град. К твердым осадкам, повреждающим деревья, относятся снег, ожеледь, град. От навала снега на кроны деревьев хвойных пород могут быть сломаны, согнуты или вывернуты с корнями. Известно, что степень повреждения деревьев зависит от количества снега, состояния его на момент выпадения (сухой, влажный), а также от температуры и влажности воздуха. В случае, если температура деревьев остается некоторое время ниже 0 °С, а падающие хлопья снега влажнее, они быстро примерзают к холодным ветвям и образуют тяжелые и прочные скопления. Этот процесс активизируется, когда температура воздуха вблизи земной поверхности низкая, а в атмосфере происходит перемещение слоев воздуха. Если в таких случаях снегопад бывает длительным, накопление снега на кронах достигает таких размеров, что ломаются стволы и ветви даже деревьев старшего возраста. Повреждению от снега предшествует некоторый первоначальный наклон стволов или флагообразность кроны, тогда добавочная тяжесть создает опасный изгибающий момент. Наибольшая вероятность повреждений от навала снега создается в молодых насаждениях при длительной безветренной погоде и обильных снегопадах, при оттепели, когда снег влажный и тяжелый. Такие повреждения чаще всего происходят в излишне густых древостоях сосны и ели с тонкими и слабыми стволами, а также в древостоях, недавно пройденных рубками ухода, когда деревья еще не успели укрепить свои стволы после разреживания.

Таким образом, исходными параметрами для определения угрозы снеголома, в первую очередь, являются интенсивность снегопада и температурные показатели состояния воздуха. Дополнительное условие – наличие безветренной погоды, исключая стряхивание снега с крон деревьев. В литературе нет сведений о пороговой интенсивности снегопада, вызывающего снеголом. Это связано с тем, что повреждение вызывается совокупным воздействием ряда

приведенных факторов и условий. Снегопады в любом случае должны быть обильными, но при различных прочих условиях количество снега, вызвавшего снеголом, может существенно отличаться. Так, для ленинградских лесов неблагоприятным периодом был ноябрь-декабрь 1973 г., когда выпало 40...50 см снега на полянах при безветренной погоде, а вологодские леса пострадали во второй половине мая 1974 г. от необычного и обильного снегопада: слой снега достиг 15 см за 2 сут. Снеголом может возникать в различных районах страны. Изучение известных случаев массового снеголома позволяет сделать вывод, что наибольшая вероятность хозяйственный ущерба приходится на зимние снегопады, сопровождающиеся оттепелями. Это наиболее характерно для европейской территории страны, особенно западных районов, и для горных лесов и для лесов Дальнего Востока.

Сильные снегопады с количеством осадков 20 мм и более (в пересчете на жидкие осадки) относятся в агрометеорологии к стихийным (особо опасным) явлениям погоды. Данный критерий интенсивности снегопада может быть предложен для использования в прогнозировании снеголомов. Дополнительно следует анализировать случаи значительного превышения нормы осадков в зимние месяцы. Процент превышения нормы требует уточнения для конкретных регионов. Интенсивность снегопадов должна рассматриваться на фоне температурного режима и анализа ветровой обстановки.

Ожеледь – намерзание прозрачного льда на ветвях деревьев. Увеличение тяжести ветвей, или в целом крон деревьев, приводит к их сгибанию, часто они не выдерживают и ломаются. Лесу ожеледь причиняет повреждения гораздо реже, чем снег, и чаще отмечается в лесостепной зоне страны. Однако повреждаются не только хвойные породы, но и лиственные, в случае, если явление имеет место до листопада. У лиственных пород в безлистном состоянии значительно повышается устойчивость к ожеледи. Ожеледь – типичное проявление гололедных явлений; возникает в случае выпадения жидких осадков при отрицательных температурах воздуха в нижнем слое атмосферы.

В агрометеорологии интенсивность гололеда регистрируется при помощи стандартного гололедного станка. Диаметр отложений его на проводах в 20 мм и более оценивается как стихийное (особо опасное) погодное явление. Анализ гололедных явлений такой интенсивности может стать основой оперативного прогноза вероятных повреждений насаждений.

Выпадение осадков в виде града довольно распространенное метеорологическое явление, обычно отмечаемое в мае-августе. Однако существенные повреждения градом лесных насаждений отмечаются редко. Это происходит при очень крупном размере градин. В агрометеорологии выпадение града с размерами 2 см и более относится к стихийным (особо опасным) явлениям погоды. Такие осадки вызывают массовую гибель посевов, на плодовых и других деревьях возникают градобойные раны, повреждаются листья и генеративные органы. Данный критерий с успехом может быть использован и при оценке возможных повреждений лесных насаждений.

Влияние крайних температур. Воздействие крайне высоких и низких температур на состояние лесных насаждений вызвано тем, что во всех случаях наиболее часто и интенсивно повреждаются две породы – дуб и ель.

В средних широтах губительными чаще бывают не зимние 30-градусные морозы, а весенние заморозки, особенно при понижении температур до -1...-5 °С. Особенно опасен быстрый переход от холода к теплу и обратно.

Учет весенних и осенних заморозков наиболее прост, поскольку мы имеем дело с обычным фиксированием определенного уровня температур, которые в последнее время могут быть надёжно предсказуемы.

Во многих случаях возникает необходимость учитывать факторы, усиливающие проявление неблагоприятного воздействия заморозков (ландшафтная структура местности и приуроченность лесных массивов).

Древесные растения наиболее чувствительны к низким температурам в молодом возрасте. В связи с этим наибольший вред заморозки, особенно весной, наносят естественному возобновлению на свежих вырубках, лесным культурам и питомникам. В таких же условиях наиболее вероятно повреждение крайне высокими температурами. Особенно характерны ожоги майских побегов елей и пихт, гибель их всходов от опала корневой шейки. В связи с этим, к зоне с вероятным хозяйственно значимым ущербом следует отнести районы интенсивного ведения лесного хозяйства, интенсивных лесозаготовительных работ с учетом ареалов произрастания ели, пихты дуба, бука.

Реакция древесных пород на зимние морозы зависит от предшествующего вегетационного периода. Засушливый период, особенно на юге, может так ослабить древесные растения, что низкие температуры зимы оказываются для них губительными. Обычно повреждение растений вызывается температурами значительно ниже среднего многолетнего уровня. Влияние экстремально низких температур усиливается в том случае, если они действуют продолжительное время. Сложность оценки пороговой температуры, способной нанести повреждения растениям, связана, с одной стороны – с сильной географической изменчивостью этого показателя, с другой –

с многообразием складывающейся погодной обстановки. Так, например, растения арктических стран выдерживают очень низкие температуры. В районе Оймякона, в области таежных лесов из даурской лиственницы, отмечена температура -68°C .

Повреждение зимними низкими температурами усиливается предшествующим объеданием насаждений листогрызущими вредителями. Суровая зима 1978-1979 гг. нанесла повреждения дубравам Поволжья, однако так как этому предшествовали объедание листогрызущими вредителями и засухи, то последствия были катастрофическими.

В результате низких температур при сильных зимних морозах возникает еще одно повреждение, свойственное, главным образом, дубу и ильмовым – морозобойные трещины. Морозобойные трещины служат своеобразным преемником грибной инфекции, проникающей внутрь деревьев.

Для различных регионов страны в зависимости от средних многолетних и экстремальных значений отрицательных зимних температур в агрометеорологии разработаны критерии, позволяющие выделять особо опасные отрицательные температуры. Такие критерии устанавливаются территориальными управлениями по гидрометеорологии и контролю природной среды для каждой метеостанции или ряда близкорасположенных метеостанций. Критерии учитывают возможности успешной перезимовки сельскохозяйственных культур, в том числе и древесно-кустарниковых плодовых пород. В связи с этим данные критерии могут быть основой для прогнозирования состояния лесных насаждений. Со временем накопленная в базах метеоданных информация и анализ на этой основе конкретных случаев повреждения насаждений позволят внести необходимые поправки.

В литературе нет сведений о хозяйственно ощутимых повреждениях хвойных пород зимними морозами даже в суровых условиях Сибири. Аборигенные виды растений в естественных условиях обычно проявляют достаточную зимостойкость. В некоторых случаях отмечается лишь гибель генеративных органов (мужские сережки лещины, ольхи). Одной из наиболее повреждаемых зимними морозами пород является дуб, особенно в северо-восточной части ареала.

12. ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ФИТОФАГОВ

Прогноз в защите леса – это вероятностная научно обоснованная оценка будущего изменения численности вредных насекомых, распространения их очагов, степени повреждения насаждений и ожидаемого ущерба. Основная цель прогнозов – эффективное планирование и своевременное проведение защитных мероприятий, их оптимизация и предотвращение повреждения лесов.

Для разработки систем прогнозирования очагов главных вредителей леса и их практического применения необходимы многолетние исследования динамики численности конкретных видов насекомых и ведение лесопатологического мониторинга. Получение информации требует больших затрат. Поэтому накопление уже имеющихся материалов по защите леса в базах данных и полноценный их анализ – необходимое условие повышения эффективности прогнозирования. Основными источниками ретроспективной лесопатологической информации являются статистическая отчетность по защите леса и материалы стационарных научных исследований.

Созданная в России 50 лет назад система надзора за хозяйственно опасными насекомыми и лесозащитного прогнозирования была одной из наиболее совершенных. Очаги вредителей леса учитывались по многим регионам с 1955 г. Использование этих материалов для изучения сопряженности гелиофизических и биологических явлений, а также прогноза распространения очагов показало, что они имеют большую ценность. Широкие возможности для повышения эффективности системы прогнозирования открывают компьютерные технологии.

12.1. Задачи и методы прогнозирования

В практике лесозащиты различают многолетние, долгосрочные, краткосрочные и текущие прогнозы. Основной задачей прогнозирования является создание системы алгоритмов, моделей и методов для автоматизированного анализа лесопатологической информации, разработки прогнозов и решения большого спектра управленческих задач.

Прогнозные модели в формализованном виде описывают изменение численности вредителей, распространение их очагов и влияние на насаждения в зависимости от комплекса наиболее важных экологических факторов. Состав необходимых параметров для прогноза определяется общими закономерностями динамики численности насекомых, экологическими особенностями различных групп и отдельных видов, а также целевым назначением, временным и пространственным масштабом прогноза (рис. 81). Для рационального использования информации при составлении прогнозов следует идти по пути их уточнения и снижения временного интервала – от долгосрочных к краткосрочным и текущим прогнозам. При этом необходимо рассматривать изменение ситуации не только во времени, но и пространстве.

Многолетний (сверхдолгосрочный) прогноз. Минимальным временным интервалом является или полный градационный цикл, или продолжительность массового размножения. Для составления многолетних прогнозов необходимы сведения о качественном разнообразии динамики популяций, а также влиянии на размножение и распространение вредителей изменений погодных условий (климата), структуры лесного фонда, хозяйственной деятельности. Многолетние прогнозы позволяют предвидеть возможную смену состава доминирующих видов вредителей, изменение их вредоносности, частоту и интенсивность вспышек.

В систему сверхдолгосрочного прогнозирования входит группа методов оценки угрозы массовых размножений. *Угроза* – это вероятность вспышки размножения насекомых в конкретном насаждении или ландшафтной зоне, а также вероятность повреждения насаждений при данной совокупности условий. В экологической обстановке, благоприятной для вредителей и неблагоприятной для их природных врагов и растений-хозяев, обычны многочисленные популяции вредителей или резко выраженные циклы изменения численности. В связи с этим выделение зон с разным уровнем численности или вредоносности в пределах ареалов насекомых, классификация типов вспышек массового размножения (локальные, зональные, пандемические) или типов динамики численности их популяций (эруптивный, продромальный, стабильный), а также классификация очагов (первичные, вторичные, третичные, миграционные) имеют большое значение для долгосрочного прогнозирования.

Оценка угрозы обычно основана на изучении состояния компонентов экосистемы и создании прогностической модели. Существуют разные виды таких моделей: классификационные, графические, математические (дискриминантный анализ, линейная регрессия и др.).

Долгосрочный прогноз. Минимальным временным интервалом является фаза градации.

Долгосрочный прогноз учитывает специфику изменения численности хвое- и листогрызущих насекомых (градационных циклов) и основан на предположении о стационарности этого процесса. Это дает возможность разрабатывать долгосрочные прогнозы по одной реализации процесса, например по одной вспышке массового размножения.



Рис. 81. Схема системы прогнозирования для принятия решений по защите леса

Для прогнозирования движения численности насекомых необходимы данные о состоянии популяций (их плотности и распределении особей в пространстве, плодовитости, морфофизиологических показателях, миграционной активности) и характеристиках внешней среды (метеорологических, трофических; структуре, состоянии и условиях произрастания насаждений; влиянии регулирующих факторов).

Краткосрочный прогноз. Минимальным временным интервалом является одна генерация вредителя. Краткосрочный прогноз осуществляется в двух направлениях - для принятия решений о необходимости проведения лесозащитных мероприятий и для прогнозирования движения численности на ближайший период. В первом случае необходимы параметры, связывающие плотность популяции насекомых со степенью повреждения насаждений и причиняемого им ущерба. Прогноз численности вредителей в будущем году (генерации) основан на анализе тенденции изменения плотности популяции, показателей ее состояния, структуры и состояния насаждений, гидротермических условий.

Текущий прогноз. Минимальным временным интервалом является стадия развития насекомого. Для текущих прогнозов сроков развития вредителей необходимы различные фенологические показатели и данные о накоплении сумм эффективных температур.

Прогнозирование таких сложных динамических процессов, как массовые размножения лесных насекомых, с целью оптимального решения прикладных задач, основано на использовании методов системного анализа. Построение простой модели сложного объекта возможно только при правильном определении наиболее важных экологических процессов. Проверка и усовершенствование модели невозможны без сбора новых данных. Построение модели должно иметь итеративный характер, когда каждый вариант модели проверяется с помощью дополнительных наблюдений. В случае низкой точности модели составляется ее новый вариант.

Для описания системы популяций используют эмпирико-статистические и имитационные модели. Эмпирико-статистические модели позволяют характеризовать изменения параметров популяции по соотношению между их исходным и конечным состоянием в конкретных условиях без детального изучения. С помощью хорошо разработанных алгоритмов строится уравнение, позволяющее прогнозировать численность насекомых по набору факторов, измеренных в предшествующие моменты времени. Для анализа большого числа факторов и отбора наиболее

информативных показателей используют метод пошаговой регрессии.

Имитационные модели отражают структуру экосистемы, учитывают взаимодействие факторов, оказывающих прямое и косвенное влияние на популяцию. Это позволяет имитировать динамику популяций в разнообразных условиях и ситуациях. Модели средней сложности, построенные с учетом наиболее существенных факторов, максимально эффективно используют информацию о лесных биоценозах. Однако зачастую более совершенные имитационные модели не повышают точность прогноза, так как они слишком сложные и имеют большое количество параметров, которые невозможно оценить с высокой точностью.

12.2. Закономерности динамики популяций как основа прогнозирования численности насекомых

Численность насекомых определяется соотношением процессов рождаемости, смертности и миграции особей в конкретных экологических условиях. Эти процессы постоянно изменяются в результате воздействия множества факторов, которые можно разделить на модифицирующие и регулирующие. Модификация определяет подъемы и спады численности насекомых, обусловленные случайными по отношению к популяции изменениями факторов. Регуляция заключается в сглаживании возникших колебаний в результате действия механизмов, зависящих от плотности популяции (внутрипопуляционные отношения, естественные враги и др.) и действующих по принципу отрицательных обратных связей. Модифицирующее действие абиотической среды (особенно погодных условий) осуществляется как непосредственно, так и косвенно – через пищу и естественных врагов.

Процессы регуляции плотности популяций насекомых имеют относительно устойчивый характер и для многих видов хозяйственно значимых вредителей изучены достаточно хорошо. Это позволяет с высокой вероятностью прогнозировать уровень и направление изменения численности на 1...3 генерации вперед. В то же время модифицирующие воздействия сложно прогнозировать вследствие вероятностного характера и нестационарности факторов, преимущественно метеорологических.

Типы динамики популяций насекомых. Для оценки и прогноза качественно различных этапов многолетней динамики популяций лесных насекомых важное значение имеет анализ многообразия логически возможных фазовых портретов динамики популяций и характера действия механизмов регуляции на различных фазах вспышки. Он стал основой классификации вспышек массового размножения насекомых. Различные популяции могут иметь стабильный, продромальный или эруптивный тип динамики и формировать различные типы очагов. Наиболее разрушительные вспышки дают эруптивные виды насекомых.

Стабильный тип динамики характеризуется небольшими флуктуациями численности вблизи устойчивого состояния популяции в пределах зоны стабильности. Продромальный тип имеет более значительный диапазон колебаний численности, минимальное и максимальное значение которой может отличаться в 100 раз. Эруптивный тип свойственен популяциям, дающим вспышки массового размножения, с диапазоном предельно высокого и минимального уровня численности порядка 1000 x 10000 раз. Эруптивный и продромальный типы динамики численности показаны на рис. 82 на примере конкретных популяций непарного шелкопряда.

Как видно из рис. 82, величина площади очагов в различных областях и характер ее изменения во времени неодинаковы. В Тамбовской обл. крупные очаги возникают реже, а их площадь меньше, чем в Саратовской. Крупные очаги на севере и северо-западе зоны вспышек массового размножения непарного шелкопряда (Тамбовская обл.) формировались лишь во время пандемической вспышки (1949-1958 гг.). После 1958 г. массовые размножения в Саратовской обл. по-прежнему охватывали большие территории с периодичностью один раз в 11 лет и имеют перманентный характер, в то время как в Тамбовской они были существенно менее интенсивными, а очаги – локальными. Колебания площадей очагов (их возникновение и рост) в Тамбовской обл. запаздывали по сравнению с колебаниями в Саратовской обл.

Закономерности вспышек массового размножения. По классификации А.И. Ильинского (1965), вспышки массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых при своем развитии во времени проходят четыре фазы: первую, или начальную; вторую, или фазу роста численности вредителя (продромальная фаза); третью, или фазу собственно вспышки (эруптивная фаза), и четвертую, или фазу кризиса. На рис. 83 представлена градационная кривая популяции непарного шелкопряда, построенная на основании экспериментальных данных автора. Такие графические модели являются основой для разработки прогнозов.

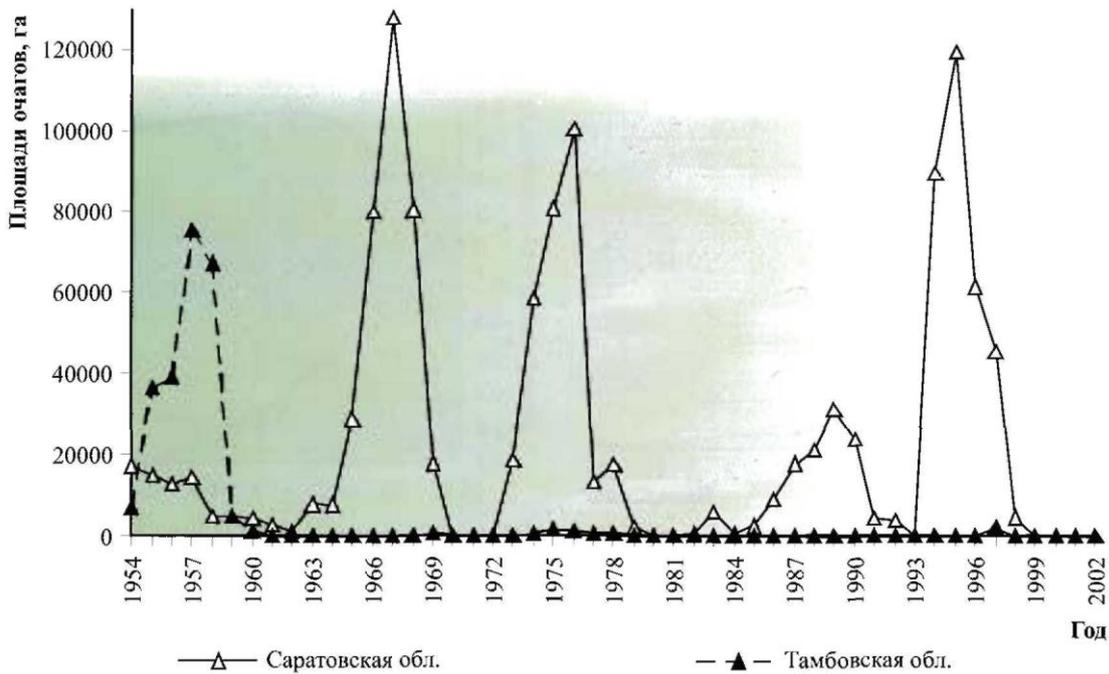


Рис. 82. Динамика площадей очагов непарного шелкопряда в Тамбовской и Саратовской областях

В первой фазе вспышки массового размножения численность вредителя увеличивается незначительно, чаще в 2...3 раза, по сравнению с численностью предшествующего вспышке поколения.

Во второй фазе, охватывающей несколько (чаще всего два) поколений, численность вредителя увеличивается, однако повреждение крон можно обнаружить лишь при специальном осмотре. Происходит формирование очагов размножения вредителя, расширение их территории.

При переходе в третью фазу численность вредителя скачкообразно увеличивается, кроны повреждаются в сильной степени или полностью. В конце фазы в результате перенаселения и недостатка корма резко снижается плодовитость особей, доля самок в популяции, увеличивается зараженность паразитами и болезнями. Наблюдается интенсивная миграция насекомых и образование вторичных очагов. Третья фаза охватывает, чаще всего, 2 поколения и является кульминацией вспышки и началом ее перехода в фазу кризиса. Однако у некоторых видов насекомых (например, зеленой дубовой листовертки) фаза собственно вспышки намного продолжительнее. Она составляет 3.. 4 года. При этом образуются хронические очаги, что приводит к сильному повреждению и усыханию деревьев дуба.

В четвертой фазе численность вредителя начинает резко идти на убыль, наблюдается минимальная плодовитость и доля самок, максимальная зараженность паразитами и болезнями.

Закономерный характер смены градационных фаз позволяет разрабатывать долгосрочные прогнозы. Они дают вероятностную оценку продолжительности межвспышечного периода, вспышки массового размножения и отдельных ее фаз, а также пределы изменения плотности популяции и продолжительности повреждения насаждений.

Для прогноза наиболее важным является определение начала массового размножения и его кульминации (перехода в фазу кризиса). Для этого необходимо использовать логарифмическую шкалу,

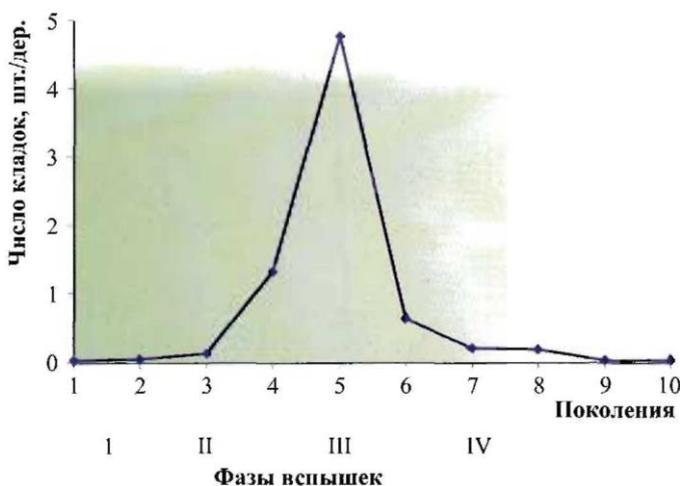


Рис. 83. Траектория вспышки массового размножения (изменение плотности популяции по фазам градации) непарного шелкопряда в дубравах Саратовской обл.: I – начальная фаза; II – фаза роста численности; III – собственно вспышки; IV – фаза кризиса

которая намного нагляднее отражает изменение плотности популяции при низком уровне. Информативность еще более возрастает, если траекторию вспышки представить на фазовой плоскости (рис. 84), и использовать классификацию фаз массового размножения А.С. Исаева (2001). Фазовые портреты вспышек имеют важнейшее значение для диагностики и прогноза фаз массового размножения.

Качественные и количественные показатели вспышек. Качественные показатели характеризуют состояние популяции вредителя и фазу вспышки массового размножения. К ним относятся: соотношение полов (половой индекс) и плодовитость вредителей, изменчивость их окраски (соотношения фенотипов), численность и эффективность паразитических и хищных насекомых, распространение болезней (степень зараженности), состояние (жизнеспособность) насекомых.

Количественные показатели характеризуют численность вредителя, ее изменение во времени и пространстве, интенсивность размножения и развития вспышки, уровень сопротивления среды, степень угрозы насаждениям. К количественным показателям относятся: абсолютная и относительная заселенность насаждений, коэффициент размножения, коэффициент расселения, коэффициент нарастания вспышки, постоянное и общее сопротивление среды.

Прогноз возникновения вспышек массового размножения. Начало нового подъема численности устанавливаются, как правило, путем слежения за метеорологической ситуацией, состоянием популяции насекомых и насаждений. Выход из депрессии большинства фитофагов связан с засухой, которая приводит к росту их выживаемости и плодовитости, снижению эффективности естественных врагов и биологической устойчивости насаждений. Крайние отклонения погоды вносят существенные изменения и в дальнейшее развитие массового размножения, влияя на его интенсивность, продолжительность в целом и отдельных фаз. Темпы реализации массового размножения зависят также от состояния популяции в год засухи, ее готовности к выходу из депрессии, эффективности энтомофагов. Если состояние вредителя неудовлетворительное (низкая плодовитость, половой индекс, жизнеспособность), то численность растет медленно.

Критерием, по которому судят о приближении вспышки массового размножения *сибирского шелкопряда*, служит дефицит влажности. Он в течение трех вегетационных периодов должен превышать средний многолетний уровень на 15...20 %. Для прогноза массовых размножений сибирского шелкопряда наиболее информативен комплексный показатель засушливости.

Для динамики численности *непарного шелкопряда* существенное значение имеет термический режим в период развития гусениц младших возрастов, а также куколок и бабочек вредителя. В год засухи существенно увеличиваются плодовитость, доля самок и жизнеспособность особей, что приводит к росту численности и началу вспышки массового размножения. Выход популяции златогузки из депрессии происходит обычно в годы с мягкой зимой и засушливой жаркой погодой в мае.

Для *зеленой дубовой листовертки* большое значение имеют погодные условия зимы и во время отрождения и внедрения гусениц в почки. При снижении абсолютной минимальной температуры зимой до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивается смертность эмбрионов. Умеренно влажная, теплая погода во время лета бабочек имеет большое значение для полной реализации потенциальной плодовитости зеленой дубовой листовертки и возникновения вспышек ее массового размножения.

Для *монашенки* теплая погода в июле и августе, при условии теплого и влажного мая в течение 2...3-х лет подряд, является основным фактором, вызывающим подъемы ее численности. В годы с высокими гидротермическими коэффициентами мая складывается благоприятный пищевой режим для отрождения гусениц монашенки, так как они в течение длительного периода могут питаться цветочными почками и молодой хвоей, что значительно увеличивает их выживаемость.

Сосновая пяденица появляется в массе синхронно с засушливыми годами, которые наблюдаются обычно в период спада солнечной активности в 11-летних циклах, когда показатель

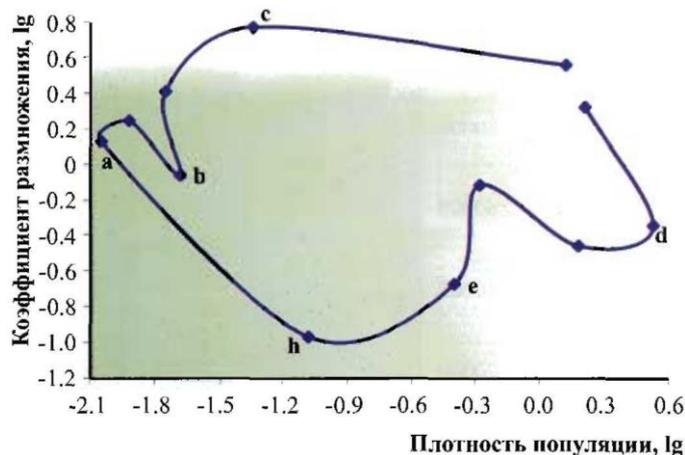


Рис. 84. Фазовая траектория вспышки массового размножения непарного шелкопряда в дубравах Саратовской обл.: bc — фаза нарастания численности; cd — максимума; de — разреживания; eh — депрессии; ha — фаза восстановления стабильной численности

дефицита влажности воздуха во время развития гусениц (июль-сентябрь) повышается на 140... 180 %. Критическим периодом в развитии пяденицы являются ранние осенние заморозки, когда происходит массовая гибель личинок и проницеф.

Вспышке массового размножения *сосновой совки* предшествует засушливый период продолжительностью 3 года, преимущественно с мягкими зимами. Очень засушливый год служит индикатором возможной вспышки через 1...2 года.

Рост численности *соснового шелкопряда* начинается обычно после засушливых лет, когда гидротермический коэффициент за май-сентябрь составляет 60...70 % от нормы. Критическим периодом развития гусениц соснового шелкопряда является их выход весной из подстилки. Заморозки на почве ниже -10 °С вызывают их массовую гибель. Высокая смертность яиц шелкопряда отмечена при температуре воздуха более 40 °С.

Массовому размножению *обыкновенного соснового пилильщика* обычно предшествуют засушливые годы, охватывающие 3...4 поколения. Критерием для оценки засушливости может служить гидротермический коэффициент, который вычисляют за май-сентябрь. Коэффициент от 1.0 и ниже свидетельствует о благоприятных условиях для развития обыкновенного соснового пилильщика.

Теплая и сухая погода в мае-июле в течение нескольких лет подряд может привести к вспышке массового размножения *рыжего соснового пилильщика*. Это действительно для центральных и северо-западных регионов нашей страны. В лесостепной зоне подъемам численности рыжего соснового пилильщика предшествуют годы с влажной и прохладной погодой во время питания личинок, что ведет к существенному росту их выживаемости.

12.3. Прогноз динамики очагов

Информационной основой прогноза пространственно-временной динамики очагов хвое- и листогрызущих насекомых являются база данных статистической отчетности по защите леса и материалы лесопатологического мониторинга. Для оперативного анализа больших массивов информации необходимо использовать компьютерные технологии, которые позволяют автоматизировать процесс прогнозирования.

Многолетний прогноз. Для предварительной оценки лесопатологической ситуации и ее прогноза на федеральном уровне важное значение имеют следующие показатели: средние многолетние, минимальные и максимальные ежегодные площади очагов, количество регионов (областей, краев, республик) с очагами. На этой основе для хозяйственно важных видов насекомых определяется встречаемость очагов в пространстве, т.е. ежегодная средняя доля регионов с очагами вредителя. Такая информация позволяет в общем виде судить о значимости конкретных вредителей леса и их распространении по территории страны (табл. 29).

Таблица 29. Распространение и встречаемость очагов важнейших видов хвое- и листогрызущих насекомых в Российской Федерации

| Вид вредителя | Площадь очагов, тыс. га | | | Кол-во регионов с очагами | | |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------|---------------------------|--------------|-----------------------|
| | минимальная | максимальная | средняя многолетняя | минимальное | максимальное | максимально возможное |
| Сибирский шелкопряд | 4.24 | 6934.23 | 675.00 | 3 | 12 | 19 |
| Сосновый шелкопряд | 1.32 | 30.47 | 10.40 | 1 | 7 | 17 |
| Шелкопряд-монашенка | 7.10 | 80.72 | 40.94 | 6 | 12 | 28 |
| Сосновая пяденица | 1.47 | 149.89 | 28.40 | 3 | 14 | 30 |
| Сосновая совка | 0.23 | 194.48 | 16.20 | 1 | 5 | 21 |
| Рыжий сосновый пилильщик | 1.43 | 137.88 | 50.10 | 4 | 24 | 40 |
| Обыкновенный сосновый пилильщик | 0.04 | 42.28 | 24.40 | 1 | 12 | 30 |
| Непарный шелкопряд | 10.42 | 2063.72 | 662.60 | 11 | 34 | 52 |
| Зеленая дубовая листовертка | 65.17 | 1103.28 | 374.25 | 9 | 31 | 44 |
| Златогузка | 0.78 | 412.22 | 92.19 | 3 | 15 | 24 |

Показатель "максимально возможное количество регионов с очагами" характеризует зону вспышек массового размножения, которая объединяет территории, где очаги наблюдались хотя бы один раз за весь период.

Используя данные табл. 29, можно дать ориентировочную оценку лесохозяйственной значимости вредителей. По мере снижения площади очагов хозяйственно важные виды насекомых располагаются в следующем порядке: сибирский шелкопряд, непарный шелкопряд, зеленая дубовая листовертка, златогузка, рыжий сосновый пилильщик, шелкопряд-монашенка, сосновая пяденица, сосновая совка, сосновый шелкопряд, обыкновенный сосновый пилильщик.

База данных позволяет вести анализ многолетней динамики очагов по каждому региону

России, начиная с наиболее агрегированных характеристик и оканчивая исследованием многолетних рядов площадей очагов (табл. 30). Это является основой долгосрочного прогнозирования возникновения очагов и их пространственного распространения. На основании имеющихся данных разрабатывается многолетний прогноз угрозы возникновения, периодичности и интенсивности вспышек массового размножения применительно к конкретным видам и экологическим группам насекомых. Например, по вероятности возникновения очагов (длительность существования, % от лет от всего периода наблюдения) можно дать следующий прогноз: в течение 2001-2010 гг. очаги зеленой дубовой листовертки в Воронежской обл. будут наблюдаться ежегодно, их площадь составит от 30 до 117 тыс. га. Очаги сосновой совки возможны только в течение 2...3 лет на площади от 2 до 6 тыс. га.

Другим направлением анализа является обобщение всей информации по видам вредителей. Рассмотрим это на примере сибирского шелкопряда. Для разработки прогнозов важное значение имеет знание среднего многолетнего уровня и максимальной величины площади очагов, а также вероятности их возникновения в различных областях (табл. 31). За последние 35 лет XX в. очаги сибирского шелкопряда функционировали в 21-м регионе России. Площадь очагов и амплитуда ее колебания зависели от географического расположения, экологических условий и величины региона. Площадь очагов изменялась от 25 га (Марий-Эл) до 6 375 080 га (Якутия). Вероятность возникновения очагов колебалась от 2.8 % (Марий-Эл, Омская обл.) до 86.1 % (Тува).

Периодичность колебания площадей очагов оценивали, анализируя корреляционные функции и периодограммы рядов, которые рассчитывали при помощи стандартных компьютерных программ. Как видно из табл. 31, периодичность колебания площадей очагов в разных регионах варьировала от 6 до 22 лет (исходные данные трансформированы в логарифмы и проведено их сглаживание). Периодичность колебаний, равная 22 годам, характеризует крупномасштабные вспышки массового размножения, в промежутках между которыми часто наблюдаются менее интенсивные вспышки и локальные очаги. Поэтому средняя периодичность возникновения очагов сибирского шелкопряда составляет 11 лет.

Таблица 30. Характеристика распространения очагов вредителей леса в Воронежской области

| Вид вредителя | Площадь очагов, га | | Вероятность возникновения очагов, % |
|---------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------------|
| | максимальная | средняя многолетняя | |
| Непарный шелкопряд | 47155.0 | 6848.6 | 68.1 |
| Зеленая дубовая листовертка | 116755.0 | 32604.0 | 97.9 |
| Златогузка | 39360.0 | 9137.2 | 63.8 |
| Сосновый шелкопряд | 22095.0 | 3860.3 | 83.3 |
| Сосновая совка | 6194.0 | 2172.0 | 25.0 |
| Сосновая пяденица | 26950.0 | 3894.5 | 87.5 |
| Рыжий сосновый пилильщик | 17917.0 | 5238.4 | 87.5 |
| Обыкновенный сосновый пилильщик | 4820.0 | 1509.4 | 62.5 |
| Шелкопряд-монашенка | 0 | 0 | 0 |

Таблица 31. Основные статистические характеристики рядов площадей очагов сибирского шелкопряда в 1967-2002 гг.

| Область, край, республика | Площадь очагов, га | | Вероятность возникновения очагов, % | Период колебания, лет |
|---------------------------|--------------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | средняя | максимальная | | |
| Алтайский край | 12982.6 | 237642.0 | 47.2 | 22 |
| Амурская обл. | 842.2 | 4128.0 | 41.7 | 22 |
| Башкортостан | 19.9 | 516.0 | 5.6 | - |
| Бурятия | 1763.6 | 24759.0 | 38.9 | 22 |
| Иркутская обл. | 24800.2 | 96582.0 | 77.8 | 11 |
| Кемеровская обл. | 570.4 | 8353.0 | 25.0 | 22 |
| Красноярский край | 28262.4 | 557455.0 | 50.0 | 11 |
| Марий Эл | 0.7 | 25.0 | 2.8 | - |
| Новосибирская обл. | 1173.7 | 2785.0 | 52.9 | 22 |
| Омская обл. | 17.8 | 640.0 | 2.8 | 11 |
| Приморский край | 22558.3 | 236600.0 | 22.2 | 11 |
| Свердловская обл. | 47.9 | 862.0 | 5.6 | 22 |
| Томская обл. | 3247.0 | 31145.0 | 50.0 | 11 |
| Тува | 8052.7 | 66247.0 | 86.1 | 7 |
| Тюменская обл. | 1627.2 | 39349.0 | 5.6 | 22 |
| Удмуртия | 46.1 | 753.0 | 19.4 | 22 |
| Хабаровский край | 16305.6 | 336641.0 | 16.7 | 22 |
| Хакасия | 191.4 | 3150.0 | 13.9 | 6 |
| Челябинская обл. | 50.9 | 900.0 | 13.9 | 22 |
| Читинская обл. | 57519.2 | 421820.0 | 30.6 | 22 |
| Саха (Якутия) | 524106.9 | 6375080.0 | 64.7 | 22 |

Очаги сибирского шелкопряда на территории России наблюдаются ежегодно, а их площадь в разные годы может отличаться более чем в 1500 раз. Динамика площадей очагов и количество регионов с очагами приведена на рис. 85. Минимальная площадь очагов была 4721 га (1988 г.), максимальная – 80 000 000 га (2001 г.) – во время последней пандемической вспышки массового размножения. Количество регионов, где возникают вспышки, варьировало от 3 до 12.

Оценка степени синхронности (запаздывания) возникновения вспышек в различных зонах дает возможность прогнозировать развитие очагов в пространстве. Сравнительный анализ асинхронности динамики очагов в разных регионах можно провести на основе оценок корреляции рядов площадей очагов и солнечной активности, а также сопоставляя их графики. Как видно из рис. 86, очаги возникают и развиваются не синхронно. Степень синхронности уменьшается с увеличением удаленности регионов друг от друга. Наиболее сильно отличается динамика очагов сибирского шелкопряда, например, в Якутии и Приморском крае, промежуточное положение занимает Красноярский край.

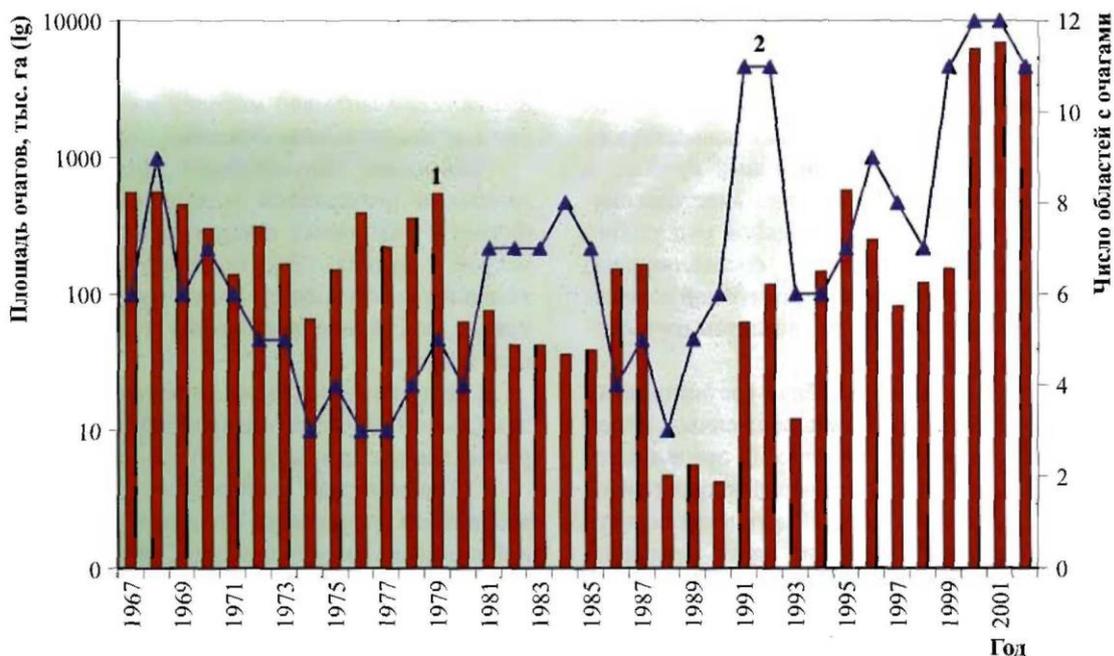


Рис. 85. Динамика площадей очагов (1) сибирского шелкопряда и числа областей с очагами (2) в России (1967-2002 гг.)

Изменение площадей очагов достоверно коррелирует с динамикой солнечной активности (числами Вольфа), что необходимо использовать для долгосрочного прогнозирования массовых размножений. Получены следующие коэффициенты корреляции: -0.44 (в целом по России); -0.52 (Красноярский край); -0.73 (Приморский край); -0.50 (Хакасия); 0.62 (Якутия); 0.41 (Амурская обл.). В целом рост очагов сибирского шелкопряда начинается после пика солнечной активности (в середине периода спада солнечной активности в 11-летних циклах) с минимальным запаздыванием в регионах с благоприятными для развития вредителя условиями.

Прогноз динамики площадей очагов методами анализа временных рядов. Многолетнюю динамику площадей очагов многих насекомых при отсутствии существенных изменений в структуре лесных насаждений можно рассматривать как случайный стационарный процесс и использовать для моделирования и прогноза методы анализа временных рядов. Типичный временной ряд удобно представлять в виде суммы четырех составляющих: тренда или долгосрочного движения, колебаний относительно тренда, сезонной компоненты, несистематического случайного эффекта.

Колебательное движение и случайная составляющая являются основными компонентами временных рядов площадей очагов. Они не имеют типичной (в пределах года) сезонной компоненты, но как сезонный эффект можно рассматривать изменения площадей в течение вспышки массового размножения. Тренд для рядов площадей очагов менее выражен, так как распространение очагов ограничено насаждениями, пригодными для развития конкретных видов насекомых. Долговременное увеличение площадей очагов может быть обусловлено необратимым ухудшением состояния насаждений, изменением их возрастной структуры или климатической ситуации. Оценка и прогнозирование тренда являются наиболее сложными вопросами вследствие недостаточно длинного периода наблюдений.

Описание или моделирование структуры временных рядов можно проводить при помощи специализированной компьютерной программы "Мезозавр" (версия 1.0, 1989, авторы С. Кузнецов, А. Халилеев и др.). Она позволяет рассчитывать параметры моделей, проводить их экспертизу и выбирать наиболее адекватную. Программная среда дает возможность в режиме реального времени корректировать модели при получении новых данных или рассчитывать различные прогнозные сценарии, т.е. осуществлять адаптацию моделей и корректировку прогнозов в автоматическом режиме.

Программа обеспечивает представление исходных данных и результатов моделирования в графической форме в различных шкалах (абсолютной, логарифмической и других). Это особенно удобно для предварительного анализа специфики структуры рядов (наличия тренда, характера колебаний) и выбора соответствующей модели.

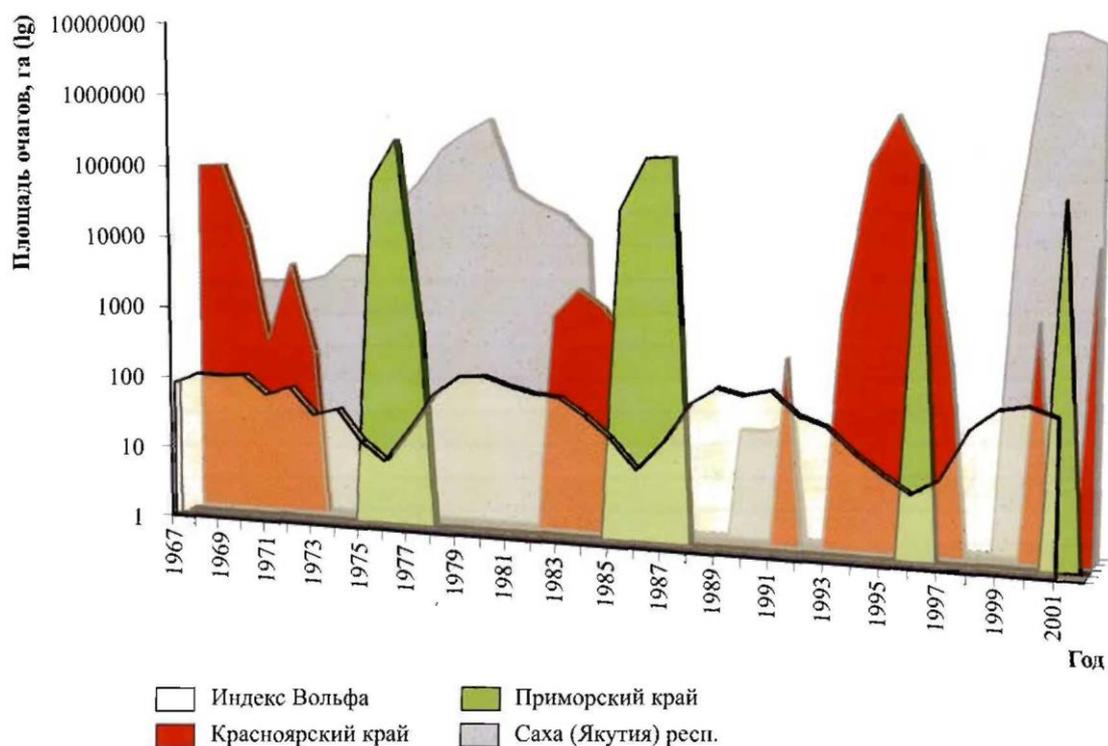


Рис. 86. Изменение солнечной активности и площадей очагов сибирского шелкопряда в различных регионах

Для прогнозирования динамики площадей очагов оптимальным является следующий алгоритм анализа ретроспективных данных:

1. Графический анализ структуры временного ряда, визуальное определение его специфики: наличие колебаний и степень их регулярности, тренда.

2. Выбор метода трансформации данных и сглаживания временного ряда. Взвешивание исходных данных методом скользящих средних первого или второго порядка с 3- или 5-летним интервалом усреднения.

3. Определение статистических характеристик ряда: математического ожидания, дисперсии и др. Расчет периодограмм для оценки периодичности колебаний и возможности применения сезонной модели.

4. Расчет автокорреляционной функции для определения стационарности процесса, наличия и существенности тренда, а также колебаний относительно тренда, тесноты корреляции значений ряда, возможности использования модели авторегрессии и определения порядка авторегрессии.

5. Корреляционный анализ различных временных рядов для выявления взаимосвязанных переменных и оценки тесноты связи с целью определения показателей, имеющих наибольшее прогностическое значение.

6. Выбор вида модели и определение ее структуры: выбор переменных, расчет коэффициентов, анализ модели.

7. Оценка точности прогнозов, расчет прогнозных оценок по нескольким моделям или сценариям и сопоставление с результатами учета (мониторинга) очагов. Выбор наиболее точной модели и ее корректировка с учетом данных мониторинга. Анализ и определение факторов, наиболее сильно влияющих на точность (реалистичность) модели.

Подбор типа модели проводится с учетом специфики имеющихся рядов площадей очагов.

Наиболее эффективны следующие модели: авторегрессии и скользящего среднего, сезонных эффектов, экспоненциального сглаживания.

Метод скользящих средних позволяет аппроксимировать исходные данные полиномом заданного порядка с помощью критерия наименьших квадратов. Это эквивалентно нахождению средневзвешенной оценки по сумме значений ряда в определенном интервале. Сглаживание рядов площадей очагов методом скользящих средних и логарифмирование исходных данных приводят к увеличению тесноты связи между последовательными членами ряда (серийных корреляций) и снижению несистематического случайного эффекта.

Метод экспоненциального сглаживания применяется для краткосрочного прогнозирования нестационарных временных рядов, имеющих случайное изменение уровня и угла наклона (неправильно меняющийся тренд). Выделение тренда носит разведывательный характер, так как наибольшие веса приписываются последним наблюдением, что не позволяет подобрать подходящую параметрическую кривую для аппроксимации ряда на всей его длине.

При выраженной периодичности в колебаниях площадей очагов для долгосрочного их прогнозирования используют модель сезонных эффектов. В аддитивной форме этой модели ряд представляется в виде:

$$Y(t) = T(t) + S(t) + err ,$$

где:

$T(t)$ – тренд; err – ошибка;

$S(t)$ – сезонная составляющая, которая предполагается периодической с периодом, равным средней продолжительности массового размножения или существования очагов.

Результаты выбора прогнозной модели, определения ее параметров и расчета прогнозных оценок динамики очагов рыжего соснового пилильщика (без учета тренда) с использованием компьютерной программы анализа временных рядов приведены на рис. 87. Сопоставление прогнозных и реальных оценок площадей очагов свидетельствует об эффективности модели для долгосрочного фонового прогнозирования.

Для уточнения прогноза динамики очагов применяют комбинированную модель авторегрессии и скользящего среднего. Она имеет вид:

$$P_n = A + b_1P(n-1) + b_2P(n-2),$$

где:

P – площадь очагов в текущем (n) и предыдущие годы, га;

A и b – коэффициенты уравнения авторегрессии второго порядка.

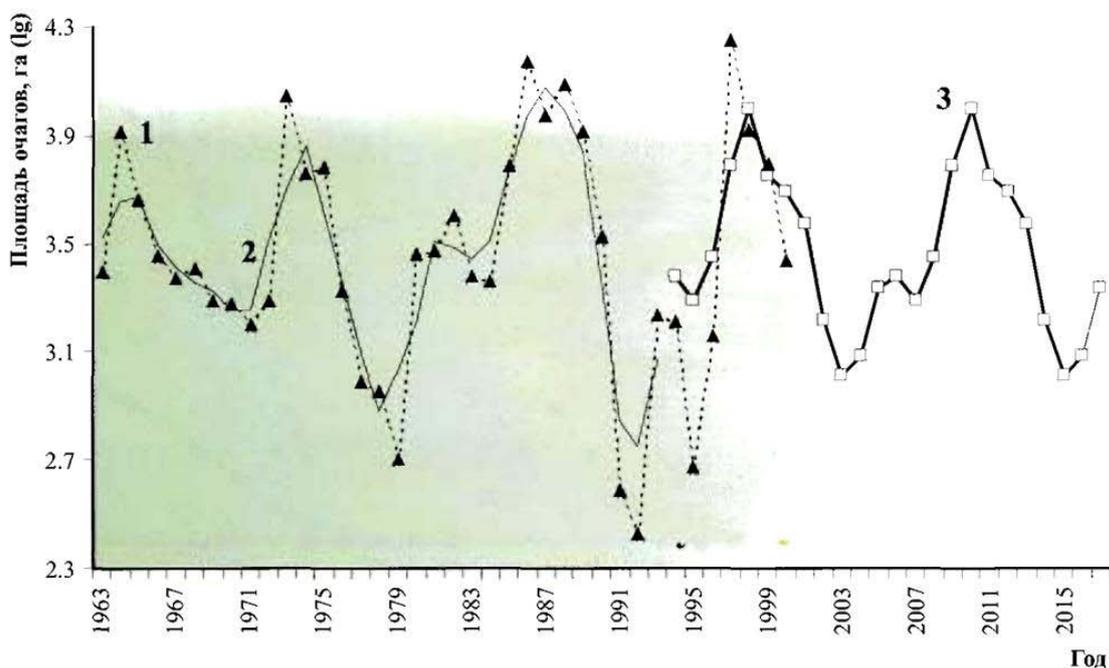


Рис. 87. Долгосрочный прогноз динамики очагов рыжего соснового пилильщика в Воронежской области:

1 – исходные данные; 2 – исходные данные, сглаженные методом скользящих средних с 3-летним интервалом усреднения; 3 – прогноз по сезонной модели

Технология создания модели реализована на примере многолетних данных динамики очагов сибирского шелкопряда в различных регионах России. Сглаживание исходных данных полиномом первого порядка с трехлетним интервалом усреднения существенно увеличивает тесноту корреляции (R) между площадями очагов в году n и $n-1$ (лаг 1) и в году n и $n-2$ (лаг 2) и коэффициент детерминации авторегрессии (D), что позволяет использовать для прогноза авторегрессионную модель второго порядка. Доля дисперсии площадей очагов объясняется этой моделью, выше, поэтому и точность прогноза увеличивается. В результате для рядов площадей очагов, динамика которых отвечает условиям стационарности, определены достоверные коэффициенты уравнений авторегрессии второго порядка (табл. 32).

Модель авторегрессии более эффективна для среднесрочного (на 2..3 года вперед) прогнозирования. Существенное повышение точности прогнозов по простым моделям требует постоянной корректировки их параметров при поступлении новой лесопатологической информации, т.е. адаптивного подхода.

На рис. 88 показана реализация такого подхода для Республики Якутия с использованием компьютерной программы анализа временных рядов. По данным за 1977-1996 гг. была построена модель авторегрессии и разработан прогноз динамики очагов до 2005 г. Сопоставление приведенных на рис. 88 прогнозных оценок и данных мониторинга очагов за 1997-2002 гг. свидетельствует о достаточной точности прогнозной модели. Она предсказала начало вспышки массового размножения и образование очагов в 1998 г. Реальное изменение площадей очагов находилось в интервале между средними и максимальными (ближе к максимальным) прогнозными оценками. Поступившие за 1997-1999 гг. данные использовали для корректировки параметров модели, ее уточнения (адаптации) и корректировки прогноза.

Таблица 32. Параметры моделей авторегрессии для прогнозирования площадей очагов сибирского шелкопряда

| Область, край, республика | R | D | Параметры модели | | | Уровень вероятности |
|---------------------------|-------|--------------------------------|------------------|-------|--------|---------------------|
| | | | A | b_1 | b_2 | |
| Иркутская | 0.754 | 0.659 | 2.857 | 1.298 | -0.531 | 0.95 |
| Красноярский | 0.715 | 0.832 | 1.503 | 1.574 | -0.99 | 0.99 |
| Приморский | 0.684 | 0.574 | 1.086 | 1.200 | -0.671 | 0.99 |
| Якутия | 0.849 | 0.762 | 2.317 | 1.847 | -0.987 | 0.98 |
| Тува | 0.546 | Не подобрано адекватной модели | | | | |
| Томская | 0.633 | 0.469 | 1.743 | 1.055 | -0.695 | 0.99 |
| Бурятия | 0.642 | 0.694 | 1.405 | 1.264 | -0.789 | 0.999 |
| Амурская | 0.714 | 0.736 | 1.669 | 1.388 | -0.863 | 0.999 |
| Алтайский, Алтай | 0.818 | Не подобрано адекватной модели | | | | |

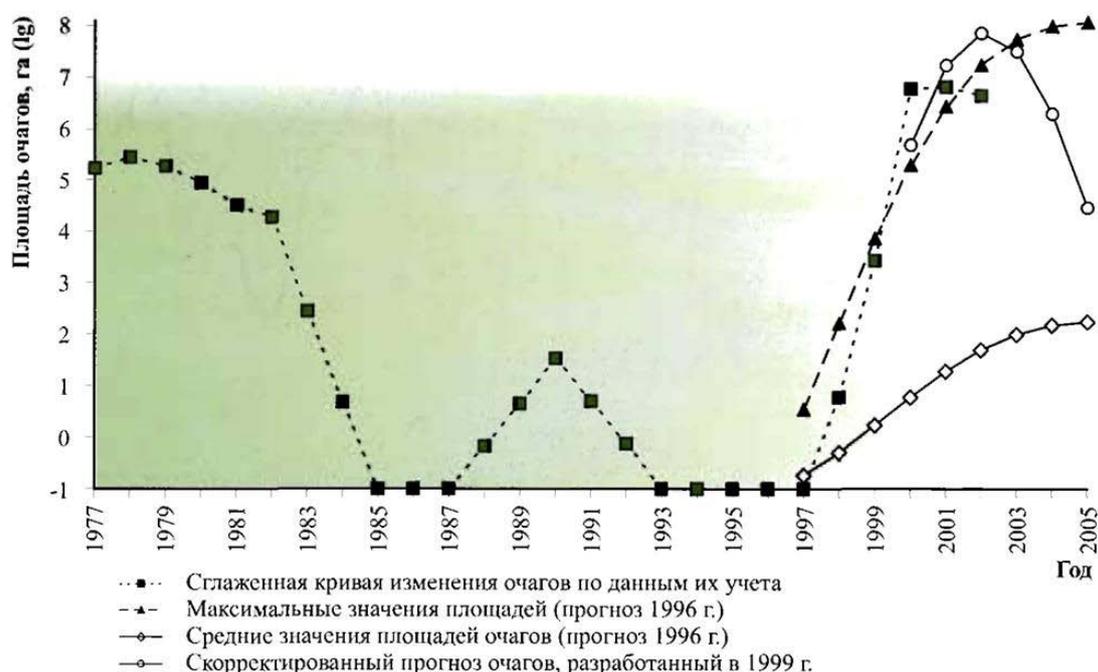


Рис. 88. Прогноз динамики очагов сибирского шелкопряда в Республике Якутия по модели авторегрессии

Предлагаемая система простых моделей при последовательном их использовании позволяет существенно повысить эффективность прогнозирования. Причем это происходит в большей степени не за счет оценки дополнительных показателей, а благодаря ведению достаточно простых, но постоянных наблюдений (мониторинг), использованию более адекватных методов анализа и компьютерной обработки данных по программам, автоматизирующим построение и адаптацию моделей. Такие модели в совокупности с фазовыми портретами многолетней динамики численности вредителей являются основой долгосрочного прогнозирования. Прогноз периода роста очагов, полученный по сезонной модели, корректируется по моделям регрессии. Последние становятся основным инструментом прогнозирования динамики площадей очагов во время вспышки массового размножения.

Для дальнейшего повышения точности моделей необходима оценка дополнительных показателей (например, гидротермического коэффициента в период питания гусениц в предыдущем году, характеристик состояния популяций и насаждений) и использование методов анализа многомерных временных рядов.

Оценка угрозы вспышек массового размножения. Учитывая огромную площадь лесов России, в системе лесозащитного прогнозирования важное значение имеет пространственная составляющая оценки угрозы массового размножения насекомых. Чтобы ответить на вопрос, где и при каких условиях могут образоваться очаги, необходимо оценить связи между факторами среды, наиболее благоприятными для размножения вредителей и легкоизмеримыми переменными. Существует ряд методов оценки угрозы вспышек массового размножения.

Системы классификации на основе качественных показателей обычно применяют, когда нет количественных характеристик или они не поддаются статистическому анализу. Такие системы хорошо разработаны и длительное время используются в практике защиты лесов России. Они позволяют выявлять места концентрации вредителей (резервации, первичные, вторичные, третичные и миграционные очаги) и прогнозировать развитие вспышек в конкретных условиях.

Резервациями являются насаждения, особенности которых в максимальной степени отвечают экологическим требованиям насекомых-вредителей и в которых в меж-вспышечные годы они сохраняются в максимальных количествах. В годы вспышек массового размножения такие насаждения превращаются в первичные очаги. Вторичные очаги образуются в насаждениях, менее подходящих для размножения хвое- и листогрызущих вредителей. Численность насекомых в них меньше, повреждение насаждений происходит с запаздыванием и не бывает сплошным, как в первичных очагах. В третичных очагах размножение вредителей идет замедленными темпами и обычно не приобретает хозяйственного значения, так как имеет локальный характер и невысокий уровень численности насекомых. Миграционные очаги возникают в результате активных перелетов или переноса вредителей воздушными потоками. В случае попадания насекомых в благоприятные экологические условия такие очаги могут стать хозяйственно значимыми.

Вероятность возникновения очагов по регионам. Зоны вредоносности. Для классификации территорий по степени вредоносности насекомых и прогноза риска повреждения насаждений информативным показателем является вероятность возникновения (встречаемость) очагов вредителей леса. Базы данных учета очагов позволяют получить оценки вероятностей для хозяйственно опасных видов насекомых по всем регионам и по части лесхозов России. Они рассчитываются как отношение количества лет с функционирующими очагами к общему периоду наблюдения. Например, если за 50 лет учета очаги были в течение 10 лет, то вероятность их возникновения составляет 20 %. На основе статистической отчетности по защите леса с 1977 по 2001 г. по регионам получены оценки вероятности возникновения очагов 10-ти наиболее опасных хвое- и листогрызущих вредителей. В качестве примера в табл. 33 приведены данные для шелкопряда-монашенки.

Совмещение баз данных с цифровой картой административного деления России позволяет при помощи компьютерных программ создавать карты-схемы распространения и вероятности возникновения очагов и в пределах ареалов выделять зоны вредоносности. Такие материалы являются основой долгосрочных прогнозов риска возникновения и пространственно временной динамики очагов насекомых. Так, в Саратовской обл. риск возникновения очагов непарного шелкопряда максимален (93.3 %), они наблюдаются практически ежегодно (периодичность вспышек один раз в 11 лет). В Московской обл. степень риска в 4 раза меньше, годы с очагами составляют около 20 % всего периода наблюдений (периодичность интенсивных вспышек один раз в 40...45 лет).

Рис. 89 дает наглядное представление о распространении очагов непарного шелкопряда. На нем выделяется зона постоянных вспышек массового размножения и территории, где очаги встречаются реже и, следовательно, вредоносность насекомого ниже. По вероятности возникновения очагов на данной территории можно судить о периодичности вспышек массового размножения. Высокая (более 75 %) вероятность возникновения очагов свидетельствует о перманентном характере массовых размножений.

Таблица 33. Вероятность возникновения очагов шелкопряда-монашенки в Европейской России

| Регион | Вероятность, % | Регион | Вероятность, % |
|----------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Адыгея | 0.0 | Московская обл. | 8.3 |
| Архангельская обл. | 0.0 | Нижегородская обл. | 8.3 |
| Астраханская обл. | 0.0 | Новгородская обл. | 0.0 |
| Башкортостан | 33.3 | Оренбургская обл. | 16.7 |
| Белгородская обл. | 0.0 | Орловская обл. | * |
| Брянская обл. | * | Пензенская обл. | 66.7 |
| Владимирская обл. | * | Пермская обл. | 0.0 |
| Волгоградская обл. | 0.0 | Псковская обл. | * |
| Воронежская обл. | * | Ростовская обл. | 0.0 |
| Дагестан | 0.0 | Рязанская обл. | 20.0 |
| Ивановская обл. | * | Самарская обл. | 16.7 |
| Кабардино-Балкария | 0.0 | Саратовская обл. | 0.0 |
| Калининградская обл. | 12.5 | Свердловская обл. | 45.8 |
| Калмыкия | 0.0 | Северная Осетия | 0.0 |
| Калужская обл. | 4.2 | Смоленская обл. | * |
| Карачаево-Черкессия | 0.0 | Ставропольский край | 0.0 |
| Карелия | 0.0 | Тамбовская обл. | * |
| Кировская обл. | 1 | Татарстан | 25.0 |
| Коми | 0.0 | Тверская обл. | * |
| Костромская обл. | * | Тульская обл. | 0.0 |
| Краснодарский край | 0.0 | Удмуртия | 95.7 |
| Курская обл. | 0.0 | Ульяновская обл. | 25.0 |
| Ленинградская обл. | 0.0 | Челябинская обл. | 91.7 |
| Липецкая обл. | 16.7 | Чечня | 0.0 |
| Марий Эл | * | Чувашия | * |
| Мордовия | 8.3 | Ярославская обл. | 0.0 |

* По литературным данным наблюдались или возможны локальные очаги.

Область максимального риска возникновения очагов насекомых включает степную, лесостепную и южную часть зоны хвойно-широколиственных лесов Европейской России, южно-таежные, горно-лесостепные и степные леса Сибири и Дальнего Востока. Насаждения имеют низкую биологическую устойчивость, большие площади монокультур. Они находятся в субоптимальных условиях произрастания, постоянно подвергаются интенсивному антропогенному воздействию и, периодически, воздействию засух, поэтому очаги массового размножения вредителей возникают здесь один раз в 11 лет и наблюдаются ежегодно на больших площадях.

Классификация насаждений по степени риска возникновения очагов. На субрегиональном уровне проводится оценка структуры и типологии очагов на уровне ландшафтов и местностей. Разрабатываются критерии и индикаторы потенциальной пригодности биотопов (групп типов леса) к ускоренному росту численности вредителей. Для различных видов насекомых при построении критериев используется разнообразная информация – от характеристик лесорастительных условий, рельефа, гидрографии, микроклиматической ситуации до параметров пригодности кормовых объектов. Например, при классификации насаждений по уровню пригодности для черного пихтового усача необходимы таксационные характеристики насаждений, рельефа местности, теплообеспеченности склонов разной

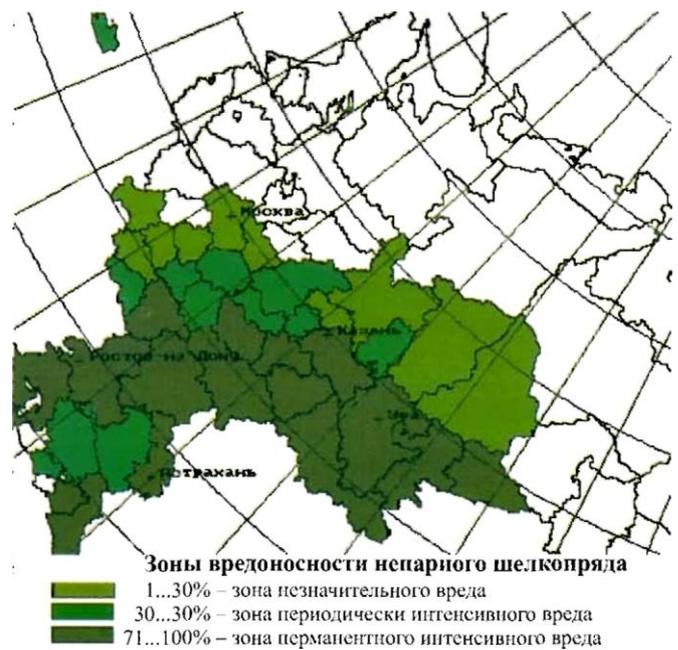


Рис. 89. Пространственное распространение очагов непарного шелкопряда и степени его вредоносности в европейской части России (длительность функционирования очагов в процентах от всего периода наблюдений с 1953 по 1996 г.)

экспозиции в период массового лёта жуков, а также ряда популяционных показателей, характеризующих переход к вспышечному состоянию.

Для хвое- и листогрызущих насекомых, например сибирского и непарного шелкопряда, наряду с перечисленными характеристиками, для построения критерия пригодности биотопов важное значение имеют строение древостоев, их возрастная и породная структура, а также гидротермический режим в критические периоды жизненного цикла – зимовок, миграций, массовой кладки яиц, развития гусениц младших и средних возрастов.

На локальном уровне характеризуются очаги и резервации в пределах укрупненных лесотаксационных выделов (урочищ-фаций). Дается лесотаксационное описание насаждений, характер размещения по элементам рельефа. Определяются размеры и топология очагов, степень повреждения насаждений и их потенциальная устойчивость. Собираются сведения о популяциях насекомых, необходимые для прогноза скорости и направления движения очагов, состояния поврежденного древостоя. В системе лесопатологического мониторинга эта информация используется в рамках краткосрочных (годовых) прогнозов.

Приуроченность очагов массового размножения насекомых и их резерваций к специфическим ландшафтно-экологическим условиям и местообитаниям является основой создания прогнозно-оценочных карт и прогноза пространственного развития очагов. Величина плотности популяции насекомых зависит от рельефа и экспозиции местности, состава, структуры и возраста насаждений, особенностей почв и других факторов. Это позволяет выделять древостой – потенциальные очаги (резервации) вредителей по таксационным описаниям, используя методы многомерного статистического анализа и ГИС-технологии. Например, для непарного шелкопряда был разработан дискриминантный критерий (Z) (насаждения относятся к резервациям при $Z > 0$):

$$Z = 51.59 + 0.20x_1 - 1.58x_2 + 0.30x_3 - 42.18x_4 - 7.77x_5 + 1.53x_6.$$

где:

- x_1 – доля предпочитаемой кормовой породы в составе, %;
- x_2 – средний диаметр, см;
- x_3 – средний возраст, лет;
- x_4 – полнота;
- x_5 – класс бонитета;
- x_6 – средняя категория состояния.

Прогноз распространения очагов. Использование ГИС-технологий. На федеральном уровне необходима оценка развития очагов и изменения санитарного состояния насаждений на территории России. Наиболее эффективным и удобным представлением информации о распространении очагов является картирование территории.

Исходной территориальной единицей здесь является область, край, республика. При помощи компьютерных программ базы данных площадей очагов важнейших видов листогрызущих вредителей по территориальным управлениям лесами совмещаются с цифровой картой административного деления России масштаба 1:8 000 000. Ежегодное создание таких карт-схем и их сопоставление позволяют достаточно наглядно представить лесопатологическую ситуацию и прогнозировать ее развитие. На рис. 90 показано распространение очагов зеленой дубовой листовертки – одного из наиболее опасных вредителей дубрав.

Подобное картирование для выделения зон вредоносности насекомых имеет смысл для европейской части России, где площадь регионов относительно невелика, и можно выявить зональность в распределении очагов в пределах ареала вида. Для Сибири и Дальнего Востока это неприемлемо, поскольку границы части административных территорий выходят за границы ареала. Чтобы скорректировать границы зон вредоносности, необходимы данные по лесхозам. Такой информацией в нужном объеме мы не располагаем. Более доступным методом является

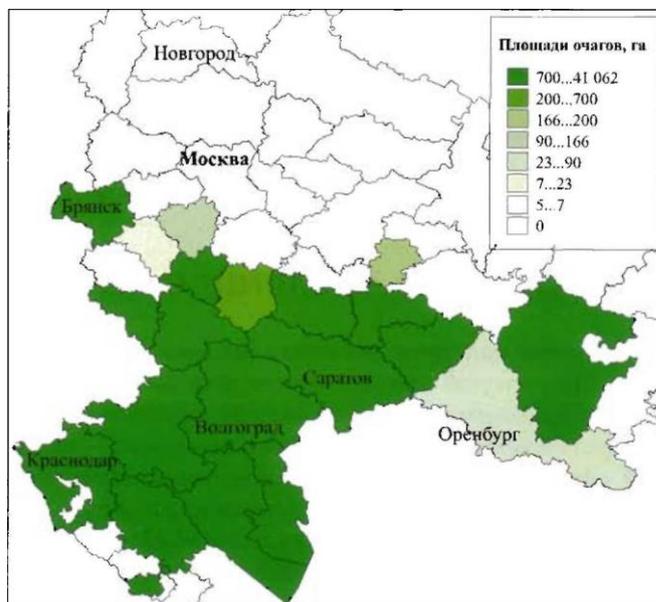


Рис. 90. Распространение очагов зеленой дубовой листовертки в России (2001 г.)

использование экологических показателей, имеющих сходное с очагами пространственное распределение. Распространение насекомых и уровень их численности прежде всего определяются наличием кормовых пород и климатическими условиями.

Наиболее точно корректировать границы зон вредоносности насекомых можно по изолиниям гидротермического коэффициента (ГТК) и сумм температур за период с температурами выше 10 °С. Установлены оценки показателей засушливости и теплообеспеченности территорий, совпадающие с границами распространения очагов разных видов насекомых. Для корректировки границ изолинии ГТК должны быть проведены с интервалом 0.2, а сумм температур – с интервалом в 200 °С.

Интеграция цифровых карт лесов России по видам пород и карт-схем вероятности возникновения очагов вредителей позволяет осуществить привязку очагов 10-ти наиболее опасных видов насекомых к насаждениям, преобладающая порода которых является кормовой породой насекомых. Эти карты так же схематичны, но имеют больше экологического смысла, так как информация отнесена не к административной территории, а к лесным массивам. Их недостаток – одинаковая вероятность возникновения очагов для всех лесов в пределах административной территории.

Анализ карт за разные годы дает возможность определить тенденции пространственного распространения очагов. Так, в течение вспышки массового размножения зеленой дубовой листовертки и непарного шелкопряда очаги распространяются с юго-востока на северо-запад. Интеграция карт позволяет выделить для каждого вида насекомого территорию, в пределах которой очаги их массового размножения наблюдаются наиболее часто. Выявление таких закономерностей и их описание количественными методами является необходимым условием повышения эффективности системы прогнозирования и лесопатологического мониторинга.

ГИС-технологии позволяют систематизировать разнообразную картографическую и атрибутивную информацию о природных процессах, протекающих в лесах, корректировать модельные параметры динамики численности популяций и пространственное размещение очагов, контролировать степень повреждения насаждений, определять эффективность лесозащитных мероприятий, а также осуществлять выполнение ряда других научно-прикладных задач, связанных с сохранением лесов.

12.4. Прогноз численности насекомых

Фазовые портреты динамики численности насекомых. Многолетний прогноз. Метод фазовых портретов широко применяется в популяционной экологии. Выходной величиной системы "популяция насекомых – внешняя среда" является плотность популяции. Изменение этой величины описывается дифференциальным уравнением второго порядка и изображается точкой на фазовой плоскости, на которой по оси абсцисс отложена плотность популяции, а по оси ординат – скорость ее изменения (коэффициент размножения). Разностные уравнения имеют более простую форму, если использовать логарифмическую шкалу.

Поскольку плотность популяции меняется во времени, то на фазовой плоскости получается определенная траектория. По ее виду можно судить о характере популяционной динамики. При затухающих колебаниях траектория имеет вид закручивающейся вокруг особой точки спирали. В случае периодических колебаний траектория представлена семейством замкнутых кривых с общим центром в особой точке. При нарастающих колебаниях траектория представляет собой раскручивающуюся из особой точки спираль.

Возможности использования метода фазовых портретов проанализированы с учетом специфики динамики численности непарного шелкопряда в условиях Московской и Саратовской областей. Построенные по экспериментальным данным фазовые портреты приведены на рис. 91. Вспышки массового размножения закономерно развиваются во времени и пространстве и проходят 5 качественно различных этапов (фаз): нарастания численности, максимума, разреживания, депрессии и восстановления стабильной численности популяции.

В то же время фазовые портреты различаются по структуре, предельным значениям плотностей популяции и коэффициентов размножения. В ослабленных, простых по структуре дубравах на юго-востоке Европейской России популяции характеризуются более высоким средним уровнем численности, меньшей максимальной плотностью и амплитудой колебаний, значительно более высоким уровнем минимальной плотности, перманентным характером массовых размножений.

Анализ структуры и границ фазовых портретов позволяет выявить закономерности градационных процессов, типичные для вида в целом, и установить особенности динамики популяции. Массовые размножения в Московской и Саратовской областях имеют как общие черты, типичные для эруптивных вспышек, так и существенные различия. В более сложных по составу и

структуре лесных биоценозах и субоптимальных для непарного шелкопряда климатических условиях (Московская обл.) средний уровень численности ниже, эруптивные вспышки массового размножения в 3..4 раза реже, но их интенсивность, амплитуда колебаний плотности популяции и степень депрессии выше.

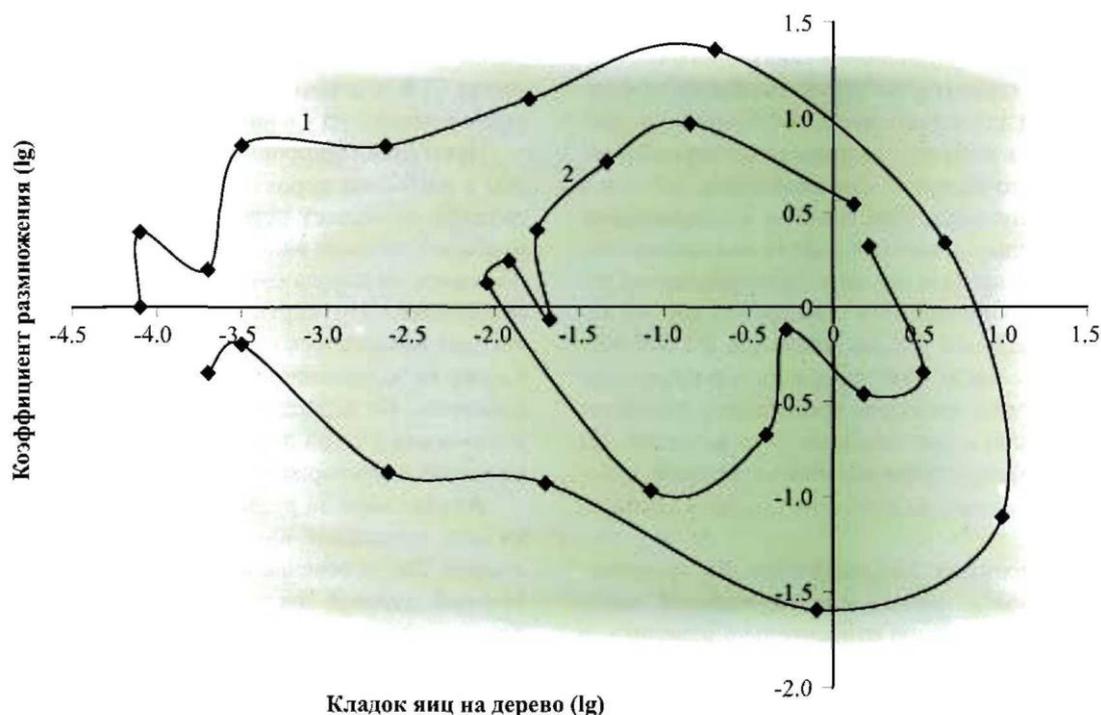


Рис. 91. Фазовые портреты динамики численности непарного шелкопряда в Московской (1) и Саратовской (2) областях

Критерии фаз массового размножения. Долгосрочный прогноз. В системе прогнозирования большое значение имеет определение фазы массового размножения, так как вспышка закономерно развивается во времени и пространстве. Для диагностики и прогноза фаз можно использовать изменение ряда параметров состояния популяций насекомых.

Непарный шелкопряд. Для прогноза направления изменения численности и определения фаз градаций разработана система численных критериев (табл. 34). К ним относятся показатели, характеризующие направление и степень изменения качественного состояния популяции и ее пространственной структуры.

Таблица 34. Изменение параметров популяции непарного шелкопряда по фазам градаций в Московской (числитель) и Саратовской (знаменатель) областях

| Популяционные параметры | Изменение параметров по фазам градации | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|
| | роста численности | максимума | разреживания | депрессии и восстановления |
| Коэффициент размножения | $\frac{1.5-5 \div 22.0}{1.7 \div 8.1}$ | $\frac{2.2}{3.5 \div 2.1}$ | $\frac{0.08 \div 0.03}{0.56 \div 0.14}$ | $\frac{0.11 \div 1.0}{0.16 \div 1.3}$ |
| Число яиц в кладке, шт. | $\frac{383 \div 228}{427 \div 281}$ | $\frac{215}{172}$ | $\frac{194 \div 189}{230 \div 268}$ | $\frac{201 \div 333}{370 - 393}$ |
| Половой индекс | $\frac{0.68 \div 0.42}{0.52 \div 0.30}$ | $\frac{0.50}{0.21}$ | $\frac{0.50}{0.30 \div 0.42}$ | $\frac{0.38 \div 0.66}{0.31 \div 0.67}$ |
| Паразитировано куколок, % | $\frac{4.5 \div 30.2}{5.4 \div 23.6}$ | $\frac{32.1 \div 49.2}{24.0 \div 34.4}$ | $\frac{15.2 \div 9.0}{59.4 \div 52.6}$ | $\frac{18.9 \div 7.2}{15.0 \div 12.5}$ |

Для диагностики фаз градации и направления динамики численности насекомого наиболее информативны плодовитость, половой индекс, асимметрия распределения величины плодовитости, масса яиц. Они тесно коррелируют с коэффициентом размножения вредителя в будущей генерации, характеризуют не только рождаемость, но и величину смертности, в точках перегиба градационной кривой имеют экстремальные, существенно отличающиеся значения, а также скачкообразный характер изменения.

О выходе популяции из депрессии (переходе от фазы восстановления к фазе нарастания численности) свидетельствуют существенное увеличение до максимального или близкого к нему значения плодовитости и полового индекса при средней величине массы яйца, а также максимальная агрегация популяции в пространстве насаждений, снижение зараженности особей паразитами и, в целом, смертности на разных фазах развития. Для кульминации вспышки (фаза максимума) характерна минимальная величина плодовитости, массы яйца, полового индекса, степени пространственной агрегации популяции. Перечисленные показатели в точках перегиба градационной кривой значительно и достоверно отличаются, а на этапах снижения и роста численности их изменение имеет противоположное направление.

Закономерный характер изменения популяционных параметров по фазам массового размножения сохраняется в широком диапазоне экологических условий. Однако последние существенно влияют на абсолютные значения и степень изменчивости показателей фаз градации. Сравнительный анализ динамики показателей (см. табл. 34) свидетельствует о более высоком уровне их изменчивости в Саратовской обл., чем в Московской. Для детализации прогноза фаз градации в период снижения и роста численности необходимо учитывать и другие показатели, главным образом плотность популяции (коэффициент размножения) и характеристики погоды.

Зеленая дубовая листовертка. Начало роста численности связано с увеличением реальной плодовитости до 60 яиц, снижением зараженности гусениц до 5... 10 %, низким уровнем зараженности куколок специализированным наездником-феогенесом. Выявлены тесные зависимости между плотностью популяции листовертки и зараженностью ее паразитами.

Златогузка. Выход популяции из депрессии характеризуется увеличением количества яиц в кладке до 180.. 200 шт. и массы куколок до 150 мг, высокой жизнеспособностью гусениц в зимних гнездах и низкой зараженностью куколок паразитами.

Сосновая пяденица. Переход популяции сосновой пяденицы из стабильного состояния в фазу роста численности происходит при плотности популяции куколок от 0.1 до 1.0 шт./м². В эту фазу наблюдаются максимальные коэффициенты размножения ($r = 35$), низкая зараженность куколок паразитами (менее 20 %), высокий половой индекс (0.55) и плодовитость (125 яиц). Происходит изменение пространственного распределения популяций пяденицы за счет увеличения заселенности отдельных участков насаждений, которые по своей структуре соответствуют первичным очагам.

С наступлением эруптивной фазы резко возрастает плотность популяции. Площадь участков с критической плотностью (более 6 куколок на 1 м²) составляет около 30 % всех заселенных насаждений, а на отдельных участках плотность может достигать более 100 куколок на 1 м². В переуплотненных первичных очагах пяденица испытывает резкий недостаток корма, что обуславливает обострение внутрипопуляционных отношений и проявляется в увеличении гибели гусениц, уменьшении запаса куколок и плодовитости самок. Дальнейший переход в фазу кризиса характеризуется резким спадом численности, уменьшением плодовитости до 80 яиц, высокой степенью зараженности куколок энтомофагами и патогенными микроорганизмами (до 70...90 %).

Сосновая совка. При переходе популяции из стабильного состояния в фазу роста численности ее плотность увеличивается в 20 раз и более и достигает в среднем 1 куколки на 1 м². Зараженность куколок паразитами не превышает 20%, чаще 10...12%, больных куколок 2.. 4 %, половой индекс составляет около 0.5, доля куколок с "оспинами" 10...20%, а плодовитость составляет 150...160 яиц. Объединение крон незначительно, лишь в отдельных участках хорошо заметны усохшие побеги текущего года.

Когда популяция переходит в эруптивную фазу, плотность куколок еще более возрастает, и в среднем составляет в первичных очагах 25...30 шт. на 1 м². Плодовитость снижается до 80 яиц, доля больных куколок составляет 10...15 %, а зараженных паразитами – до 40 %, куколок с "оспинами" – 20...35 %.

Затухание вспышек сосновой совки происходит под воздействием биотических факторов – паразитов и инфекционных болезней. Плодовитость в фазу кризиса составляет 10...40 яиц. При этом половой индекс в течение вспышки мало изменяется и равен приблизительно 0.5.

Шелкопряд-монашенка. После благоприятной погоды и условий питания начало роста численности популяции монашенки характеризуется высокой выживаемостью куколок (95 %), средней плодовитостью 220 яиц на 1 самку и половым индексом 0.6...0.7. В этот период увеличение численности происходит на небольших площадях в лесных массивах. Без тщательного ведения надзора начало вспышки не регистрируется.

На второй год численность резко увеличивается (до 40 раз), дефолиация насаждений приближается к 10 %, бабочки на стволах деревьев хорошо заметны. Смертность куколок увеличивается и составляет 10...20 %, среднее число яиц на самку снижается до 150 шт., а половой индекс равен 0.5...0.6.

При переходе в эруптивную фазу резко увеличивается численность монашенки до 2 тыс. гусениц и более на дерево в средневозрастных насаждениях. Дефолиация достигает 50...90 %.

Очаги повреждений хорошо различимы. Смертность куколок составляет 50...80 %, половой индекс бабочек – 0.2...0.4, а средняя плодовитость снижается до 80 яиц на самку. Таким образом, репродуктивный уровень монашенки становится в 6 раз ниже, а смертность в 13 раз выше первого года проградации. Все это ведет к затуханию вспышки. В фазу кризиса в первичных очагах оставшиеся гусеницы сильно ослаблены, частично больны, питаются мало, и только немногие из них окукливаются. Большинство гусениц погибает от вируса ядерного полиэдроза, других болезней и энтомофагов.

Сосновый шелкопряд. Переход популяции соснового шелкопряда из стабильного состояния в фазу роста численности происходит при плотности популяции зимующих гусениц, равной 1...2 шт./м². При этом численность увеличивается в 25 раз, а относительная заселенность в 15 раз и составляет 45 %. Одновременно происходит переход популяции от преимущественно 2-летней генерации к развитию по 1-летнему циклу. В этой фазе плодовитость составляет в среднем 300 яиц на самку. При этом преобладают кладки со средним весом яйца более 4.0 мг, что указывает на высокую жизнеспособность популяции шелкопряда.

При переходе в эруптивную фазу вспышки плотность популяции зимующих гусениц достигает в среднем 12...15 особей на 1 м², что вызывает сильное или полное объедание насаждений. Недостаток корма способствует ослаблению популяции и изменению эколого-популяционных показателей. Плодовитость самок снижается до 120...150 яиц, увеличивается смертность гусениц первого возраста и зараженность комплексом энтомофагов: яиц – до 50 %, гусениц III—IV возраста – до 40 % и куколок шелкопряда – до 75 %.

Дальнейшее ослабление популяции и активизация биотических факторов способствуют затуханию вспышки, когда большая часть особей в популяции переходит на 2-летний цикл развития. В эту фазу плодовитость снижается до 50 яиц, уменьшается зараженность энтомофагами, но увеличивается смертность особей от физиологических и инфекционных болезней.

Обыкновенный сосновый пилильщик. Паразиты, хищники, болезни и диапауза являются основными факторами на всех фазах массового размножения обыкновенного соснового пилильщика. При 2-летней генерации пилильщик имеет продолжительность вспышки не более двух лет. В фазе роста численности популяция соснового пилильщика характеризуется низким процентом диапаузирующих особей, низкой зараженностью паразитами. При благоприятных погодных условиях в период развития личинок популяция за 3 генерации достигает критического уровня (более 25 коконов на 1 м²). При достижении высокой плотности резко увеличивается зараженность пилильщика паразитами и патогенами, а большая часть оставшейся части популяции уходит в диапаузу, которая может длиться до 2 лет. За время диапаузы 50 % личинок уничтожается мелкими млекопитающими, а оставшаяся часть – паразитами и болезнями.

Рыжий сосновый пилильщик. Переход популяции рыжего соснового пилильщика в фазу роста численности происходит в годы, когда основная ее часть не впадает в диапаузу, и из 90...95 % коконов вылетают взрослые особи. В этот период градационного цикла половой индекс чаще всего равен 0.7, а средняя плодовитость одной самки составляет около 100 яиц. Происходит быстрый рост численности пилильщика и на 3-й год вспышка достигает кульминации. При благоприятных условиях на следующий год наблюдается сильное объедание насаждений. Вспышка заканчивается или в результате эпизоотии полиэдроза, или ухода большей части особей в длительную диапаузу, когда популяция почти полностью уничтожается мелкими млекопитающими, наездниками, жуками щелкунов.

Таким образом, у сосновых пилильщиков вспышка массового размножения быстро заканчивается под влиянием биотических факторов и вследствие диапаузы. Зараженность пилильщиков энтомофагами, патогенами и доля диапаузирующих особей являются основными эколого-популяционными показателями для прогнозирования развития их вспышек.

Регрессионные модели для прогноза численности насекомых. Методы прогноза численности насекомых основаны на построении прогнозирующих моделей – уравнений, в качестве зависимой переменной которых выступает плотность популяции или ее коэффициент размножения, а независимыми переменными (аргументами) являются оценки параметров, характеризующие прямые или косвенные причины изменения численности насекомых. Для этого организуют специальную систему наблюдений и выборочных измерений (учетов) в популяции, направленную на построение таблиц выживаемости за генерацию.

Используя оценки выживаемости особей в популяции за возрастной интервал, можно в целом оценить выживаемость популяции за генерацию:

$$S_n = S_1 S_2 S_3 \dots S_t,$$

где S_t – выживаемость за возрастной интервал t .

Выживаемость равна отношению плотности популяции в конце и начале возрастного интервала: $\Delta t S_t = N_{t+1}/N_t$. Величину $(-\log S_t)$ принято обозначать K_t .

Если за промежуток времени Δt действует только один фактор смертности, K_t будет выражать гибель особей от этого фактора:

$$K_t = \log N_t - \log N_{t+i}.$$

Смертность за генерацию можно выразить как сумму смертностей от отдельных факторов:

$$K_n = k_1 + k_2 + \dots + k_t.$$

Это уравнение основано на допущении, что факторы смертности действуют последовательно и независимо. Для прикладных задач это допущение вполне оправданно. По аналогии можно выразить смертность за генерацию по возрастным интервалам:

$$K_n = k_1 + k_2 + \dots + k_t,$$

где k_t – смертность за возрастной интервал.

Численность особей, вступивших в следующую генерацию, можно выразить через выживаемость за генерацию S_n , численность предыдущей генерации N_n , долю выживших самок P_n и их плодовитость F :

$$N_{n+1} = N_n S_n P_n F.$$

Отсюда получим выражение для коэффициента размножения популяции:

$$r = N_{n+1}/N_n = S_n P_n F.$$

Подставляя вместо S_n ее выражение через выживаемость за возрастные интервалы, получим:

$$r = S_1 S_2 S_3 \dots S_n P_n F.$$

Логарифмирование указанных выше уравнений переводит их в линейную форму, что позволяет применять для исследования параметров стандартные методы: регрессионный и дисперсионный анализ. Наибольший вклад в варьирование зависимой переменной (N_{n+1} и r) вносит выживаемость за генерацию S_n , так как это функция многих переменных. Включение ее в модель в виде произведения выживаемостей за возрастные интервалы позволяет (после логарифмирования) оценить по отдельности вклад каждого из них в варьирование зависимой переменной:

$$\log N_{n+1} = \log N_n + \log S_1 + \dots + \log S_t + \log P_n + \log F.$$

Можно представить это выражение так:

$$\log N_{n+1} = \log N_n - k_1 - k_2 - \dots - k_t + \log P_n + \log F.$$

Оба уравнения эквивалентны, так как:

$$k_t = -\log S_t.$$

Анализ уравнений выживаемости и смертности популяции и коэффициента ее размножения за генерацию служит основой для построения статистических моделей динамики численности. Для каждого ключевого фактора или ключевого возрастного интервала, вносящего наибольший вклад в смертность (выживаемость) за генерацию, принято строить вспомогательные модели (или субмодели).

Такие модели могут строиться на основе изучения причин варьирования величины смертности (выживаемости) от ключевого фактора (или за возрастной интервал) во времени. Их описания имеют вид дифференциальных и конечно-разностных уравнений. Могут использоваться и готовые модели, например: для описания смертности от паразитов, хищников. Другой основой построения вспомогательных моделей является статистический анализ попарных измерений причинно-следственных связей, когда в качестве зависимой переменной выступает смертность

(выживаемость) за возрастной интервал, а независимыми переменными являются все приемлемые параметры среды. Ряды таких измерений можно выразить как линейную функцию многих переменных в виде регрессионного уравнения:

$$f(g) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_jx_j,$$

где:

$f(g)$ – зависимая переменная;
 x_1, \dots, x_j – независимые переменные;
 b_0, b_1, \dots, b_j – коэффициенты.

Точность популяционной модели обычно определяется величиной суммы квадратов отклонений эмпирических данных от вычисленных по модели, т.е. ее дисперсией. Важность отдельных параметров модели определяется по вкладу варьирования каждого параметра в варьирование зависимой переменной, т.е. в ее дисперсию.

При выборе переменных моделей исходят из доступности и простоты получения данных в природе и анализа прогностической ценности различных факторов динамики численности вредителей. Выявление качественно различных режимов динамики численности лесных насекомых является необходимым этапом построения прогностических моделей. Однако только многолетнее изучение динамики численности конкретных видов насекомых, определение ведущих факторов и их взаимосвязей дает возможность разработать модели для практического применения.

Определение фазы градации позволяет использовать для краткосрочного прогноза достаточно точные, но несложные по форме регрессионные модели. В этом случае на этапах роста и снижения численности следует применять разные уравнения, которые эффективнее и более точно описывают эти процессы.

Для создания таких моделей необходимо выполнить следующие работы: проанализировать динамику численности насекомых, определить ключевые факторы, оценить их по экспериментальным данным изучить взаимосвязи и установить прогностическую ценность различных переменных, рассчитать параметры модели и провести ее оптимизацию.

Так, для краткосрочного прогноза динамики численности непарного шелкопряда было составлено множественное регрессионное уравнение, где из введенных в анализ различных показателей наиболее эффективными оказались следующие переменные: плотность популяции и плодовитость, доля дуба в составе насаждений и минимальная температура в мае следующего года. Уравнение объясняет около 72 % варьирования числа яиц осенью будущего года и имеет следующий вид:

$$Y = 9.267 + 0.608x_1 + 0.295x_2 + 0.010x_3 - 1.297x_4,$$

где:

Y – натуральный логарифм количества яиц на 100 точек роста в году $(n+1)$;
 x_1 – натуральный логарифм количества кладок яиц на 100 точек роста в году n ;
 x_2 – минимальная температура мая в году $(n+1)$;
 x_3 – доля дуба в составе насаждений, %;
 x_4 – натуральный логарифм среднего числа яиц в кладке в году n .

Регрессионные модели позволяют предсказать изменение численности с осени данного года на осень следующего года и скорректировать прогноз весной с учетом погоды в период развития гусениц младшего возраста.

Для долгосрочного прогноза изменения численности насекомых достаточно эффективны методы анализа временных рядов ([см. раздел 12.2](#)). Нами разработана модель прогноза численности непарного шелкопряда. Она основана на результатах многолетних (1975-2000 гг.) учетов численности на стационарных участках. Ряд средних оценок численности кладок непарного шелкопряда был преобразован в логарифмы. Затем провели сглаживание (взвешивание) исходных данных методом скользящих средних с 5-летним интервалом усреднения полиномом второго порядка (рис. 92).

Для характеристики внутренней структуры ряда рассчитали сериальные корреляции (r_k) между членами ряда, разделенными $(k-1)$ наблюдениями:

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| k | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| rk | 0.774 | 0.324 | -0.145 | -0.458 | -0.534 | -0.374 | -0.106 | -0.0871 |

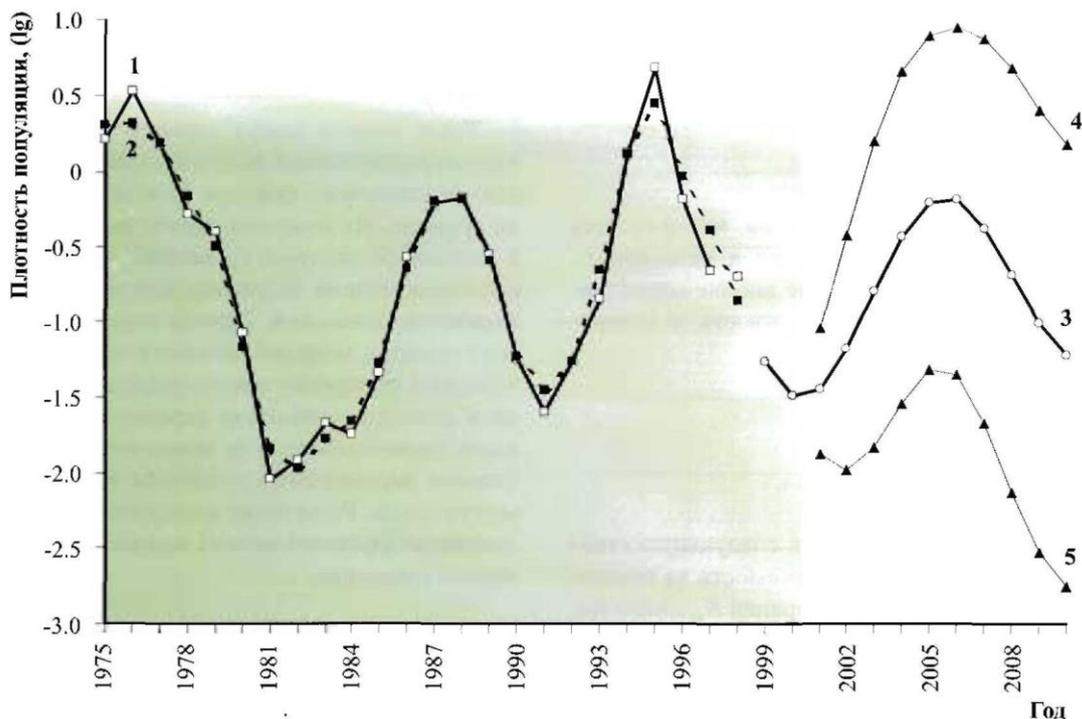


Рис. 92. Прогноз динамики плотности популяции непарного шелкопряда в Саратовской области по модели авторегрессии:
 среднее число кладок на дерево (1); сглаженная кривая числа кладок (2); прогноз динамики числа кладок, разработанный в 1998 г. (3); максимальные (4) и минимальные (5) пределы прогнозных оценок

Последовательность таких коэффициентов корреляции, как функция интервала (лага) между наблюдениями (k), называется автокорреляционной функцией. Изменение плотности популяции подчиняется определенной закономерности. Положительные значения коэффициентов автокорреляции свидетельствуют о колебательном процессе с преобладанием длинных волн.

После проведенного таким образом анализа и корректировки выборочных оценок плотности популяции проводят подбор типа модели. Наиболее адекватной оказалась авторегрессия второго порядка. Используя компьютерную программу, рассчитывают коэффициенты модели и представляют ее в графическом виде (см. рис. 96):

$$Y = -0.777 + 1.595x_1 - 0.935x_2; R = 0.771$$

где:

Y – число кладок на дерево (lg) осенью года $n+1$;

x_1 – число кладок на дерево (lg) в году n ;

x_2 – число кладок на дерево (lg) в году $n-1$.

Имитационное моделирование. При создании методов прогнозирования необходимым этапом является математическое моделирование сложных динамических систем. Инструментом, пригодным для анализа таких систем, являются компьютерные имитационные модели. Несмотря на широкое применение системного анализа, очень мало моделей, описывающих взаимодействие "вредитель – лес". Еще меньше эффективных прогностических моделей, которые обеспечивают нужный временной интервал.

Имитационная модель взаимодействия насекомых с дубовым древостоем позволяет воспроизводить с помощью компьютера и исследовать многолетние колебательные процессы в лесной экосистеме: динамику плотности популяции, степень дефолиации насаждений, величину прироста древесины и его потерю в зависимости от наиболее существенных факторов.

Для реализации модели разработан комплекс алгоритмов и программ. Анализ вычислительных экспериментов, проведенных с помощью модели, показал ее реалистичность. Этого удалось добиться после нескольких коррекций модели.

С использованием имитационного компьютерного моделирования на основе многолетних таблиц выживаемости проанализирована роль различных факторов в динамике численности сосновой пяденицы в лесах Сибири. Для каждой стадии сезонного развития насекомых строилась

отдельная модель. Определялись факторы, влияющие на численность насекомых каждой стадии (яйца, гусеницы, куколки и т. д.), вид и параметры функций, описывающих эти воздействия. Для автоматизации построения модели создавались компьютерные модули, которые можно модифицировать и дополнять при появлении новых гипотез и данных.

На основе оценки параметров перехода насекомых с одной стадии развития на другую (сезонной динамики) из модулей строилась общая модель динамики численности. Для создания моделей использован механизм реляционных баз данных. Система обеспечивает прогноз численности на краткосрочный период и позволяет выявить специфику динамики популяции при различных сценариях изменения внешней среды.

12.5. Краткосрочный прогноз повреждения ассимиляционного аппарата деревьев хвое- и листогрызущими насекомыми

При краткосрочном прогнозировании используется тот факт, что за короткий период времени изменениями системы можно пренебречь или считать их линейными. Существующие методы краткосрочного прогнозирования повреждения ассимиляционного аппарата включают, в том или ином виде, три компоненты: кормовую норму вредителя, т.е. количество хвои или листы, уничтоженное одной особью в течение фазы гусеницы при избытке корма; оценку плотности популяции вредителя; оценку запаса корма для вредителя. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

В практике лесозащиты для принятия решений и выделения насаждений, в которых целесообразно провести борьбу, используется метод критических чисел. Эти оценки получены путем сравнения исходной плотности популяции и последующей степени объедания насаждений. Критические числа отражают плотность популяции насекомых, при которой наиболее вероятно полное объедание насаждений (приложение 4).

Ф.Н. Семевский (1971) предложил методику производственного прогнозирования, дающую возможность приближенно оценить количество зеленой массы, уничтоженной средней гусеницей в условиях нормальной смертности при избытке корма (реальной кормовой нормы – r_m). Ее величина рассчитывается по уравнению:

$$r_m = 1.35 t_{cp} (r_k W + r_0),$$

где:

t_{cp} – половина периода развития гусеницы (число возрастов деленное пополам);

r_k – кормовая норма вредителя в сырой массе листы или хвои, г;

W – выживаемость гусениц, доли единицы;

r_0 – начальная масса вылупившейся гусеницы, умноженная на 9.84 г.

Затем определяется наиболее вероятная степень дефолиации насаждений:

$$f = r_m \times N_0,$$

где:

f – ожидаемая степень повреждения насаждений, %;

r_m – реальная кормовая норма;

N_0 – начальная плотность гусениц (личинок) 1-го возраста на 100 г зеленой массы;

Точность предложенного метода зависит от точности определения параметра W при различном уровне плотности популяции. Выживаемость гусениц (личинок) можно получить приближенно на основе модели. Кормовая норма вредителей может быть получена непосредственным подсчетом съеденного корма либо косвенным путем по одному из трех уравнений, предложенных Ф.Н. Семевским (1971). Кормовые нормы, полученные расчетным путем, и количество возрастов гусениц, дающих самцов и самок, представлены в табл. 35

Ожидаемая степень повреждения крон, рассчитанная по уравнениям в зависимости от численности гусениц первого возраста на 100 г хвои или листы, приведена в приложении 15.

Для того чтобы учесть снижение кормовой нормы в результате конкуренции за пищу, А.В. Голубев (1992) предложил следующее уравнение определения реальной кормовой нормы:

$$r_m = \frac{100}{N_0} \left[1 - \exp - \left(\frac{P_k \times N_0}{100} \right) \right].$$

Таблица 35. Кормовые нормы и число возрастов хвое- и листогрызущих насекомых на фазе личинки (Голубев, 1992)

| Вид вредителя | Кормовая норма (тк), г | Масса гусеницы 1-го возраста, г | Число возрастов | |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|--------|
| | | | самок | самцов |
| Сосновый шелкопряд | 21.8 | 0.0085 | 7 | 6 |
| Монашенка | 9.68 | 0.0058 | 6 | 5 |
| Сосновая совка | 5.31 | 0.0062 | 5 | 5 |
| Сосновая пяденица | 2.01 | 0.0025 | 5 | 5 |
| Обыкновенный сосновый пилильщик | 0.8 | 0.0005 | 6 | 5 |
| Рыжий сосновый пилильщик | 0.91 | 0.0001 | 7 | 6 |
| Красноголовый ткач-пилильщик | 1.43 | 0.0009 | 6 | 5 |
| Звездчатый ткач-пилильщик | 5.3 | 0.0032 | 6 | 5 |
| Непарный шелкопряд | 6.86 | 0.0038 | 6 | 5 |
| Златогузка | 2.41 | 0.0002 | 7 | 7 |
| Кольчатый шелкопряд | 4.77 | 0.0029 | 6 | 6 |
| Зеленая дубовая листовертка | 0.652 | 0.0008 | 5 | 6 |
| Дубовая хохлатка | 7.32 | 0.0088 | 5 | 5 |
| Ивовая волнянка | 2.03 | 0.0024 | 5 | 5 |
| Листовертки <i>Archips</i> sp. | 0.55 | 0.0007 | 5 | 5 |

Приведенное уравнение значительно снижает степень неопределенности, и при его использовании отпадает необходимость вычисления выживаемости гусениц. На основе предложенного метода была составлена таблица для прогнозирования повреждения, где входом является вид вредителя и плотность гусениц 1-го возраста на 100 г хвои или листвы ([приложение 15](#)).

Предложенные модели основаны на усредненных оценках переменных, полученных в различных насаждениях. Поэтому для повышения точности прогнозов необходима корректировка параметров моделей с учетом лесорастительных зон (групп типов леса, насаждений), т.е. создание региональных моделей. Для краткосрочного прогнозирования степени объедания дубрав наиболее опасными видами вредителей, по экспериментальным данным, полученным в насаждениях лесостепной зоны, составлены уравнения, которые имеют вид:

для зеленой дубовой листовертки –

$$\lg d = 0.642 + 0.501 \lg x_1;$$

для непарного шелкопряда –

$$\lg d = 0.989 + 0.492 \lg x_2;$$

для зимней пяденицы –

$$\lg d = 0.416 + 0.545 \lg x_2;$$

для боярышниковой листовертки -

$$\lg d = 0.412 + 0.530 \lg x_2;$$

где:

d – степень объедания, %;

x_1 – количество кладок яиц на 100 точек роста;

x_2 – количество яиц на 100 точек роста.

Методика составления уравнений основывается на сравнении плотности популяции насекомых осенью и последующей дефолиации насаждений в широком диапазоне варьирования. Эти уравнения отражают реальные зависимости и имеют криволинейную форму связи между численностью насекомых и величиной объедания. В табл. 36, по экспериментальным данным, приведена численность главнейших хвоегрызущих насекомых и соответствующие степени объедания насаждений.

Биологические системы, как и реально описывающие их модели, в действительности могут сильно зависеть от малых изменений своих параметров. Поэтому только экспериментальная проверка всех методов и сравнение прогнозных оценок с реальными (верификация моделей) может дать уверенность в их правильности. На этой основе необходимо создавать систему региональных прогнозных моделей, достоверность и точность которых будет выше.

Таблица 36. Численность хвоегрызущих насекомых, соответствующая различным степеням объедания насаждений

| Вид вредителя | Число куколок, коконов, гусениц на 1 м ² , яиц на дерево, при степени объедания, % | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Сосновая совка (куколка) | 0.06 | 0.24 | 0.49 | 0.84 | 1.31 | 1.85 | 2.48 | 3.23 | 4.00 |
| Монашенка (яйца) | 11 | 45 | 105 | 189 | 300 | 435 | 598 | 786 | 1000 |
| Сосновый шелкопряд (гусеницы) | 0.7 | 2.5 | 5.4 | 9.2 | 14.0 | 19.7 | 26.3 | 33.4 | 42.1 |
| Сосновая пяденица (куколки) | 0.4 | 1.3 | 2.6 | 4.2 | 6.0 | 8.2 | 10.5 | 13.2 | 16.0 |
| Рыжий сосновый пилильщик (коконы) | 2.0 | 4.1 | 6.3 | 8.6 | 10.8 | 13.1 | 15.4 | 17.7 | 20.0 |
| Обыкновенный сосновый пилильщик (коконы) | 1.3 | 2.8 | 4.3 | 6.0 | 7.7 | 9.5 | 11.3 | 13.2 | 15.0 |

Примечание. В таблице дана численность куколок и коконов жизнеспособных самок.

12.6. Автоматизированная система прогнозирования распространения очагов. Адаптивный подход

На современном этапе наиболее важной задачей является создание автоматизированной системы анализа лесопатологической информации. Она должна включать базы данных, методы обработки информации (алгоритмы, модели), компьютерные программы для автоматизации прогнозирования и принятия управленческих решений.

Основные задачи системы принятия решений о необходимости лесозащитных мероприятий:

- определение и прогноз степени повреждения насаждений при разной плотности и состоянии популяции насекомых;
- определение ущерба (усыхания деревьев, потерь прироста, снижения недревесной продукции леса и т. д.) в зависимости от интенсивности повреждения насаждений в разных экологических условиях;
- оценка ущерба и затрат на проведение лесозащитных мероприятий, определение порогов вредоносности насекомых и болезней леса.

Практическая реализация такой системы заключается в определении региональных порогов вредоносности, которые являются интегральным критерием для принятия решений по защите леса и их корректировке для выбора варианта защиты конкретных насаждений.

Структура баз данных и информационных систем в целом определяется уровнем принятия решений (локальный, региональный, федеральный). Однако по основным параметрам базы данных должны быть унифицированы и обеспечивать передачу информации на более высокий уровень путем ее агрегации.

Задачей локального уровня является создание баз данных первичной информации для краткосрочного прогноза повреждения насаждений, оценки ущерба и проведения лесозащитных мероприятий. На региональном уровне накопление и анализ информации должны обеспечивать разработку систем лесозащитных мероприятий на основе прогнозно-оценочных карт лесопатологической ситуации и региональных порогов вредоносности насекомых и болезней. Задачами федерального уровня являются анализ статистики по защите леса, прогноз динамики лесопатологической ситуации в целом и в регионах, определение (корректировка) режимов лесозащиты с учетом районирования лесного фонда.

Анализ статистической отчетности по защите леса свидетельствует о высокой информативности получаемых данных. Они позволяют судить о санитарном состоянии лесов и тенденциях его изменения на федеральном и региональных уровнях. Создание совмещенной базы данных площадей очагов и картографической информации позволяет районировать территорию, выделять зоны с разной вредоносностью насекомых и разрабатывать фоновые прогнозы развития очагов во времени и пространстве. Для уточнения границ зон необходимо использовать ГИС-технологии, карты лесов и климатические параметры.

Обеспечение необходимой точности прогнозов невозможно без усиления адаптивной составляющей системы прогнозирования: создания комплекса моделей и компьютерных программ для их реализации и постоянного совершенствования в автоматизированном режиме на основе данных лесопатологического мониторинга и оценки точности прогнозов. Для реализации адаптивного подхода требуется выполнение следующих условий: 1) постоянный учет очагов (мониторинг); 2) создание и ведение баз данных; 3) разработка прогнозирующих моделей; 4) создание компьютерных программ для быстрого и удобного расчета прогнозных оценок по имеющимся моделям; 5) разработка программ, обеспечивающих выбор наиболее адекватных моделей и уточнение (настройку) их параметров, а также прогнозных оценок с учетом поступления новых результатов мониторинга очагов. Положительным моментом технологии является возможность быстрой адаптации моделей и корректировки прогнозов.

13. СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЛЕСОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Принятие решений о целесообразности лесозащитных мероприятий осуществляется на экономической основе, так как большую часть последствий (расходы на борьбу, потери древесины, расходы на возобновление леса, загрязнение биосферы) можно оценить в денежном выражении.

Однако наиболее целесообразным является эколого-экономический критерий. Он учитывает экологическую сторону проведения операции – потери прироста, усыхание насаждений, ущерб побочному пользованию и полезной фауне, социальные потери в результате проведения борьбы и ее экономическую составляющую – стоимость борьбы и потери товарной древесины.

При расчетах экономической эффективности лесозащитных мероприятий против хвое- и листогрызущих насекомых необходимо учитывать фактор времени, т.е. прогноз будущей эффективности эксплуатации оцениваемого насаждения.

Разработанная методика позволяет, зная породу дерева, вид насекомого, кратность и степень повреждения кроны, количественно оценить степень усыхания и величину потерь прироста. Это, в свою очередь, позволяет затем определить потери в денежном выражении.

Борьба должна назначаться тогда, когда экономические потери в результате повреждения ассимиляционного аппарата насекомыми превышают стоимость борьбы.

Принятие решения может осуществляться по количеству усохших деревьев. Кроме того, лицо, принимающее решение, может учитывать наряду с рекомендациями, вытекающими из математических расчетов, еще ряд соображений (количественного и качественного характера), которые этим расчетом не были учтены. Это может быть полнота насаждения, рекреационная полезность, ущерб побочному пользованию и т.д.

13.1. Определение последствий уничтожения ассимиляционного аппарата деревьев хвое- и листогрызущими насекомыми

Прогноз предстоящего повреждения ассимиляционного аппарата деревьев осуществляется на основании учета зимующего запаса хвое- и листогрызущих насекомых с использованием Наставления по надзору, учету и прогнозу хвое- и листогрызущих насекомых.

Определение степени усыхания дубовых насаждений. Прогноз степени усыхания дубовых насаждений осуществляется с помощью табл. 37 и 38. Таблицы учитывают степень, время и кратность повреждения ассимиляционного аппарата. Различные виды листогрызущих насекомых сгруппированы в 3 фенологические группы: первая группа – насекомые, объедающие насаждения ранней весной (пяденицы-шелкопряды, зимняя пяденица, дубовая зеленая листовертка); вторая – насекомые, объедающие насаждения весной и в первую половину лета (непарный шелкопряд, кольчатый коконопряд, дубовая хохлатка), и третья группа – насекомые, объедающие насаждения во второй половине вегетационного периода или комбинированно, во второй половине лета и затем весной (златогузка, лунка серебристая, краснохвост).

Таблица 37. Усыхание насаждений дуба в зависимости от степени повреждения кроны весенней фенологической группой, %

| Повреждение кроны | Усыхание насаждения | Повреждение кроны | Усыхание насаждения | Повреждение кроны | Усыхание насаждения |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 0 | 0 | 140 | 3 | 280 | 12 |
| 10 | 0 | 150 | 3 | 290 | 14 |
| 20 | 0 | 160 | 4 | 300 | 15 |
| 30 | 0 | 170 | 4 | 310 | 16 |
| 40 | 0 | 180 | 5 | 320 | 18 |
| 50 | 0 | 190 | 5 | 330 | 21 |
| 60 | 0 | 200 | 6 | 340 | 23 |
| 70 | 0 | 210 | 6 | 350 | 26 |
| 80 | 0 | 220 | 7 | 360 | 28 |
| 90 | 1 | 230 | 8 | 370 | 32 |
| 100 | 2 | 240 | 9 | 380 | 35 |
| 110 | 2 | 250 | 9,5 | 390 | 38 |
| 120 | 3 | 260 | 10 | 400 | 43 |
| 130 | 3 | 270 | 11 | | |

Таблица 38. Усыхание насаждений дуба в зависимости от степени повреждения кроны летней фенологической группой

| Повреждение кроны | Усыхание насаждений | Повреждение кроны | Усыхание насаждений | Повреждение кроны | Усыхание насаждений |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 10 | 0 | 110 | 3 | 210 | 13 |
| 20 | 0 | 120 | 4 | 220 | 15 |
| 30 | 0 | 130 | 5 | 230 | 19 |
| 40 | 0 | 140 | 5 | 240 | 22 |
| 50 | 0 | 150 | 6 | 250 | 25 |
| 60 | 0 | 160 | 7 | 260 | 29 |
| 70 | 1 | 170 | 8 | 270 | 33 |
| 80 | 2 | 180 | 9 | 280 | 38 |
| 90 | 3 | 190 | 10 | 290 | 43 |
| 100 | 3 | 200 | 12 | 300 | 50 |

Таблицы построены с использованием следующих моделей:
для весенней группы –

$$U_{дн} = \mu_{\beta} \times \left[0.02 \times \left(1 - \frac{L_1}{100} \right)^3 + 0.04 \times \left(1 - \frac{L_2}{100} \right)^2 + 0.09 \times \left(1 - \frac{L_3}{100} \right)^{1.5} \right],$$

для весенне-летней –

$$U_{дн} = \mu_{\beta} \times \left[0.03 \times \left(1 - \frac{L_1}{100} \right)^3 + 0.09 \times \left(1 - \frac{L_2}{100} \right)^2 + 0.38 \times \left(1 - \frac{L_3}{100} \right)^{1.5} \right],$$

где:

$U_{дн}$ – степень усыхания дубовых насаждений, доли единиц;
 L_i – доля листвы, оставшейся на дереве по годам повреждения, %;
 μ_{β} – возрастной коэффициент (= 1).

Например, при повреждении кроны дубовой зеленой листоверткой на 60 % усыхание насаждений не произойдет (см. табл. 37). Если же на следующий год произойдет объедание на 80 %, суммарное объедание составит 140 %, и наиболее вероятно появление 3 % усыхающих деревьев выше фонового усыхания. Если между объеданиями имеется перерыв более года и если объедание было менее 30 %, то величины объеданий не складываются.

Если объедание происходит комбинированно, во второй половине лета, а затем весной, то в этом случае к доле повреждения ассимиляционного аппарата весной прибавляется величина его повреждения осенью, а усыхание определяется по табл. 38.

Определение потерь прироста дуба. Потери прироста дуба в результате повреждения кроны листогрызущими насекомыми определяются по формуле:

$$P_{рд} = L \frac{X}{100},$$

где:

$P_{рд}$ – потери прироста по объему в долях единицы;
 X – степень повреждения кроны, %;
 L – коэффициент.

Значение коэффициента L в зависимости от фенологической группы листогрызущих насекомых

| Фенологическая группа | Значение коэффициента |
|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 0.40 |
| 2 | 0.42 |
| 3 | 0.38 |

Например, при объединении крон дубовой зеленой листоверткой на 50 % потери прироста составят:

$$P_{рд} = 0.4 \times \frac{50}{100} = 0.2, \text{ или } 20 \%$$

При повреждении кроны на второй год потери прироста вычисляются, как и для первого года.

Определение степени усыхания сосновых и еловых насаждений. Определение степени усыхания сосновых насаждений в результате повреждения крон хвоегрызущими насекомыми осуществляется по модели:

$$Y_{сн} = Y_0 \left(1 - \frac{X_{(t)}^c}{100} \right)^4 \mu_\beta,$$

где:

$Y_{сн}$ – величина усыхания насаждений сосны в долях единицы;

Y_0 – максимальная величина усыхания;

$X_{(t)}^c$ – количество хвои, оставшейся на дереве, %;

μ_β – коэффициент, зависящий от возраста насаждения.

Значение коэффициента (Y_0) максимального усыхания насаждения при повреждении крон хвоегрызущими насекомыми:

| Вид насекомого | Значение коэффициента |
|---------------------------------|-----------------------|
| Рыжий сосновый пилильщик | 0.3 |
| Сосновая совка | 0.65 |
| Звездчатый ткач-пилильщик | |
| Сосновый шелкопряд | 0.5 |
| Монашенка | |
| Сосновая пяденица | |
| Обыкновенный сосновый пилильщик | |

Значение коэффициента μ_β в зависимости от возраста насаждения

| Возраст насаждения, лет | Значение коэффициента |
|-------------------------|-----------------------|
| 0...20 | 0.25 |
| 21...40 | 0.50 |
| 41...80 | 0.75 |
| 81 и более | 1.00 |

Например, в насаждениях сосны в возрасте 30 лет предполагается объединение крон рыжим сосновым пилильщиком на 80 %. Тогда наиболее вероятное усыхание насаждения составит:

$$Y_{сн} = 0.3 \times \left(1 - \frac{20}{100} \right)^4 \times 0.5 = 0.06, \text{ или } 6 \%$$

Размер усыхания деревьев в насаждениях ели определяется моделью:

$$C_{хи} = C_0 \left(1 - \frac{X_t^{(C)}}{100} \right)^4 \mu_\beta.$$

По литературным данным было оценено $C_0 = 0.75$, $\alpha\mu_\beta = 1$.

Подставляя в уравнение степень повреждения ассимиляционного аппарата, получим степень усыхания насаждения (табл. 39).

Таблица 39. Интенсивность усыхания ели в насаждениях в зависимости от степени их дефолиации

| Степень повреждения кроны, % | Доля усохших деревьев, % | Степень повреждения кроны, % | Доля усохших деревьев, % |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 10 | 0 | 60 | 27 |
| 20 | 3 | 70 | 37 |
| 30 | 7 | 80 | 48 |
| 40 | 12 | 90 | 61 |
| 50 | 19 | 100 | 75 |

13.2. Определение потерь прироста

Чтобы связать потери прироста со степенью повреждения ассимиляционного аппарата насаждений, необходимо иметь многолетние данные по разным древесным породам с различной степенью повреждения крон.

В результате проведенных исследований было получено уравнение, связывающее указанные выше величины для различных видов вредителей и пород деревьев:

$$Y = K \frac{X}{100},$$

где:

Y – потери прироста по объему, в долях единицы;

X – потери листвы или хвои, %;

K – коэффициент, учитывающий вид вредителя и повреждаемую породу.

К весенней группе насекомых, повреждающих кроны дуба, например, мы отнесли дубовую зеленую листовертку, зимнюю пяденицу, пяденицу-обдирало. К весенне-летней группе – непарного шелкопряда и дубовую хохлатку. К летне-осенней группе – лунку серебристую. Значение коэффициента K для первой фенологической группы равно 0.40; второй – 0.42; третьей – 0.38.

Потери прироста сосны и ели в результате повреждения крон хвоегрызущими насекомыми определяются, соответственно, по формулам:

$$П_{зс} = 1.27 \times \frac{X}{100},$$

$$П_{ре} = 1.9 \times \frac{X}{100},$$

где:

$П$ – потери прироста по объему в долях, единицы;

X – уничтожение хвои, %.

13.3. Экономическая оценка последствий дефолиации насаждений хвое- и листогрызущими насекомыми

Критерий целесообразности борьбы с хвое- и листогрызущими насекомыми определяется по формуле:

$$K = M_1 + M_2 \geq 36,$$

где:

M_1 – ущерб в результате усыхания насаждения;

M_2 – ущерб в результате потерь прироста;

36 – затраты на борьбу.

Определение ущерба в результате усыхания насаждений. При определении ущерба в результате усыхания насаждения возможны два варианта. В случае гибели молодняков и создания культур к стоимости растущего леса прибавляются все затраты на их создание. Во всех остальных случаях расчет ведется, как показано ниже:

$$M_1 = Y_n [R(t_1) - R^x(t_1)],$$

где:

Y_H – доля усыхания насаждения;
 $R(t_1)$ – стоимость растущего леса;
 $R^x(t_1)$ – стоимость усохшего леса;
 t_1 – возраст насаждения в момент вспышки массового размножения.

Стоимость растущего леса определяется по формуле:

$$R(t_1) = \frac{V_m}{(1+a)^{T-t_1}},$$

где:

V – фактический запас древесины в возрасте рубки, м³/га;
 m – стоимость 1 м³ древесины, руб.;
 T – возраст рубки, лет;
 t_1 – возраст насаждения в момент оценки, лет;
 a – норма дисконтирования.

Поскольку оценке подвергаются все насаждения, включая молодняки, средневозрастные, приспевающие и спелые, а необходимыми потребительными свойствами обладает только древесина в спелом возрасте, то оценка древостоя производится по эффекту, ожидаемому в спелом возрасте, дисконтированному к начальному моменту, т. е. на момент оценки.

Ожидаемый запас к возрасту рубки определяется по таблицам динамики таксационных показателей модельных насаждений, составляемых при лесоустройстве. При оценке спелых насаждений запасы берутся из таксационных описаний. Стоимость древесины определяется по нормативам конкретной области.

Стоимость усохшего леса определяется по формуле:

$$R^x(t_1) = (1 - 0.006S)V_0m_0,$$

где:

S – площадь, на которой предполагается усыхание леса, тыс. га;
 V_0 – запас древесины на 1 га в возрасте t_1 ;
 m_0 – попенная плата 1 м³ древесины в возрасте t_1 .

Определение ущерба от потери прироста. От момента дефолиации до рубки обычно проходит длительный период времени. В течение этого периода потери в значительной мере компенсируются, так как у древесных растений возраст измеряется не астрономическим временем, а, скорее, размером дерева. Следовательно, было бы неправильно предполагать, что если непосредственно во время вспышки утеряно, скажем, 10 м³, то и в момент рубки в древостое древесины будет меньше на 10 %. В период между дефолиацией и рубкой эти потери частично компенсируются. Прямая проверка этих положений невозможна по различным причинам.

В расчетах мы учтем этот факт и будем пользоваться величинами годового прироста в возрасте рубки независимо от возраста, в котором наблюдалась дефолиация для приспевающих и спелых насаждений. Для молодняков и средневозрастных насаждений этот показатель может не вычисляться.

Убытки в результате потерь прироста составляют:

$$M_2 = e^{-a(T-t_1)}L \frac{X}{100} (1 - Y_H)\Delta f(T),$$

где:

L – коэффициент, зависящий от породы и вредителя;
 X – степень повреждения ассимиляционного аппарата, %;
 Y_H – доля усохших деревьев;
 $\Delta f(T)$ – приращение стоимости попенной платы насаждения в год перед рубкой главного пользования;
 t_1 – возраст насаждения в момент вспышки;
 T – возраст рубки главного пользования;
 a – норма дисконтирования.

При химической и биологической борьбе, кроме прямых затрат, учитываются социальные и природные потери, которые в сумме равны стоимости борьбы. Тогда полный эффект борьбы равен:

$$Z_b = Z_n \times 2,$$

где:

Z_b – полный эффект обработок;
 Z_n – прямые затраты на борьбу.

Если ущерб от усыхания насаждения и потерь прироста превышает стоимость борьбы, то борьба назначается.

Принятие решения о целесообразности лесозащитных мероприятий может осуществляться на основе прогноза усыхания насаждения без подсчета экономических потерь. Борьба может быть назначена, если отпад деревьев превысит нормальный уровень, либо когда усыхание насаждения приведет к полноте менее 0.7 в приспевающих и 0.6 в спелых насаждениях.

Для внедрения полученных результатов в практику защиты леса необходимо разработать программу компьютерного варианта расчета в диалоговом режиме. Это позволит анализировать различные варианты решений и в последующем улучшать саму структуру наставления.

13.4. Принятие решений о целесообразности хозяйственных мероприятий в очагах болезней

Если можно определить выгоду от какого-либо мероприятия в денежном выражении, принятие решений становится простой задачей. Максимизация такой выгоды отличается от максимизации относительной выгоды: V/Z (т.е. выгоды, отнесенной к затратам). Первая предполагает получение наибольшей прибыли в результате каких-то мероприятий, а вторая – максимальную прибыль на каждый вложенный рубль. Заметим, что максимизация выгоды не эквивалентна минимизации затрат. Решение принимается, если разность между выгодами и затратами больше нуля. Если рассматривается несколько вариантов мероприятий, то наилучшей будет тот, где разность между выгодами и затратами наибольшая. В случае применения отношения выгод к затратам, решение принимается, если отношение больше единицы.

В качестве примера рассмотрим систему мероприятий в очагах голландской болезни ильмовых, состоящую из нескольких альтернативных вариантов.

Вариант первый (интенсивный метод). С марта по июнь было обследовано насаждение и срублены все усохшие деревья, пропущенные в предыдущем году. Затем с июля по сентябрь обследуют каждый вяз каждые две недели на предмет появления новых признаков болезни. Затем убирают мертвые деревья и деревья, заселенные короедами. По необходимости срезают усохшие ветви диаметром более 5 см.

Вариант второй (зимний). Работы проводятся с сентября по декабрь. Обнаруженные зараженные деревья убирают в течение зимних месяцев. При таком методе обнаруживается 90 % зараженных деревьев. Оставшиеся 10 % убирают в следующем году вместе с 90 % следующего года.

Вариант третий (минимальный). Обследование проводится с сентября по ноябрь. Только 80 % зараженных деревьев будет обнаружено и убрано каждый год; 20 % будет убрано в следующий год. Уборка деревьев проводится с октября по март. Стоимость этого варианта составляет 10 % первого варианта.

Для определения затрат по каждому варианту за год было выбрано следующее уравнение:

$$C_{it} = RD_t + TL_t + F,$$

где:

C_{it} – общая стоимость варианта i в год t ;
 R – средняя стоимость уборки усохшего дерева;
 D_t – число усохших деревьев, убранных в год t (первый вариант – все усохшие деревья убирались в текущем году; второй вариант – 90 % убирается в текущем году и 10 % предыдущего года; третий вариант – убирается 80 % деревьев текущего года и 20 % предыдущего);
 T – средние затраты на одно живое дерево;
 L_t – число живых деревьев, оставшихся в конце года;
 F – фиксированные накладные расходы.

Например, для первого варианта имеем:

$$C_{it} = RD_t + TL_t + F = 250(4.323) + 3.88(82.145) + 268.706 = 1668.179 \text{ руб.}$$

Для второго варианта имеем:

$$250(6.395) + 1.04(73.982) + 268.706 = 1944.397 \text{ руб.}$$

Для принятия решений необходимо сравнить варианты мероприятий, причем минимальный вариант считаем за контрольный. В этом случае:

$$NPW_i = \frac{\sum_1^n C_{mt} - C_{it}}{(1 + d)^t},$$

где:

NPW_i – чистая стоимость альтернативы i ;
 C_{mt} – стоимость минимального варианта;
 C_{it} – стоимость альтернативного варианта;
 d – норма дисконтирования,

Если NPW_i положительно, тогда альтернативный вариант предпочтительнее минимального. Если NPW_i отрицательно, тогда минимальный вариант предпочтительнее альтернативного.

Например, сумма стоимости варианта с минимальной хозяйственной деятельностью за 10 лет составила:

$$\sum C_{mt10} = 24025 \text{ руб.}$$

Для наиболее интенсивного варианта эта величина равна:

$$C_{it} = 11477 \text{ руб.}$$

Тогда при норме дисконтирования равной 0.05 (5 % годовых) имеем:

$$NPW_i = \frac{24025 - 11477}{(1 + 0.05)^{10}} = \frac{12548}{1.63} = 7698.$$

Полученная величина положительная и, следовательно, предпочтительнее оказывается вариант с интенсивным ведением лесного хозяйства.

Предпочтение здесь строго экономическое. Экологические и социальные причины так же влияют на выбор хозяйственных мероприятий и принятие решений о целесообразности этих мероприятий.

13.5. Эколого-экономическое обоснование целесообразности системы лесопатологического мониторинга

Одна из самых главных задач всемирной стратегии охраны природы – сохранение и поддержание жизнеобеспечивающих экосистем. Жизнеобеспечивающие системы – это леса и сельскохозяйственные угодья.

Для защиты леса от вредителей и болезней требуется мощная служба мониторинга, которая включает в себя систему слежения, прогнозирование движения численности фитофагов и распространения болезней леса, а также принятие решений о целесообразности лесозащитных мероприятий.

В каких случаях мы должны вкладывать средства в функционирование этой службы? С теоретических позиций мы должны вкладывать инвестиции в систему слежения только в том случае, если стоимость мониторинга меньше вероятности неудачи, умноженной на сумму общей стоимости функционирования и ущерба, наносимого гибелью насаждений от вредителей и болезней, т.е.:

$$C_m < P(C_o + D),$$

где:

C_m – стоимость мониторинга;

C_o – долговременные текущие эксплуатационные затраты на лесное хозяйство;

D – ущерб от гибели насаждений;

P – вероятность неудачи.

Указанные величины могут быть средними за определенный период времени (например, последние 5 лет).

Вероятность неудачи в лесозащите обычно принимается равной 0.3. Это связано с тем, что неудачная борьба бывает в трех случаях из десяти. Отсюда следует, что система мониторинга целесообразна в любом случае, поскольку затраты на мониторинг всегда меньше 30 % затрат на лесное хозяйство плюс потери от гибели насаждений. Таким образом, теоретически лесопатологический мониторинг в лесном хозяйстве должен оправдывать себя всегда.

Рассмотрим эмпирический подход к этому вопросу. Прямые затраты на проведение борьбы и оценки текущей прибавки урожая приведены в табл. 40.

Таблица 40. Прямые затраты на борьбу и оценка текущей прибавки урожая

| Показатель | Россия, руб. | США, дол. |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Прямые затраты на проведение борьбы | 0.591×10^9 | 1.4×10^9 |
| Оценка текущей прибавки урожая | 3.34×10^9 | 4.35×10^9 |

Отношение прибавки урожая в результате проведения борьбы равно $\frac{3.34}{0.591} = 5.65$, т.е. каждый вложенный рубль на борьбу в России приносит 5.65 руб. дохода. В США это соответственно равно $\frac{4.35}{1.4} = 3.1$ дол.

Таким образом, и в этом эмпирическом случае система мониторинга оправдана экономически.

Теоретические исследования о величине пластических веществ, расходуемых деревом для защиты от повреждений ассимиляционного аппарата, показывают, что они составляют в среднем 6 %. Эмпирические данные подтверждают это значение. Тогда в среднем, если истребительных мероприятий не проводить, усыхание составит 6 %. Площадь очагов по годам, потери древесины и стоимость потерь представлены в табл. 41.

Таблица 41. Площадь очагов хвое- и листогрызущих вредителей, потери древесины и стоимость потерь

| Год | Площадь очагов, га | Запас стволовой древесины, м ³ | Потери урожая, м ³ | Стоимость потерь, руб. |
|---------|--------------------|---|-------------------------------|------------------------|
| 1990 | 1566703 | 628681200 | 37600872 | 56401×10^5 |
| 1991 | 3035461 | 1214184400 | 72851064 | 109276×10^5 |
| 1992 | 1443016 | 577206400 | 34632384 | 51949×10^5 |
| 1993 | 1600916 | 664366400 | 39861984 | 59792×10^5 |
| 1994 | 3443000 | 1377200000 | 82632000 | 123948×10^5 |
| Среднее | 2229819 | 891927600 | 53515656 | 80273×10^5 |

Если принять, что в среднем запас 1 га насаждений составляет 400 м³ и средняя стоимость 1 м³ древесины составляет 150 руб., тогда потери за 5 лет составят 80273×10^5 руб. Эта величина значительно больше величины затрат на лесопатологический мониторинг и, следовательно, система мониторинга целесообразна.

До сих пор мы оценивали лишь стоимость древесины, но, как известно, лес выполняет и много других функций, в результате нарушения которых происходят дополнительные потери:

- смещение цикла воспроизводства;
- увеличение затрат на восстановление;
- снижение почвозащитных свойств;
- снижение водоохраных и водорегулирующих полезностей;
- снижение поглотительных свойств;
- снижение рекреационных полезностей.

Смещение цикла воспроизводства леса. В случае гибели молодняков происходит смещение цикла воспроизводства леса. Например, на определенной территории был сосновый молодняк в возрасте i лет, который уничтожил рыжий сосновый пилильщик. В этом случае ущерб определяется следующим образом.

Существует модель, связывающая потери урожая, которые могут быть предотвращены борьбой с вредителями. В простейшем случае предполагается проводить борьбу тогда, когда потери больше расходов на борьбу.

$$Y - C > 0,$$

где:

Y – потери урожая;
 C – расходы на борьбу.

Потери урожая определяются выражением:

$$Y = R(t_i) - R(t_1),$$

где:

$R(t_i)$ – стоимость растущего леса, дисконтированного к моменту t_i ;
 $R(t_1)$ – стоимость усохшего леса.

Стоимость усохшего леса в этом случае имеет отрицательное значение, поскольку все производимые при этом действия носят затратный характер (уборка древостоя, подготовка почвы, лесозащитные работы и т.д.). В этом случае:

$$Y = R(t_1) - R(t),$$

где $R(t)$ – стоимость лесных культур плюс стоимость других действий.

Пусть площадь молодняков, в которых имеются очаги массового размножения вредителей, составляет 10 % общей площади очагов (табл. 42).

Таблица 42. Расчет общего ущерба от смещения цикла воспроизводства леса

| Год | Площадь очагов в молодняках, га | Запас стволовой древесины в возрасте рубки, м ³ | Стоимость древесины, руб. | Дисконтированная стоимость древесины, руб. | Стоимость культур, руб. | Стоимость древесины плюс стоимость культур, руб |
|---------|---------------------------------|--|---------------------------|--|-------------------------|---|
| 1990 | 156670 | 62668000 | 94002 x 10 ⁵ | 839 x 10 ⁵ | 15667 x 10 ⁵ | 16506 x 10 ⁵ |
| 1991 | 303546 | 121418400 | 182127 x 10 ⁵ | 1626 x 10 ⁵ | 30358 x 10 ⁵ | 31984 x 10 ⁵ |
| 1992 | 144301 | 57720400 | 86581 x 10 ⁵ | 773 x 10 ⁵ | 14430 x 10 ⁵ | 18203 x 10 ⁵ |
| 1993 | 166091 | 66436400 | 99654 x 10 ⁵ | 889 x 10 ⁵ | 16609 x 10 ⁵ | 17498 x 10 ⁵ |
| 1994 | 344300 | 137720000 | 206580 x 10 ⁵ | 1844 x 10 ⁵ | 34430 x 10 ⁵ | 53772 x 10 ⁵ |
| Среднее | | | | 1194 x 10 ⁵ | 22298 x 10 ⁵ | 23492 x 10 ⁵ |

Расчет в табл. 41 произведен, исходя из среднего запаса насаждений в возрасте рубки 400 м³/га, стоимости 1 м³ древесины – 150 руб., стоимости 1 га культур – 7 тыс. руб.

Дисконтированная стоимость насаждения в возрасте рубки определяется выражением:

$$R(t_i) = VM / (1+a)^T,$$

где:

$R(t_i)$ – дисконтированная стоимость насаждения в возрасте рубки, руб;
 V – запас древесины в возрасте рубки, м³;
 M – стоимость 1 м³ древесины, руб.;
 a – норма дисконтирования;
 T – возраст рубки.

Вопрос о норме дисконтирования весьма сложен. В первом приближении ее берут равной 2 %. В нашем случае ее нужно брать равной скорости роста национального дохода, т.е. 6 %. Тогда ущерб от смещения цикла воспроизводства леса в среднем за год составит 23492 x 10⁵ руб. Это так же намного больше ежегодных затрат на функционирование системы мониторинга.

Снижение почвозащитных свойств леса. В результате гибели насаждений развивается эрозия почв. Было установлено, что эрозия почв на открытом пространстве в 400 раз больше, чем под лесом. Она зависит от интенсивности дождя, механического строения почвы и типа рас-

тельности. Это приводит к тому, что в реках и озерах увеличивается концентрация твердых частиц, что приводит к снижению освещенности речной растительности и ее гибели. В результате сокращается число беспозвоночных и рыб, а также снижается их разнообразие. Подсчитать потери лесного и других хозяйств в результате эрозии почв пока не представляется возможным, однако потери эти значительно больше, чем от других полезностей леса.

Снижение водоохраных и водорегулирующих полезностей леса. Методика расчета снижения водоохраных и водорегулирующих полезностей леса была разработана во ВНИИЛМ.

Водоохраные функции леса определяются увеличением водоносности подземных источников за счет поверхностных вод.

Ущерб от полной или частичной гибели лесов оценивают через снижение пополнения поверхностными водами подземных источников по формуле:

$$U_{вф} = U_{гс} \times T \times B \text{ руб./га},$$

где:

$U_{вф}$ – пополнение поверхностными водами подземных источников;

$U_{гс}$ – объем прироста грунтового стока (северная половина европейской территории страны – 80 м³/га, южная – 50 м³/га);

T – тариф на воду (0.45 руб./м³);

B – время, необходимое для восстановления гидрологических свойств лесных почв (3...5 лет).

Пусть минимальное усыхание произошло на 6 % площади древостоя, очагов, тогда:

$$U_{вф} = S \times 0.06 \times (2\,229\,819) \times 80 \text{ м}^3/\text{га} \times 0.45 \text{ руб./м}^3 \times 4 = 19\,265\,636 \text{ руб.}$$

Водорегулирующие свойства леса проявляются в увеличении водности, снижении заселения и загрязнения водоемов и рек сточными, стоковыми водами, продуктами эрозии.

Потеря водорегулирующих свойств леса в результате усыхания 6 % насаждений определяется с использованием модели:

$$U_{вс} = U_{гсп} \times T \times B \text{ руб./га},$$

где:

$U_{гсп}$ – объем перевода запретных и водоохраных зон поверхностных вод во внутрпочвенные (для ельников -10 000 м³/га, для сосняков – 20 000 м³/га);

T – тариф на воду (0.45 руб./м³);

B – время, необходимое для восстановления свойств лесных почв (3...5 лет).

Пусть минимальное усыхание произошло на 6 % площади древостоя очагов, тогда:

$$U_{вс} = 0.06 \times 2\,229\,819 \times 0.45 \text{ руб./м}^3 \times 4 \times 20\,000 \text{ м}^3/\text{га} = 4\,816\,409\,040 \text{ руб.}$$

Снижение поглотительных свойств леса. Под поглотительными свойствами леса обычно имеется в виду поглощение им вредных выбросов в атмосферу промышленных предприятий, транспорта, сельскохозяйственного производства и т.д. Поверхность почвы и растений является основным поглотителем примесей, поступающих в подземные экосистемы. Прогнозируемое количество частиц газообразных примесей, аккумулируемых деревом, равно общей площади поверхности дерева, умноженной на скорость поглощения газообразных примесей. Установлены нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ. Расчеты показали, что средняя стоимость поглощенных веществ деревом среднего возраста в год составляет 1000 руб. Площадь очагов вредителей и болезней составляет в среднем 409121 га. Допустим, что только 1 % этой площади приходится на долю пригородных лесов. Количество деревьев на 1 га возьмем равным 600. Усыхание даже 6 % от их количества дает следующий экономический ущерб:

$$409\,121 \times 0.06 \times 0.01 \times 600 \times 1000 = 24\,547\,260 \text{ руб.}$$

Приблизительно те же цифры получаются при определении потерь **рекреационных полезностей леса.**

Таким образом, получается, что потери от деятельности вредителей и болезней в каждой из отдельно взятых целевых функций леса многократно превосходят затраты на организацию и ведение лесопатологического мониторинга. Если просуммировать эти результаты, то необходимость мониторинга несомненна априори.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Абсолютная влажность воздуха – масса водяного пара, содержащаяся в единице объёма воздуха. Выражается в г/м³.

Абсолютная заселенность (плотность) – число особей на единицу площади биотопа (1 га, 1 м² и прочее).

Антропогенные неблагоприятные факторы – факторы, вызванные деятельностью человека (рекреация, промышленные выбросы, хозяйственная деятельность и др.).

Аппаратные средства, аппаратное обеспечение – техническое оборудование системы обработки информации, включающее собственно компьютер и иные механические, электронные и оптические периферийные устройства или аналогичные приборы, работающие под его управлением или автономно, а также любые устройства, необходимые для функционирования системы. Аппаратное обеспечение вычислительных систем называется *архитектурой*, совокупность функциональных частей – *конфигурацией* системы.

Атрибут – свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект и ассоциированный с его уникальным номером или идентификатором; наборы значений атрибутов обычно представляются в форме таблиц средствами реляционных СУБД; классу атрибутов при этом соответствует имя колонки или столбца, или поля таблицы.

Аттрактанты (лат. *attractio* – притяжение) – химические вещества, которые вызывают привлечение и концентрацию насекомых. Известны аттрактанты половые, пищевые, агрегационные, следовые. По своему происхождению различают природные и синтетические аттрактанты. Первые получают из растений и насекомых, вторые производят искусственным путем.

База данных – совокупность данных, организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными. Хранение данных в БД обеспечивает централизованное управление, соблюдение стандартов, безопасность и целостность данных, сокращает избыточность и устраняет противоречивость данных. БД не зависит от прикладных программ. Создание БД и обращение к ней по запросам осуществляются с помощью системы управления базами данных (СУБД).

Банк данных – информационная система централизованного хранения и коллективного пользования данными. Содержит совокупность БД, СУБД и комплекс прикладных программ.

Биологические методы защиты леса – методы, основанные на использовании существующих в природе антагонистических межвидовых взаимоотношений между группами живых организмов.

Биопрепараты – препараты, естественные или искусственно созданные на основе микроорганизмов (энтомопатогенных бактерий, вирусов и грибов) и продуктов их жизнедеятельности.

Болезни древесной растительности – 1. *Живые организмы* (вирусы, бактерии, грибы, паразитические растения) – возбудители негативных физиологических и анатомо-морфологических изменений растений. 2. *Патологические процессы*, возникающие и развивающиеся под влиянием патогенов на отдельном дереве или в насаждении и приводящие к их ослаблению или гибели.

Болезни растений инфекционные – болезни, вызываемые живыми организмами и передающиеся от больного растения к здоровому.

Болезни растений неинфекционные – болезни, возникающие под воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды (экстремальных метеорологических и почвенно-гидрологических условий, загрязнения среды, рекреационных нагрузок и проч.) и не передающиеся от больного растения к здоровому.

Броузер ("просмотрщик") – программное средство для просмотра гипермедийного документа – Web-страницы, содержащей текстовую, звуковую, графическую и др. информацию.

Бурелом – последствие действия шквалистых или ураганных ветров, вызывающих слом стволов деревьев.

Валежник – скопление поваленных деревьев, запас которых характеризует захламленность насаждения.

Ведьмины метлы – образование многочисленных, укороченных, тонких побегов из спящих почек. Вызываются грибами, вирусами и длительным периодом загрязнения среды,

Векторизатор – программное средство для выполнения растрово-векторного преобразования (векторизации) пространственных данных.

Векторизация (растрово-векторное преобразование) – автоматическое или полуавтоматическое преобразование растрового представления пространственных объектов в

векторное представление с помощью набора операций.

Векторное представление, векторная модель данных – цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора пар координат (X,Y).

Векторно-растровое преобразование (растеризация) – преобразование векторного представления пространственных объектов в растровое путем присваивания элементам растра значений, соответствующих принадлежности или непринадлежности к ним элементов векторных записей объектов.

Векторно-топологическое представление – разновидность векторного представления линейных и полигональных пространственных объектов, которое описывает не только их геометрию, но и топологические отношения между полигонами, дугами и узлами.

Ветровал – последствие действия сильных ветров, вызывающих вывал деревьев с частичным или полным отрывом от почвы корневой системы.

Вилт (увядание) – вызывается грибами и бактериями. Характеризуется поражением проводящей системы растений и проявляется в увядании всего растения или отдельных его частей.

Влажность воздуха – содержание водяного пара в воздухе. Выражается в гектопаскалях. До 1980 г. измерялось в миллиметрах ртутного столба или в миллибарах.

Возбудители инфекционных болезней – грибы, бактерии, вирусы, нематоды, высшие цветковые растения и др. У древесных растений чаще всего развиваются грибные, реже – бактериальные и вирусные болезни. Различают острую и хроническую формы течения инфекционных болезней. При острой форме отмечается быстрое течение болезни, часто заканчивающееся гибелью деревьев в течение нескольких недель или месяцев. Хроническая форма характеризуется медленным течением болезни, их ослабление и усыхание происходит за несколько лет или десятилетий.

Вредители древесной растительности – виды растительноядных животных, популяции которых при достижении определенного уровня численности могут нанести ущерб целевым функциям леса.

Вредители лесной продукции – виды растительноядных животных, способные нанести количественный или качественный ущерб лесной продукции.

Вспышка массового размножения вредителей (болезней) – резкое увеличение численности и изменение качественного состояния популяции. Вспышка проходит четыре фазы развития: 1 – начальную (продромальную), 2 – фазу роста численности (эруптивную), 3 – фазу максимума и 4 – фазу кризиса.

Встречаемость – количественная характеристика популяций насекомых-вредителей, доля выборочных единиц учета с вредителем от всей выборки.

Вторичные очаги – насаждения, которые заселяются насекомыми-вредителями на фазе нарастания роста численности и которые не являлись их резервациями. Численность насекомых в них меньше, повреждение насаждений происходит с запаздыванием и не бывает сплошным, как в первичных очагах.

Выживаемость за период или генерацию – отношение числа выживших особей к числу отродившихся (общая выживаемость) или к числу на начальный этап анализируемого периода (выживаемость за период стадии, фазы развития).

Галлообразование – разрастание тканей растения в результате жизнедеятельности растительноядных насекомых или клещей.

Генетические методы борьбы – основаны на внесении в генетическую структуру вредителя изменений, нарушающих нормальный цикл развития и поведения, приводящих к появлению бесплодных особей, увеличивающих чувствительность к пестицидам и т.д.

Географическая информационная система – ГИС, применяемая в геодезии и географии.

Геоинформационная система (ГИС) – в общем случае является интегрированной информационной системой с пространственной локализацией данных, направленной на поддержку принятия решений в различных предметных областях.

Геокодирование – метод и процесс позиционирования пространственных объектов относительно некоторой системы координат и присвоения им атрибутов.

Гидротермический коэффициент – отношение осадков к испаряемости или факторам испарения (температуре, дефициту влажности воздуха). Характеризует состояние погоды в отдельные критические периоды жизненного цикла вредителей.

Гнили – вызываются грибами, характеризуются разрушением древесины стволов, ветвей и корней, сопровождаются изменением ее механических, физических и химических свойств.

Идентификатор – уникальный номер, который присваивается пространственному объекту слоя автоматически или назначается пользователем, служит для связи позиционной (координатной) или непозиционной части пространственных данных.

Дерево без признаков ослабления (здоровое) – дерево с нормальной для данного возраста, диаметра и условий местопроизрастания фитомассой, листва (хвоя) без признаков дехромации, прирост нормальный.

Дерево ослабленное – дерево с хвоей и листвой светлее обычного, его крона слабоажурная, прирост уменьшен не более чем наполовину, по сравнению с нормальным, доля усохших ветвей – менее 25 %, Возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап и ветвей. У лиственных деревьев возможно появление водяных побегов на стволе и ветвях.

Дерево сильно ослабленное – дерево со светло-зеленой или сероватой матовой хвоей и листвой мельче или светлей обычного, его крона ажурная, прирост уменьшен более чем наполовину, по сравнению с нормальным, доля усохших ветвей – от 25 до 50%. Возможно появление признаков повреждения ствола, корневых лап, ветвей, кроны, попытки поселения стволовых вредителей. У лиственных деревьев возможны сокоотечение и развитие водяных побегов на стволе и ветвях.

Дерево суховершинное – дерево с усохшей вершиной под влиянием воздействия болезней, вредителей, засухи, промышленного загрязнения или других неблагоприятных факторов среды.

Дерево сухостойное (усохшее) – дерево, полностью утратившее жизненные функции (см. *Сухостой текущего года и сухостой прошлых лет*)

Дерево усыхающее – дерево с серой, желтоватой или желто-зеленой хвоей, с листвой мельче или светлей обычного, часто преждевременно опадающей, его крона изрежена, прирост текущего года слабо заметен или отсутствует, доля усохших ветвей – более 50%. Часто имеются признаки заселения дерева стволовыми вредителями (смоляные воронки, насечки, входные отверстия, буровая мука, насекомые на коре, под корой и в древесине). У лиственных деревьев возможны обильные частично усохшие или усыхающие водяные побеги на стволе и ветвях.

Детальный лесопатологический надзор (см. *Надзор лесопатологический детальный*).

Дефицит влажности или недостаток насыщения водяного пара – это разность между давлением насыщенного водяного пара при данной температуре и фактическим парциальным давлением водяного пара.

Деформация – разновидность повреждения листьев, плодов, семян, побегов грибами или вирусами.

Диагностика болезней растений – определение типа и характера болезни (инфекционный или неинфекционный), вида возбудителя; определение давности поражения, выявление условий, способствовавших развитию болезни.

Дигитайзер (цифрователь) – устройство для ручного цифрования (ввода) картографической и графической документации в виде множества или последовательности точек, положение которых описывается прямоугольными декартовыми координатами.

Динамика численности насекомых – последовательный ряд значений показателей численности популяции, имеющих абсолютные значения и направленность изменений. Различают три основных типа динамики численности: *стабильный, протромальный и эруптивный* (см. *соответствующие определения*).

Жизнеспособность – качественное состояние отдельного индивидуума или популяции в целом, характеризующее степень сопротивляемости неблагоприятным факторам среды.

Запрос – задание на поиск данных в базе данных, отвечающих некоторым условиям.

Зараженность – степень распространения болезней или паразитов в популяции животных (в том числе насекомых) или растений.

Зоны вредоносности – территории с разной степенью риска возникновения очагов, периодичностью вспышек и степенью наносимого ущерба.

Имитационные модели – математические формулы, отражающие структуру экосистемы, учитывают взаимодействие факторов, оказывающих прямое и косвенное влияние на популяцию. Это позволяет имитировать динамику популяций в разнообразных условиях и ситуациях.

Интегрированные методы защиты леса – комплекс из двух и более одновременно применяемых методов или средств защиты леса от вредителей или болезней.

Интерфейс – совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие вычислительных систем, входящих в их состав устройств и программ, а также пользователя с системой, последний носит название *интерфейс пользователя*.

Истребительные меры защиты леса – методы, снижающие численность вредителей и болезней в очагах, обеспечивающие их уничтожение или локализацию.

Каллюс – наплыв, образовавшийся на месте ранения дерева. Образуется вследствие роста и деления живых элементов обнаженных тканей.

Карантин растений – комплекс мероприятий, препятствующих распространению вредителей или возбудителей болезней за пределы их естественных ареалов.

Категория состояния деревьев – интегральная балльная оценка состояния деревьев по комплексу визуальных признаков (густоте и цвету кроны, наличию и доле усохших ветвей в кроне,

состоянию коры и др.). Выделяют 6 основных категорий состояния деревьев: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – сухостой текущего года, 6 – сухостой прошлых лет (см. соответствующие определения).

Категория состояния насаждений – средневзвешенный балл, рассчитанный на основе категорий состояния деревьев.

Качественные показатели популяции – характеристики состояния вредителя и фазы вспышки массового размножения. К ним относятся: соотношение полов (половой индекс), плодовитость вредителей, изменчивость их окраски (соотношения фенотипов), количество паразитических и хищных насекомых, распространение болезней (степень зараженности), жизнеспособность насекомых.

Классы биологической устойчивости (жизнеспособности) насаждений – эмпирическая оценка состояния насаждений. Производится по комплексу индикаторных показателей, каковыми являются: размер текущего и общего отпада (усыхания), характер отпада, поврежденность, древостоя вредителями, болезнями и другими неблагоприятными факторами, состояние лесной среды и др. Обычно подразделяется на 3 класса (см. ниже).

Климат – многолетний режим погоды, обусловленный географическим положением местности.

Климодиаграмма – графическое представление погодных условий текущего года для сравнения с многолетними нормами.

Количественные показатели популяции – характеристики численности вредителя, ее изменение во времени и пространстве, интенсивность размножения и развития вспышки, уровень сопротивления среды, степень угрозы насаждениям. К количественным показателям относятся: абсолютная и относительная заселенность насаждений, встречаемость, коэффициент размножения, коэффициент расселения, коэффициент нарастания вспышки, постоянное и общее сопротивление среды.

Коэффициент баланса популяции – соотношение плотности особей за 2 периода учета в пределах развития одного или нескольких поколений.

Коэффициент размножения – соотношение между числом (плотностью) особей молодого поколения к числу (плотности) особей родителей, определяемое на определенной фазе или стадии развития.

Коэффициент расселения – соотношение относительной заселенности вредителем насаждений в данном году (поколении) к относительной заселенности в предшествующем году (поколении),

Коэффициент нарастания вспышки – соотношение абсолютной заселенности вредителем насаждений за данный год (поколение) и абсолютной заселенности им тех же насаждений в последний предвспышечный год (поколение).

Кризисная фаза вспышки – градация, при которой численность вредителя начинает резко идти на убыль, наблюдаются минимальная плодовитость и доля самок, максимальная зараженность паразитами и болезнями.

Лесозащита – область знаний и сфера деятельности лесного хозяйства, направленная на повышение устойчивости лесов, поддержание надлежащего санитарного состояния, увеличение продуктивности и выполнение других целевых функций леса. Основной функцией лесозащиты является защита объектов лесного хозяйства (насаждений, питомников, лесных культур, плантаций и др.) и лесной продукции от вредителей, болезней и других неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

Лесопатолог – основная должностная единица в сфере производственной деятельности по защите леса.

Лесопатологическая экспертиза (см. *Экспертиза лесопатологическая*).

Лесопатологический мониторинг (ЛПМ) – часть лесного мониторинга, слежение за состоянием или "здоровьем" леса (*health monitoring*). ЛПМ – это система оперативного контроля за лесопатологическим состоянием лесов: нарушением их устойчивости, численностью (распространением), повреждением (поражением) вредителями, болезнями и другими природными и антропогенными факторами, а также за динамикой этих процессов. Целью ЛПМ является получение и анализ информации о патологических изменениях в насаждениях для обоснования и принятия решения о необходимости проведения лесозащитных, либо других лесохозяйственных работ, обеспечения рациональной хозяйственной политики. Объектами ЛПМ преимущественно являются леса, находящиеся в стадии ослабления, деградации или под воздействием постоянно действующего патологического фактора, а также сами эти факторы. Помимо понятия мониторинга, как системы периодических наблюдений, часто применяется понятие мониторинга, как совокупности всей информации по данному вопросу.

Лесопатологический надзор (см. *Надзор за появлением и распространением вредителей и болезней леса*).

Лесопатологическое обследование (см. *Обследование лесопатологическое*).

Лесопатологическое состояние насаждений – качественная характеристика по комплексу признаков, в том числе по поврежденности (заселенности) насаждений вредителями, болезнями или другими неблагоприятными факторами, уровню их численности и особенностям распространения.

Лесопатологическое районирование – классификация лесного фонда на основе количественных критериев в целях оптимальной организации лесозащиты. Наиболее важным этапом районирования является определение вероятности возникновения очагов вредителей по регионам и пространственных границ зон вредоносности.

Лесохозяйственный метод защиты леса – комплекс мероприятий и правил, выполняемых на протяжении всего цикла лесовыращивания и лесопользования в целях повышения устойчивости лесов к вредителям и болезням и другим неблагоприятным факторам среды, обеспечивающих их сохранность. По своей сути лесохозяйственные методы являются профилактическими.

Мацерация – разрушение межклеточных связей в тканях.

Метаданные – данные о данных, каталоги, справочники, реестры и пр. формы описания наборов цифровых и аналоговых данных, содержащие сведения об их составе, содержании, статусе, происхождении, местонахождении, форматах, условиях доступа и приобретения, авторских имущественных правах и т.д.

Метеорологическая норма – среднее многолетнее значение метеорологического элемента (температуры и влажности воздуха, осадков и др.) полученное в результате статистической обработки результатов метеорологических наблюдений за ряд лет.

Миграционные очаги – насаждения, которые заселились путем перемещения вредителей в больших количествах и на значительные расстояния от первичного очага. Как правило, миграционные очаги территориально разобщены как между собой, так и от первичных очагов. В случае попадания насекомых в благоприятные экологические условия такие очаги могут стать хозяйственно значимыми.

Минирование – выгрызание ходов и полостей внутри листьев и хвои.

Модифицирующие факторы – факторы, определяющие подъемы и спады численности популяций животных или растений. Модифицирующее действие абиотической среды (особенно погодных условий) по отношению к популяции насекомых осуществляется как непосредственно, так и косвенно, через пищу и естественных врагов.

Мозаика – вызывается вирусами и нарушением баланса питательных веществ. Проявляется в мозаичной окраске листьев.

Мучнистая роса – вызывается мучнисто-росяными грибами. Характеризуется образованием на листьях и побегах паутинистого налета, который со временем становится плотным, белым или желтоватым.

Надзор за появлением и распространением вредителей и болезней леса (лесопатологический надзор) – система постоянных или периодических наблюдений и учетов для контроля за появлением, распространением и развитием очагов вредителей и болезней леса в целях своевременного планирования и осуществления лесозащитных мероприятий. Является составной частью лесопатологического мониторинга.

Надзор лесопатологический детальный – надзор за состоянием, поврежденностью (пораженностью) леса вредителями и болезнями, осуществляемый на участках (пунктах) постоянного наблюдения, где проводится учет численности (плотности), структуры и жизнеспособности популяций вредителей и установление характера распространения и степени развития болезней леса с целью получения информации о динамике численности опасных вредителей и особенностях распространения и развития опасных болезней леса.

Надзор лесопатологический общий – выявление случаев массового усыхания и повреждения (поражения) леса вредителями и болезнями всеми лесными специалистами и работниками лесных предприятий в процессе выполнения их основных обязанностей с оповещением по установленной форме (сигнализацией) о наблюдаемых явлениях органов управления лесным хозяйством.

Надзор лесопатологический рекогносцировочный – дистанционный или наземный надзор за состоянием, поврежденностью (пораженностью) леса вредителями и болезнями, осуществляемый визуальным способом в целях срочной проверки сигналов о массовом появлении (повреждении) лесов.

Насаждения биологически устойчивые (I класс) – насаждения, в которых текущий отпад не превышает нормального для данных возраста и условий произрастания, поврежденность деревьев вредителями и болезнями незначительна или отсутствует, лесозащитные мероприятия здесь, как правило, не требуются.

Насаждения с нарушенной устойчивостью (II класс) – насаждения, где размер усыхания, в том числе текущий отпад, значительно превышает нормальный для данных возраста и условий

произрастания, при этом средний диаметр отпада близок или выше среднего диаметра насаждения, здесь обычно требуется назначение лесозащитных мероприятий.

Насаждения, утратившие устойчивость (III класс) – расстроенные насаждения, в составе которых усохла или усыхает значительная часть деревьев основного полога, а жизнеспособные деревья составляют редину, в них, как правило, назначаются сплошные санитарные рубки с последующим лесовосстановлением.

Насечки – небольшие повреждения коры побегов или веточек грызущим ротовым аппаратом насекомых.

Начальная фаза вспышки – градация, при которой численность вредителя увеличивается незначительно, чаще в 2-3 раза по сравнению с численностью предшествующего вспышке поколения.

Неблагоприятные факторы – факторы воздействия на леса, вызывающие нежелательные изменения их устойчивости, продуктивности и других целевых функции.

Некроз – отмирание коры ветвей и стволов, чаще вызывается грибами, реже – бактериями. Нередко некрозы с течением времени преобразуются в раны, и в этом случае заболевание называется *некрозно-раковым*. Причинами некрозов могут быть различные факторы: физические (обмерзание, ожог); механические (трение и т. п.); химические (химический ожог от опрыскивания); биологические (бактериальные и грибные).

Обследование лесопатологическое – оценка лесопатологического и санитарного состояния насаждений и принятие решения о целесообразности осуществления лесозащитных мероприятий.

Обследование лесопатологическое текущее – плановое мероприятие, осуществляемое региональными специалистами-лесопатологами с целью контроля состояния насаждений, проверки сигналов общего надзора, освидетельствования мест рубок главного пользования, назначения санитарно-оздоровительных и других лесозащитных мероприятий.

Обследование лесопатологическое экспедиционное – выполняется специализированными лесоустроительными предприятиями в тех случаях, когда по своим масштабам и сложности лесопатологической обстановки эти работы не могут быть выполнены силами местных специалистов лесозащиты и лесных предприятий.

Общий отпад – это объем сухостоя, валежника (ветровала, бурелома, снеголома и др.), общая захлапленность леса.

Объедание (обгрызание) – повреждение хвои или листьев, при питании филлофагов.

Объект карантина растений – чужеродные виды вредителей и возбудителей болезней, способные приносить ущерб лесному и сельскому хозяйству в странах и регионах, где они раньше не встречались.

Объекты лесопатологического мониторинга – участки леса или неблагоприятные факторы, за которыми ведется ЛПМ, в том числе:

лесной фонд, находящийся в ведении какого-либо лесовладельца или лесопользователя; отдельные участки леса, в том числе особо охраняемые и ценные насаждения, или насаждения с нарушенной устойчивостью;

популяции отдельных лесных пород, произрастающие на определенной площади;

популяции опасных видов вредителей и болезней, а также их комплексы;

прочие неблагоприятные факторы влияния на состояние лесов.

Ожоги – разновидность повреждений древесных пород; вызываются грибами, бактериями и воздействием на ткани растений высоких температур и пестицидов.

Операционная система (ОС) – программный комплекс, обеспечивающий поддержку работы всех программ и их взаимодействие с аппаратными средствами и пользователем. ОС управляет памятью, вводом-выводом, внешней памятью, взаимодействием процессов, осуществляет защиту, учет использования ресурсов, обработку командного языка.

Относительная влажность – отношение парциального давления пара к давлению насыщенного пара при данных температуре и давлении, выраженное в процентах. Относительная влажность является важнейшей характеристикой для оценки условий обитания насекомых, особенно в условиях засухи.

Относительная заселенность – процент проб, содержащих вредителя. Она характеризует степень охвата насаждения или насаждений вредителем.

Относительная плотность – число особей на единицу учета (дерево, ветвь, лист, ловушку и т. д.).

Очаги вредителей и болезней леса – участки леса, лесных культур или других объектов лесного хозяйства (например, питомники, защитные полосы, семенные плантации, вырубки и т.п.) с такой численностью вредителей или концентрацией патогенных организмов, которая способна нарушить целевые функции леса и нанести ущерб этим объектам.

Парша – разновидность повреждений древесных пород, вызывается грибами. Проявляется в почернении молодых побегов, образовании на листьях и плодах бархатистых пятен оливкового или

зеленовато-бурого цвета.

Патогены – возбудители инфекционных болезней или неблагоприятные факторы среды, наносящие ущерб целевым функциям леса и лесной продукции.

Первичные очаги – насаждения, в которых обычно начинается рост численности насекомых-вредителей.

Пестициды – вещества и препараты, используемые для защиты леса от вредных организмов. *Инсектициды* (*insectum* – насекомое) – для борьбы с насекомыми; *акарициды* (*acarus* – клещ) – для борьбы с клещами; *инсектоакарициды* – для защиты растений одновременно от вредных насекомых и клещей; *нематоциды* (*nematodes* – круглые черви, фитогельминты) – для борьбы с вредными нематодами; *родентициды* – для борьбы с вредными грызунами; *фунгициды* (*fungus* – гриб) – для борьбы с грибными заболеваниями; *бактерициды* (*bacteria* – бактерия) – для борьбы с бактериями; *антисептики* (*ant* -против, *septicus* – вызывающий гниение) – для борьбы с гнилями древесины; *гербициды* (*herbum, herbi* – трава) – для уничтожения нежелательной травянистой (сорной, ядовитой) растительности; *арборициды* – для уничтожения нежелательной древесно-кустарниковой растительности; *вирусоциды* – для борьбы с вирусами; *хемостерилианты* – для половой стерилизации насекомых.

Пиксел – элемент изображения, наименьшая из его составляющих, получаемая в результате дискретизации изображения (разбиения на далее не делимые элементы), характеризуется прямоугольной формой и размерами, определяющими пространственное разрешение изображения.

Плодовитость – количество яиц, откладываемых одной самкой за весь период размножения. Является качественным показателем популяции.

Поврежденность, или заселенность, **вредителями** – доля поврежденных или заселенных насекомыми деревьев.

Погода – непрерывно меняющееся во времени и в пространстве физическое состояние атмосферы.

Пойкилотермность – зависимость от температурных условий.

Полигон – двумерный (площадной) объект, внутренняя область, образованная замкнутой последовательностью дуг в векторно-топологических представлениях.

Половой индекс популяции – доля самок (самцов) от общей численности популяции.

Популяционные показатели – характеристики состава (численность), структуры (половой индекс) и жизнеспособности (выживаемость, смертность), популяций насекомых, соотношение здоровых, больных и погибших от энтомофагов особей, доля диапаузирующих особей, плодовитость самок (потенциальная и фактическая), масса яиц, куколок, коконов и т. д., используемые при лесопатологических обследованиях и надзоре.

Потери от неблагоприятных факторов – фактические последствия повреждений леса, выражающиеся в частичной или полной утрате лесной продукции или целевых функций леса. Выражаются в натуральных единицах (кубические метры, гектары).

Представление пространственных данных (модель пространственных данных) – способ цифрового описания пространственных объектов, тип структуры пространственных данных, наиболее универсальные и употребительные из них – векторное представление и растровое представление.

Природные неблагоприятные факторы – факторы природного характера (стихийные бедствия, массовые размножения вредителей и болезней и др. В свою очередь подразделяются на абиотические неблагоприятные факторы (климатические, почвенно-гидрологические и др.) и биотические неблагоприятные факторы (зоогенные, фитопатогенные, пирогенные, антропогенные, комплексные).

Прогноз в защите леса – вероятностная научно обоснованная оценка будущего изменения численности вредных насекомых, распространения их очагов, степени повреждения насаждений и ожидаемого ущерба. Основная цель прогнозов – эффективное планирование и своевременное проведение защитных мероприятий, их оптимизация и предотвращение повреждения лесов.

Прогноз долгосрочный – прогноз на 2 года и более или несколько поколений вредителя.

Прогноз краткосрочный – прогноз на 1 год или одно поколение вредителя.

Прогноз многолетний (сверхдолгосрочный) – минимальным временным интервалом является или полный градационный цикл, или продолжительность массового размножения.

Прогноз текущий – это прогноз на одну или несколько стадий развития насекомого.

Прогнозные модели – математические формулы, позволяющие на основе некоторых исходных данных рассчитать количественные значения популяционных показателей через некоторый временной интервал.

Программное обеспечение, программные средства – совокупность программ системы обработки информации и программных документов.

Продромальная фаза вспышки – градация, охватывающая несколько (чаще всего – два)

поколений, при которой численность вредителя увеличивается, однако повреждение крон можно обнаружить лишь при специальном осмотре. В это время происходит формирование очагов размножения вредителя, расширение их территории.

Продромальный тип динамики численности имеет значительный диапазон колебаний численности, при котором минимальные и максимальные значения могут отличаться в сотни раз.

Пространственные данные – цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах. Полное описание пространственных данных складывается из взаимозависимых описаний топологии, геометрии и атрибутов.

Профилактические методы защиты леса (см. *Лесохозяйственные методы*).

Пятнистости – разновидность повреждений листьев, плодов, побегов, и др.; вызываются чаще грибами, реже – бактериями, вирусами, нарушением баланса питательных веществ в почве, загрязнением среды.

Развитие болезни – степень поражения деревьев, выраженная в баллах или процентах. Балльную шкалу применяют при глазомерной оценке поражения и пользуются ею при оценке роли (вредоносности) болезни.

Рак – разновидность повреждений древесных пород, которые проявляются в образовании опухолей и ран разного типа на стволах, ветвях и корнях; вызывается грибами, бактериями, резкой сменой температур.

Распространенность болезни, или пораженность болезнями древостоя – доля больных деревьев в процентах. Для некоторых особо опасных болезней могут использоваться специальные критерии степени поражения.

Растр – средство цифрового представления изображений в виде матрицы элементов изображения – пикселей, образующих основу растрового представления изображений или пространственных объектов.

Растровое представление (растровая модель объектов) – цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек растра (пикселей) с присвоенными им значениями класса объекта. Растровому представлению соответствует растровый формат.

Режим лесозащиты – сочетание систем лесозащитных мероприятий за весь период воспроизводства данного лесного массива, лесорастительного района, лесов конкретной ландшафтно-географической зоны. Режим лесозащиты осуществляют на основе схемы ландшафтно-экологического районирования территории, учитывающей вероятность возникновения и интенсивность действия очагов вредителей и болезней леса.

Резервации – насаждения, особенности которых в максимальной степени отвечают экологическим требованиям насекомых-вредителей и в которых в межвспышечные годы они сохраняются в максимальных количествах.

Рекогносцировочный лесопатологический надзор – (см. *Надзор рекогносцировочный*).

Ржавчина – разновидность повреждений древесных пород; вызывается ржавчинными грибами. Поражаются листья, реже – стволы, побеги, черешки, цветоножки.

Санитарное состояние насаждений – их характеристика по комплексу признаков, в том числе по соотношению деревьев разных категорий состояния, доле или запасу сухостоя и валежника, характеру его распределения в насаждении.

Санитарные правила – нормативный правовой акт, регламентирующий порядок соблюдения санитарных требований при ведении лесного хозяйства и лесопользовании, регламент выполнения комплекса санитарно-оздоровительных и других мероприятий, направленных на сохранность целевых функций леса и лесной продукции.

Симптом болезни (повреждения, ослабления) – признак, или визуально различимая особенность, свойственная конкретному заболеванию (специфический признак) или присущая различным болезням (неспецифический признак).

Система управления базами данных (СУБД) – комплекс программ и языковых средств, предназначенных для создания, ведения и использования баз данных. Используется как средство управления атрибутивной частью пространственных данных ГИС.

Сканирование – аналого-цифровое преобразование изображения в цифровую растровую форму с помощью сканера, один из способов автоматизированного ввода информации в компьютер в растровом формате.

Скелетирование – уничтожение мягких тканей листьев с оставлением нетронутыми жилок.

Слизетечение – заболевание листовых пород, характеризующееся вытеканием слизистой жидкости из стволов. Слизь вытекает обычно из трещин коры, морозобойных трещин и т.п.

Смертность – качественный показатель популяции; отношение числа погибших особей к числу отродившихся (общая выживаемость) или к числу на начальный этап анализируемого периода, выражается в процентах. Зависит от различных факторов; определяется за определенный период, фазу или стадию развития, или за генерацию.

Снеговал – деревья, как правило, молодые высокие и тонкоствольные, согнувшиеся или

поваленные под тяжестью снега.

Снеголом – сломавшиеся под тяжестью снега деревья.

Снежно-температурный коэффициент – отношение высоты снежного покрова к средней температуре воздуха или высоты снежного покрова к среднему из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха. Характеризует условия зимовки насекомых.

Соотношение фенотипов – изменчивость окраски насекомых на разных фазах развития вспышки. Является качественным показателем популяции.

Состояние деревьев (насаждений) – качественная характеристика по комплексу показателей, отражающая соответствие характеризованного объекта определенной норме в конкретных обстоятельствах места и времени в соответствии с целевым назначением лесов, их породным составом, возрастной структурой. Определяется по комплексу признаков, в том числе, по соотношению деревьев разных категорий состояния. Различают *санитарное* и *лесопатологическое состояние насаждений* (см. соответствующие определения).

Средние температуры – широко используемые температурные показатели, вычисляемые за различные временные интервалы (декаду, месяц, сезон, вегетационный период и т.д.). Средняя суточная температура вычисляется как среднее арифметическое температур за все сроки наблюдения.

Стабильный тип динамики численности – характеризуется небольшими флуктуациями численности вблизи устойчивого состояния популяции в пределах зоны стабильности.

Степень поврежденности крон хвое- и листогрызущими насекомыми – определяют глазомерно. Как правило пользуются следующей шкалой: слабая – до 25 %, средняя – 25...50, сильная – 50...75, полная – более 75 %.

Сумма активных температур – показатель, характеризующий в условных единицах (градусоднях) теплообеспеченность территории или суммарную потребность в тепле в период активного развития насекомых и активной вегетации их кормовых растений.

Сумма эффективных температур воздуха – потребность отдельных видов насекомых в тепле за период, ограниченный лимитными температурами (нижним и верхним порогами развития). Потребность в тепле есть количество тепла, необходимое данному виду насекомых для прохождения жизненного цикла.

Сухостой прошлых лет (старый сухостой) – дерево с частично или полностью опавшей хвоей или листвой, усохшие мелкие веточки в кроне, как правило обломались, большая часть коры опала. На стволе и ветвях имеются вылетные отверстия насекомых, под корой – обильная буровая мука или опилки и, часто, грибница дереворазрушающих грибов. На стволах и корневых лапах появляются и развиваются плодовые тела дереворазрушающих грибов.

Сухостой текущего года (свежий сухостой) – дерево с серой, желтой или бурой хвоей или усохшей, увядшей или преждевременно опавшей листвой и сильно изреженной кроной. Кора на стволе сохранена или осыпалась лишь частично. Часто у дерева имеются признаки заселения стволовыми вредителями (смоляные воронки, насечки, входные отверстия, буровая мука или буровые опилки на стволе и под кроной, насекомые на коре, под корой и в древесине). В конце сезона возможно наличие на стволе вылетных отверстий насекомых и частично опавшей коры вследствие расклевывания её птицами.

Текущий отпад – доля или запас деревьев, усохших в текущем году. Выделяют абсолютный и относительный текущий отпад. Абсолютный текущий отпад вычисляют по количеству деревьев на 1 га и по запасу древесины – в м³ /га, относительный текущий отпад по числу стволов -в процентах от их общего числа, по запасу древесины – в процентах от общего запаса насаждения. К текущему отпаду относят деревья категорий "усыхающие" и "свежий сухостой".

Термические ресурсы – количество тепла, которым располагает данная территория в силу своего географического положения.

Тип погоды – комплексная характеристика погоды по определённым параметрам: широким или узким градациям большего или меньшего числа метеорологических элементов.

Типы болезней древесных растений – болезни, объединенные в группы по комплексу сходных признаков (симптомов) и поражаемой части дерева (некрозы, гнили, пятнистости и т.д.).

Типы очагов болезней – классифицируют по характеру расположения деревьев: *диффузный*, где пораженные деревья размещаются рассеянно (например, очаги стволовых гнилей, некрозно-раковых болезней) и *локальный*, где пораженные деревья размещаются группами или куртинами (очаги корневой губки, опенка), по стадии (этапам) развития болезней (*возникающие, действующие, затухающие*).

Типы очагов вредителей – классифицируют на первичные, возникающие в насаждениях, характеризующихся оптимальными условиями обитания для вредителей; вторичные, в насаждениях, не отвечающим полностью экологическим требованиям конкретных видов вредителей и миграционные, куда вредители мигрируют при исчерпании корма.

Типы очагов стволовых вредителей – классифицируют на *хронические*, развивающиеся

под влиянием длительно и медленнодействующих неблагоприятных факторов (например, очаги корневой губки); *эпизодические*, образующиеся под влиянием кратковременно, но сильного неблагоприятного воздействия на лес пожаров, хвое- и листогрызущих насекомых и др., и *миграционные*, или очаги расселения, возникающие вблизи от очагов массового размножения.

Типы повреждений – повреждения, наносимые насекомыми разных систематических групп, объединенные по сходным признакам.

Третичные очаги – насаждения, которые заселяются насекомыми-вредителями на фазе кульминации и рассеивания вспышки. Размножение вредителей в них идет замедленными темпами и обычно не приобретает хозяйственного значения, так как имеет локальный характер и невысокий уровень численности насекомых.

Устойчивость древесных растений и насаждений – способность противостоять факторам неблагоприятного воздействия, сохраняя свои свойства и функции, долговечность и длительность роста при определенном типичном для данного региона, биотопа, типа условий мест произрастания уровне изменчивости факторов среды.

Ущерб от вредителей и болезней – ожидаемые (предполагаемые) или фактические потери лесной продукции или целевых функций леса. Выражается в денежных единицах. Расчет потенциального ущерба от вредителей и болезней леса используется при обосновании целесообразности лесозащитных мероприятий.

Фазы вспышки массового размножения – временные отрезки (градации) динамики численности, имеющие сходные популяционные показатели. Обычно вспышки массового размножения хвое- и листогрызущих насекомых при своем развитии во времени проходят четыре фазы: первую, или начальную; вторую, или фазу роста численности вредителя (продромальная фаза); третью, или фазу собственно вспышки (эруптивная фаза) и четвертую, или фазу кризиса.

Фазовый портрет динамики численности – оценка и прогноз качественно различных этапов многолетней динамики популяций лесных насекомых. Характеризует действие механизмов регуляции на различных фазах вспышки.

Феромоны (греч. *pherien* – переносить и *horman* – возбуждать) – половые аттрактанты насекомых, обеспечивают встречу полов.

Феромонные ловушки – приспособление для использования искусственно синтезированных аналогов половых феромонов насекомых в целях: определения уровня их численности и фенологии; уничтожения; создание "самцового вакуума", т.е. насыщения феромонами среды обитания какого-либо вида для дезориентации самцов и отвлечения их от самок – естественных источников феромона.

Физико-механические методы защиты леса – разнообразные приемы защиты леса путем прямого уничтожения вредных организмов или пораженных ими заселенных растений или субстрата, где они развиваются, с помощью простейших механических приспособлений или вручную.

Формат – способ представления или расположения данных в памяти компьютера, базе данных, документе или на внешнем носителе информации. В ГИС – общее наименование способа машинной реализации представления пространственных данных (векторный формат, растровый формат).

Химический метод защиты леса – использование органических и неорганических веществ, токсичных для вредных организмов, или препаратов на их основе в качестве профилактики или для истребления вредителей и возбудителей болезней растений с использованием разнообразных по технологии и средствам механизации способов: опрыскивания и опыливания, аэрозольной обработки, интоксикации растений, фумигации почвы, помещений, семян и посадочного материала, протравливания семян, черенков и почвы, изготовления отравленных приманок и нанесения токсичных поясов, антисептирования древесины и др. Химические вещества наносят непосредственно на вредные организмы или кормовой субстрат или вносят в среду обитания (почву, древесину, воздушную среду).

Хлороз – заболевание листьев или хвои, внешне выражающееся в изменении их окраски в желтый или зеленовато-желтый цвет. Сущность болезни заключается в отсутствии хлорофилла в хлорофильных зернах, что ведет к нарушению ассимиляции. Может вызываться разными био- и абиотическими факторами.

Цикл мониторинга – процесс, включающий наблюдение (обнаружение, учет), анализ (обобщение), прогноз вероятного развития событий и принятие решения.

Цифрование (дигитализация) – процесс аналого-цифрового преобразования. В геоинформатике – преобразование аналоговых графических документов (оригиналов) в форму цифровых записей, соответствующих векторным представлениям пространственных объектов.

Чернь – разновидность повреждений древесных пород; вызывается грибами. Характеризуется образованием на листьях поверхностных черных сажистых налетов.

Шютте – разновидность повреждений древесных пород, вызываемая несовершенными

грибами и проявляющаяся в сравнительно быстром ее опадении.

Экологические группы вредителей и болезней – разделение вредителей и болезней на произвольные группы по общности поражаемых частей древесных растений (болезни почек, цветков, плодов и семян, листьев и хвои, побегов, ветвей, ствола и корней), а болезней – по симптомам проявления и типам (сосудистые, некрозно-рако-вые, гнилевые болезни); и тех, и других – по распространенности и значимости в различных эколого-производственных объектах лесного хозяйства (вредители и болезни растений в питомниках, в насаждениях разных возрастных групп, на складах, и проч.).

Экологическая плотность – число особей насекомых на единицу кормового субстрата (100 г хвои или листвы, 1 дм² луба, 1 дм³ древесины).

Экспедиционное лесопатологическое обследование – (см. *Обследование лесопатологическое экспедиционное*).

Экспертиза лесопатологическая – мероприятие, осуществляемое с участием высококвалифицированных специалистов-экспертов при необходимости получения срочного заключения об очагах вредителей и болезней, или причинах ослабления или усыхания лесов.

Эксудат – жидкие продукты жизнедеятельности биологических организмов.

Экстремальные температуры – характеризуют степень континентальности климата. Имеют существенное значение в жизни насекомых, являясь факторами, лимитирующими распространение.

Элементы лесопатологического мониторинга – виды работ, являющиеся составными частями ЛПМ, в том числе: рекогносцировочные, детальные и экспедиционные обследования; надзор за появлением и распространением вредителей и болезней; листки сигнализации; воздушная таксация насаждений при авиапатрулировании; статистическая и отраслевая отчетность, материалы фотосъемок и т.д. Каждый элемент ЛПМ имеет свои параметры, область применения и достоверность.

Эмпирико-статистические модели – предназначены для описания динамики популяции в конкретных условиях. Эмпирический характер этих моделей вытекает из того, что они строятся на основе пространственно-временных рядов изменения численности организмов.

Энтомопатогенные микроорганизмы – микроорганизмы, способные вызвать инфекционный процесс у восприимчивых к ним видов растительноядных насекомых. Наиболее действенными из них являются бактерии, вирусы и грибы.

Энтомофаги – хищные и паразитические насекомые, клещи и нематоды, питающиеся насекомыми, а также насекомоядные позвоночные животные.

Эпифитотии – массовое поражение растений инфекционными болезнями в пределах определенной территории и в течение определенного периода времени. При местных эпифитотиях болезни развиваются на ограниченной территории, вызывают сильное поражение растений, но в течение ряда лет имеют незначительные колебания. При прогрессирующих эпифитотиях болезнь сначала развивается в определенном районе, но в дальнейшем распространяется на другие, часто значительные по площади, территории. При повсеместных эпифитотиях (*панфитотиях*) массовое развитие болезни происходит одновременно на территории страны, нескольких стран или всего континента.

Эруптивная фаза вспышки – градация, при которой численность вредителя скачкообразно увеличивается, кроны повреждаются в сильной степени или полностью. Третья фаза охватывает чаще всего два поколения и является кульминацией вспышки.

Эруптивный тип динамики численности – свойственен популяциям, дающим вспышки массового размножения, с тысячекратным диапазоном предельно высокого и минимального уровня численности.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев И.А.* Лесохозяйственные методы борьбы с корневой губкой. – М.: Лес. пром-сть, 1969. – 76 с.
- Аэрокосмические методы в охране природы и в лесном хозяйстве.* / Сухих В.И., Сеницын С.Г., Апостолов Ю.С., Данюлис Е.П., Жирин В.М., Мороз П.И., Рукосуев Г.Н., Эльман Р.И. -М.: Лесная промышленность, 1979. – 288 с.
- Бедный В. Д.* Технология применения диспарлюра в лесозащите. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 166 с.
- Берриман А.* Защита леса от насекомых вредителей. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с.
- Бугиевский Л.М., Цветков В.Я.* Геоинформационные системы. – М.: Златоуст, 2000. – 222 с.
- Бусыгин Б.С., Гаркуша И.Н., Середини Е.С., Гаевенко А.Ю.* Инструментарий геоинформационных систем. Справочное пособие. – Киев.: ИРГ "ВБ", 2000. – 172 с.
- Ванин С.И.* Лесная фитопатология. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 416 с.
- Ведерников Н. М., Яковлев В. Г.* Защита хвойных сеянцев от болезней. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 89 с,
- Воронцов А.И.* Биологические основы защиты леса. – М.: Высшая школа, 1960 – 342 с; 1963 – 324 с.
- Воронцов А.И.* Лесная энтомология. – М.,: Высшая школа, 1982. – 384 с.
- Воронцов А.И.* Патология леса. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 272 с.
- Воронцов А.И., Мозолевская Е.Г., Соколова Э.С.* Технология защиты леса. – М.: Экология, 1992. – 304 с.
- Гвоздяк Р.И., Яковлева Л.М.* Бактериальные болезни лесных древесных пород. – Киев: Наукова думка, 1979. – 241 с.
- Голубев А.В., Инсаров Г.Э., Страхов В.В.* Математические методы в лесозащите. – М.: Лесная промышленность, 1980. -104 с.
- ГОСТ 21667-76.* Картография термины и определения. Дата введения 1 июля 1977 г.
- ГОСТ 288441-99.* Картография цифровая. Термины и определения. Дата введения 1 июля 2000 г.
- ГОСТ Р 50828-95.* Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. Дата введения 1 июля 1996.
- ГОСТ Р 51353-99.* Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Состав и содержание. Дата введения 1 июля 2000.
- ГОСТ Р 51605-2000.* Карты цифровые топографические. Общие требования. Дата введения 1 января 2000,
- ГОСТ Р 51606-2000.* Карты цифровые топографические Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. Дата введения 1 января 2001.
- ГОСТ Р 51607-2000.* Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. Дата введения 1 января 2001.
- ГОСТ Р 51608-2000.* Карты цифровые топографические. Требования к качеству. Дата введения 1 января 2001.
- Гофман К.Г.* Учет фактора времени при экономической оценке лесных земель. – Каунас, 1974.
- Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве.* / Данюлис Е.П., Жирин В.М., Сухих В.И., Эльман Р.И. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
- ДеМерс М.* Географические информационные системы. Основы. – М.: Дата+, 1999. – 489 с.
- Динамика численности лесных насекомых.* / Исаев А.С, Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В., Кондаков Ю.П., Киселев В.В, – Новосибирск: Наука, 1984. – 224 с,
- Журавлев И.И.* Диагностика болезней леса. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 192 с.
- Изучение ГИС.* Методология ARC/INFO. ESRI. – М.: Дата+ 1995. – 464 с.
- Ильинский А.И.* Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых. -М.: Лесная промышленность, 1965. – 525 с.
- Ильинский А.И.* Определитель вредителей леса. – М, 1962. -392 с.
- Инструкция о порядке создания и размножения лесных карт.* – М.: Госкомлес СССР, 1987. – 80 с.
- Инструкция по авиационной охране лесов.* – М.: Минлесхоз РСФСР, 1977. – 128 с.
- Инструкция по проведению лесоустройства в едином Государственном лесном фонде СССР.* Часть 1. Организация лесоустройства и полевые работы.- М.: Госкомлес СССР, 1986. -133 с.
- Инструкция по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР.* -М.: Гослесхоз СССР, 1983. – 181 с.
- Исаев А.С., Рожков А.С, Киселев В.В.* Черный пихтовый усач. – Новосибирск: Наука, 1988. –

Исаев А.С., Ряполов В.Я. Лесопатологический мониторинг таежных ландшафтов // Исследование лесов аэрокосмическими методами. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 136-157.

Катаев О.А., Мозолевская Е.Г. Экология стволовых вредителей (очаги, их развитие, обоснование мер борьбы). Учебное пособие. – Л.: ЛТА, 1982. – 87 с.

Кирай З. и др. Методы фитопатологии. – М.: Колос, 1974. – 343 с.

Кобец Е.В. Рекомендации по защите хвойных пород от корневой губки в лесах Европейской части России. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2001. – 16 с.

Коломиец Н.Г. Звездчатый пилильщик-ткач. Новосибирск: Наука, 1967. – 136 с.

Коломиец Н.Г., Артамонов С.Д. Чешуекрылые – вредители березовых лесов. – Новосибирск: Наука, 1985. – 128 с.

Корзухин М.Д., Семевский Ф.Н. Синэкология леса. – Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 1992. – 192 с.

Крутов В.И. Грибные болезни хвойных пород в искусственных ценозах таежной зоны европейского Севера СССР. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1989. – 206 с.

Крутов В.И. Учет и долгосрочный прогноз соснового вертуна. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1987. – 20 с.

Лебедева К.В., Миняйло В.А., Пятнова Ю.Б. Феромоны насекомых. – М.: Наука, 1984. – 154 с.

Лесное хозяйство. Терминологический словарь. – МПР РФ, Государственная лесная служба: ВНИИЛМ, 2002. – 368 с.

Лямборшай С.Х. Основные принципы и методы экологического лесопользования. – МПР РФ: ВНИИЛМ, 2003. – 296 с.

Мамаев Б.М. Стволовые вредители лесов Сибири и Дальнего Востока. – М., Агропромиздат, 1985. – 208 с.

Мамаев Б.М., Медведев Л.И., Правдин Ф.Н. Определитель насекомых европейской части СССР. – М.: Просвещение, 1976.

- 304 с.

Маслов А.Д. (ред.). Защита леса от вредителей и болезней. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1988. – 414 с.

Маслов А.Д., Кутеев Ф.С., Прибылова М.В. Стволовые вредители леса. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 144 с.

Методика организации и проведения регионального мониторинга лесов Европейской части СССР. – Каунас-Гирионис, 1989. – 54 с.

Методические указания по использованию синтетических феромонов для надзора за хвое- и листогрызущими насекомыми. – Москва, 1987. – 15 с.

Методические указания по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР. – М.: Гослесхоз СССР, 1986. – 154 с.

Методы прогнозирования массового размножения сибирского шелкопряда. – М.: Институт леса и древесины, 1967. – 9 с.

Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 152 с.

Наставление по защите лесных культур и молодняков от вредных насекомых и болезней. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1997. – 108 с.

Наставление по защите растений от вредных насекомых и болезней в лесных питомниках. – М.: Госкомлес СССР, 1984. – 119 с.

Наставление по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей лесов. – М.: Гослесхоз СССР. – 1975. – 89 с.

Наставление по надзору, учету и прогнозу хвое- и листогрызущих насекомых в Европейской части РСФСР. – М.: Минлесхоз РСФСР, 1988. – 84 с.

Наставление по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 86 с.

Наставление по принятию решений о целесообразности лесозащитных мероприятий в очагах хвое и листогрызущих насекомых в европейской части России. – М.: Минлесхоз РСФСР, 1988. – 11 с.

Негруцкий С.Ф. Корневая губка. – М.: Агропромиздат, 1986. – 200 с.

Новак В., Грозника Ф., Стары Б. Атлас насекомых вредителей лесных пород. – Прага, 1974. – 125 с.

Одулм Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 742 с.

Опытно-производственное применение аттрактантно-инсектицидных ловушек для надзора за численностью непарного шелкопряда (методические указания). – Кишинев, 1983. – 9 с.

Плешанов А.С. Насекомые-дефолианты лиственных лесов Восточной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1982. – 209 с.

- Положение о защите лесов от вредителей и болезней леса // Лесное законодательство Российской Федерации (Сборник нормативных правовых актов). – М, 1998. – С. 336-341.*
- Положение о лесопатологическом мониторинге. – М.: Рослесхоз, 1997. – 8 с.*
- Популяционная динамика лесных насекомых. / Исаев А.С, Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В., Кондаков Ю.П., Киселев В.В., Суховольский В.Г. – Москва: Наука, 2001. – 374 с.*
- Рубцов В.В., Рубцова Н.И. Анализ взаимодействия листогрызущих насекомых с дубом. – М.: Наука, 1984. – 184 с.*
- Рыбалко Т.М., Гукасян А.Б. Бактериозы хвойных Сибири. -Новосибирск: Наука, 1986. -77 с,*
Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства РФ, 1998. – 18 с.
- Семевский Ф. Н. Прогноз в защите леса. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 72 с.*
- Семенкова И.Г., Соколова Э.С. Фитопатология. Учебник для студентов вузов. – М.: "Академия", 2003. – 480 с.*
- Смит У.Х. Лес и атмосфера. – М.: "Прогресс", 1985. – 429 с.*
- Справочник по защите леса от вредителей и болезней. – М.: Агропромиздат, 1988.-414 с.*
- Трофимов В.Н., Липаткин В.А. Методы определения типов пространственного размещения вредителей леса и расчет объема выборки. Методические указания,- М.: МЛТИ, 1982. – 36 с.*
- Учет, надзор и прогноз вредителей репродуктивных органов хвойных пород и борьба с этими вредителями в семенных участках и плантациях Европейской части СССР. – Ленинград: ЛенНИИЛХ, 1974. – 72 с.*
- Федоров Н.И. Корневые гнили хвойных пород. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 161 с.*
- Холлинг К.М. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление. Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 370 с.*
- Черпаков В.В. Пути организации мер борьбы с бактериальными болезнями леса // Охрана природы Адыгеи. – Майкоп: Высшая школа, 1987. – С. 104,*
- Щербин-Парфененко А.Л. Бактериальные заболевания лесных пород. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 147 с.*

Число яиц в зависимости от веса кладки для основных видов вредителей

| Масса кладки, куколки, кокона, г | Среднее число яиц в кладке | | | Среднее число яиц, откладываемых одной самкой, вышедшей из куколки (коконе) | | | | | | | | | | Масса кладки, куколки, кокона, г | |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|---|-----------------------------|-------------------|----------------|------------|---------------------|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|-------|
| | златогузка | кольчатый шелкопряд | непарный шелкопряд | обыкновенный сосновый пилильщик | дубовая зеленая листовёртка | сосновая пяденица | сосновая совка | златогузка | кольчатый шелкопряд | монашенка | непарный шелкопряд | сосновый шелкопряд | сибирский шелкопряд | | |
| 0.001 | 6 | | | | | | | | | | | | | | 0.001 |
| 0.003 | 17 | | | | | | | | | | | | | | 0.003 |
| 0.005 | 28 | 12 | 6 | | | | | | | | | | | | 0.005 |
| 0.008 | 45 | 19 | 10 | | | | | | | | | | | | 0.008 |
| 0.010 | 56 | 25 | 12 | | | | | | | | | | | | 0.010 |
| 0.020 | 111 | 50 | 25 | | 12 | | | | | | | | | | 0.020 |
| 0.030 | 167 | 75 | 33 | 15 | 25 | | | | | | | | | | 0.030 |
| 0.040 | 222 | 100 | 40 | 20 | 45 | | | 10 | | | | | | | 0.040 |
| 0.050 | 278 | 125 | 58 | 25 | 65 | 5 | | 30 | | | | | | | 0.050 |
| 0.060 | 333 | 150 | 75 | 30 | 85 | 10 | | 50 | | | | | | | 0.060 |
| 0.070 | 389 | 175 | 88 | 35 | 105 | 30 | | 75 | | | | | | | 0.070 |
| 0.080 | 444 | 200 | 100 | 40 | 120 | 50 | | 100 | | | | | | | 0.080 |
| 0.090 | 500 | 225 | ИЗ | 51 | | 65 | | 120 | | | | | | | 0.090 |
| 0.100 | 556 | 250 | 125 | 62 | | 80 | | 140 | | | | | | | 0.100 |
| 0.120 | 667 | 300 | 150 | 92 | | 100 | | 180 | | | | | | | 0.120 |
| 0.140 | | 350 | 175 | 124 | | 125 | 1 | 220 | | | | | | | 0.140 |
| 0.160 | | 400 | 200 | 152 | | 155 | 8 | 270 | | | | | | | 0.160 |
| 0.180 | | 450 | 225 | 162 | | 190 | 16 | 310 | 13 | | | | | | 0.180 |
| 0.200 | | 500 | 250 | 178 | | 220 | 36 | 350 | 18 | | 2 | | | | 0.200 |
| 0.220 | | | 275 | | | 238 | 68 | 390 | 24 | 5 | 4 | | | | 0.220 |
| 0.240 | | | 300 | | | 250 | 100 | 440 | 31 | 10 | 8 | | | | 0.240 |
| 0.260 | | | 325 | | | | 132 | 480 | 39 | 15 | 10 | | | | 0.260 |
| 0.280 | | | 350 | | | | 166 | 520 | 48 | 20 | 15 | | | | 0.280 |
| 0.300 | | | 375 | | | | 198 | 560 | 58 | 25 | 20 | | | | 0.300 |
| 0.320 | | | 400 | | | | 230 | 610 | 71 | 30 | 30 | | | | 0.320 |
| 0.340 | | | 425 | | | | 262 | | 87 | 35 | 40 | | | | 0.340 |
| 0.360 | | | 450 | | | | 284 | | 103 | 45 | 50 | | | | 0.360 |
| 0.380 | | | 475 | | | | 304 | | 119 | 60 | 60 | | | | 0.380 |
| 0.400 | | | 500 | | | | 320 | | 135 | 70 | 80 | | | | 0.400 |
| 0.450 | | | 562 | | | | | | 175 | 120 | 120 | | | | 0.420 |
| 0.500 | | | 625 | | | | | | 215 | 170 | 150 | | | | 0.500 |
| 0.550 | | | 687 | | | | | | 255 | 220 | 200 | | | | 0.550 |
| 0.600 | | | 750 | | | | | | 295 | 270 | 250 | | | | 0.600 |
| 0.650 | | | 812 | | | | | | 335 | 330 | 300 | | | | 0.650 |
| 0.700 | | | 875 | | | | | | 375 | 400 | 350 | | | | 0.700 |
| 0.750 | | | 937 | | | | | | 415 | 450 | 400 | | | | 0.750 |
| 0.800 | | | 1000 | | | | | | 455 | 500 | 450 | 20 | | | 0.800 |
| 0.850 | | | 1062 | | | | | | 495 | 550 | 500 | 21 | | | 0.850 |
| 0.900 | | | 1125 | | | | | | | 594 | 550 | 22 | | | 0.900 |
| 0.950 | | | 1188 | | | | | | | 615 | 600 | 23 | | | 0.950 |
| 1.000 | | | 1250 | | | | | | | 630 | 650 | 25 | 35 | | 1.000 |
| 1.200 | | | | | | | | | | | 800 | 29 | 53 | | 1.200 |

| Масса кладки, куколки, кокона, г | Среднее число яиц в кладке | | | Среднее число яиц, откладываемых одной самкой, вышедшей из куколки (кокона) | | | | | | | | | Масса кладки, куколки, кокона, г | |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|---|-----------------------------|-------------------|----------------|------------|---------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|
| | златогузка | кольчатый шелкопряд | непарный шелкопряд | обыкновенный сосновый пилильщик | дубовая зеленая листовёртка | сосновая пяденица | сосновая совка | златогузка | кольчатый шелкопряд | монашенка | непарный шелкопряд | сосновый шелкопряд | | сибирский шелкопряд |
| 1.400 | | | | | | | | | | | 900 | 36 | 73 | 1.400 |
| 1.600 | | | | | | | | | | | 1000 | 49 | 93 | 1.600 |
| 1.800 | | | | | | | | | | | 1100 | 66 | 118 | 1.800 |
| 2.000 | | | | | | | | | | | 1150 | 86 | 147 | 2.000 |
| 2.200 | | | | | | | | | | | 1175 | 111 | 176 | 2.200 |
| 2.400 | | | | | | | | | | | 1200 | 130 | 205 | 2.400 |
| 2.600 | | | | | | | | | | | 1225 | 170 | 234 | 2.600 |
| 2.800 | | | | | | | | | | | 1250 | 210 | 263 | 2.800 |
| 3.000 | | | | | | | | | | | 1275 | 250 | 292 | 3.000 |
| 3.200 | | | | | | | | | | | | 290 | 321 | 3.200 |
| 3.400 | | | | | | | | | | | | 330 | 350 | 3.400 |
| 3.600 | | | | | | | | | | | | 360 | 379 | 3.600 |
| 3.800 | | | | | | | | | | | | 390 | 408 | 3.800 |
| 4.000 | | | | | | | | | | | | 410 | 437 | 4.000 |
| 4.500 | | | | | | | | | | | | | 510 | 4.500 |
| 5.000 | | | | | | | | | | | | | 582 | 5.000 |
| 5.500 | | | | | | | | | | | | | 650 | 5.500 |
| 6.000 | | | | | | | | | | | | | 710 | 6.000 |

Приложение 2

Двузначные случайные числа

| | | |
|--|--|--|
| 28 89 65 87 08 30 29 43 65 42 95 74 62 60 63 01 86 54 96 72 10 91 46 96 86 | 13 50 63 04 23 78 66 28 56 80 51 57 32 22 27 66 86 65 64 60 19 83 52 47 53 | 25 47 57 91 13 47 46 41 90 08 12 72 72 27 77 56 59 75 36 75 65 00 51 93 51 |
| 05 33 18 08 51 04 43 13 37 00 05 85 40 25 24 84 90 90 65 77 98 55 59 49 48 | 51 78 57 96 17 79 60 96 26 60 73 52 93 70 50 63 99 25 69 02 86 28 30 02 35 | 34 87 96 23 95 70 39 83 66 56 48 21 47 63 74 09 04 03 35 78 71 30 32 06 47 |
| 89 83 40 69 80 73 90 96 05 68 10 89 07 76 21 91 50 27 78 37 03 45 44 66 88 | 97 96 47 59 97 93 41 69 96 07 40 24 74 36 42 06 06 16 25 98 97 81 26 03 89 | 56 33 24 81 36 97 50 81 79 59 40 33 04 46 24 17 78 80 36 85 39 46 67 21 17 |
| 89 41 58 91 63 13 43 00 97 26 71 71 00 51 72 19 28 15 00 41 56 38 30 92 38 | 65 99 59 97 84 16 91 21 32 41 62 03 69 26 32 92 27 73 40 38 45 51 94 69 04 | 90 14 79 61 55 60 22 66 72 17 35 27 99 18 25 37 11 05 75 16 00 84 14 36 37 |
| 39 27 52 89 11 73 13 28 58 01 81 60 84 51 57 05 62 98 07 85 62 97 16 29 18 | 00 81 06 28 48 05 06 42 24 07 12 68 46 55 89 07 79 26 69 61 52 16 16 23 56 | 12 08 05 75 26 60 60 28 99 93 60 09 71 87 89 67 85 72 37 41 62 95 80 97 63 |
| 31 13 63 21 08 97 38 65 34 19 32 11 78 33 82 81 99 13 37 05 45 74 00 03 05 | 16 01 92 58 21 89 84 05 34 47 51 99 98 44 39 08 12 60 39 23 69 99 47 26 52 | 48 97 74 73 72 88 09 31 54 88 12 75 10 60 36 61 73 84 89 18 46 06 30 00 18 |

Зеленая масса ветви (г) в зависимости от её диаметра по породам

| Порода | Диаметр ветви, см | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| Сосна | 15 | 21 | 28 | 36 | 45 | 56 | 67 | 78 | 91 | 104 | 119 | 135 | 151 | 169 | 187 | 206 | 320 | 440 | 590 | 760 | 960 | 1200 |
| Ель | 5 | 6 | 8 | 9,5 | 11 | 14 | 16 | 18 | 20 | 23 | 25 | 28 | 31 | 34 | 37 | 40 | 57 | 75 | 95 | 115 | 140 | 167 |
| Дуб | 73 | 85 | 98 | 110 | 123 | 135 | 148 | 160 | 172 | 184 | 196 | 209 | 221 | 233 | 246 | 258 | 319 | 381 | 442 | 504 | 565 | 627 |
| Берёза | 53 | 66 | 80 | 94 | 107 | 121 | 134 | 148 | 162 | 175 | 189 | 202 | 215 | 230 | 243 | 257 | 356 | 424 | 492 | 560 | 628 | 696 |

Таблицы фитомасс и критических чисел гусениц для основных лесных формаций России

Таблица 1. Перечень провинций, формаций, основных ценозообразователей

| Номер | Провинция | Формация (основные ценозообразователи) |
|-------|---------------------------------------|--|
| 1 | (А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Хвойно-широколиственные леса (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Quercus robur</i>) |
| 2 | | Широколиственные леса (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. laricis</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> ; <i>Quercus robur</i> ; <i>Larix decidua</i>) |
| 3 | | Широколиственные леса (<i>Q. petraea</i>) |
| 4 | | Широколиственные леса (<i>Q. robur</i> , культуры) |
| 5 | (В) КАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Средняя тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 6 | | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 7 | | Южная тайга (включая юг Русской равнины) (<i>Larix decidua</i> , <i>L. sukaczewii</i>) |
| 8 | | Хвойно-широколиственные леса (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> ; <i>O. robur</i> .) |
| 9 | | Широколиственные леса (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> ; <i>O. robur</i>) |
| 10 | | Лесостепь (<i>P. sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>O. robur</i>) |
| 11 | | Лесостепь (включая юг Русской равнины) (<i>Larix sukaczewii</i>) |
| 12 | | Степь (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> ; <i>Q. robur</i> .) |
| 13 | (С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ. | Северная тайга (<i>P. sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 14 | | Северная тайга (включая Западно-Казахстанскую провинцию) (<i>Larix sukaczewii</i>) |
| 15 | | Средняя тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 16 | | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea abies</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 17 | | Хвойно-широколиственные леса (<i>Abies sibirica</i>) |
| 18 | | Широколиственные леса (<i>P. sylvestris</i>) |
| 19 | | Лесостепь (<i>Larix sukaczewii</i>) |
| 20 | | Степь (<i>P. sylvestris</i>) |
| 21 | (Д) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Лесотундра (<i>Picea obovata</i>) |
| 22 | | Северная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>B. pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 23 | | Средняя тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> ; <i>Larix sukaczewii</i>) |
| 24 | | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. sibirica</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Abies sibirica</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 25 | (Е) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Лесотундра (<i>B. pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 26 | | Лесотундра, пойма (<i>Larix sibirica</i>) |
| 27 | | Лесотундра, плакоры (<i>Larix sibirica</i>) |
| 28 | | Средняя тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Abies sibirica</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 29 | | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. sibirica</i> ; <i>Abies sibirica</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 30 | | Лесостепь (<i>P. sylvestris</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 31 | | Степь (<i>P. sylvestris</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 32 | (Ф) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Тундра (<i>B. pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 33 | | Северная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 34 | | Средняя тайга (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. sibirica</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |
| 35 | (Г) ВОСТОЧНОСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Abies sibirica</i>) |
| 36 | | Северная тайга, долинные леса (<i>Larix cajanderi</i>) |
| 37 | | Северная тайга, горные леса (<i>L. cajanderi</i>) |
| 38 | | Средняя тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Larix cajanderi</i> ; <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>) |

| Номер | Провинция | Формация (основные ценозообразователи) |
|-------|---|---|
| 39 | (I) ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Средняя тайга (<i>P. sylvestris</i> ; <i>Larix gmelinii</i>) |
| 40 | | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Picea obovata</i> ; <i>Abies sibirica</i> ; <i>Larix czekanowskii</i> ; <i>Betula pendula</i> . <i>B. pubescens</i> , <i>B. ermani</i>) |
| 41 | | Южная тайга (<i>Picea obovata</i> ; <i>Pinus sibirica</i>) |
| 42 | (J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ. | Южная тайга (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. sibirica</i> ; <i>Abies sibirica</i>) |
| 43 | | Лесостепь (<i>Pinus sylvestris</i> ; <i>Abies sibirica</i> ; <i>Larix sibirica</i>) |
| 44 | | Горная тайга Западного Саяна (<i>Larix sibirica</i>) |
| 45 | (H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК. | Северная тайга, долинные леса (<i>L. cajanderi</i>) |
| 46 | | Северная тайга, горные леса (<i>L. cajanderi</i>) |
| 47 | | Средняя тайга (<i>Betula platyphylla</i> , <i>B. ermani</i> ; <i>Picea ajanensis</i> ; <i>Abies nephrolepis</i>) |
| 48 | | Хвойно-широколиственные леса (<i>Betula costata</i> ; <i>Quercus mongolica</i> ; <i>Picea ajanensis</i> ; <i>Pinus koraiensis</i> ; <i>Abies nephrolepis</i>) |
| 49 | | Хвойно-широколиственные леса, Сихотэ-Алинь (<i>Larix komarovii</i> , <i>L. olgensis</i>) |
| 50 | (M) ПРИЧЕРНОМОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | (<i>Picea orientalis</i> ; <i>Quercus robur</i>) |
| 51 | (O) ПАМИРО-ТАНЬШАНЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. | (<i>Picea schrenkiana</i>) |

**Таблицы фитомасс основных лесобразующих пород России (по Усольцеву, 2000)
(сырой вес листьев на среднем дереве, г/дерево)**

Таблица 2. Берёза

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 |
| 2 | 43.6 | 370.3 | 984.2 | 1856.3 | 2953.6 | 4249.9 | 5672.1 | 7369.3 | 9126.2 | 11059.1 | 13050.5 | 15258.3 | 17538.3 | 19969.3 | 22271.7 |
| 5 | 69.9 | 560.5 | 1447.6 | 2787.4 | 4337.3 | 6216.6 | 8449.8 | 10904.5 | 13359.3 | 16359.2 | 19250.0 | 22497.9 | 25705.4 | 29190.5 | 32854.2 |
| 6 | 70.3 | 631.4 | 1686.4 | 3229.9 | 5117.4 | 7391.0 | 9920.5 | 12827.3 | 15954.6 | 19294.0 | 22963.3 | 26632.7 | 30589.3 | 34775.6 | 39060.7 |
| 8 | 76.1 | 609.0 | 1644.7 | 3109.5 | 4912.4 | 7078.9 | 9471.8 | 12345.7 | 15331.0 | 18474.2 | 21970.6 | 25496.9 | 29311.4 | 33274.4 | 37350.0 |
| 9 | 107.2 | 982.1 | 2706.0 | 5130.0 | 8122.1 | 11666.7 | 15766.4 | 20335.0 | 25326.4 | 30764.9 | 36317.6 | 42301.7 | 48823.5 | 55374.6 | 62354.6 |
| 12 | 175.8 | 1441.1 | 3847.3 | 7365.8 | 11757.6 | 16991.0 | 22950.0 | 29387.1 | 36571.9 | 44277.1 | 52566.7 | 61601.6 | 70674.3 | 80289.8 | 90214.6 |
| 13 | 28.1 | 249.0 | 628.1 | 1114.5 | 1777.2 | 2490.0 | 3382.5 | 4274.5 | 5314.5 | 6491.1 | 7667.7 | 8915.2 | 10175.0 | 11417.6 | 12911.1 |
| 15 | 60.5 | 506.2 | 1321.1 | 2483.4 | 3996.3 | 5656.8 | 7692.7 | 9759.7 | 14762.1 | 17544.6 | 20220.3 | 23213.2 | 26270.6 | 29601.0 | |
| 16 | 84.0 | 726.1 | 1994.2 | 3775.6 | 5966.2 | 8580.7 | 11577.7 | 14766.7 | 18488.9 | 22315.6 | 26426.9 | 30867.8 | 35492.4 | 40126.6 | 45328.2 |
| 22 | 33.0 | 269.4 | 703.9 | 1326.3 | 2070.0 | 2966.3 | 3915.8 | 5056.9 | 6306.7 | 7631.1 | 8892.9 | 10444.6 | 11852.6 | 13576.8 | 15137.7 |
| 23 | 27.9 | 249.3 | 655.1 | 1205.7 | 1915.4 | 2785.3 | 3698.1 | 4787.0 | 6000.0 | 7158.8 | 8552.5 | 9934.4 | 11365.0 | 12943.0 | 14532.9 |
| 24 | 64.5 | 512.7 | 1405.4 | 2595.6 | 4156.3 | 5980.2 | 7979.9 | 10357.9 | 12755.4 | 15389.6 | 18253.2 | 21420.0 | 24555.1 | 27884.9 | 31280.1 |
| 25 | 165.9 | 1293.0 | 3085.8 | 5617.4 | 8459.6 | 11943.0 | 15858.9 | 20653.5 | 24900.0 | 30690.7 | 36156.2 | 42169.4 | 47083.6 | 53950.0 | 60471.4 |
| 28 | 5.2 | 328.3 | 871.2 | 1600.3 | 2529.5 | 3667.4 | 4914.5 | 6414.9 | 7860.5 | 9529.1 | 11410.4 | 13256.9 | 15145.0 | 17241.4 | 19333.6 |
| 29 | 92.5 | 734.0 | 1949.3 | 3630.7 | 5765.0 | 8293.3 | 11055.0 | 14368.0 | 17785.7 | 21506.8 | 25370.9 | 29483.2 | 34287.2 | 38844.0 | 43473.0 |
| 30 | 99.7 | 759.9 | 2094.6 | 3990.2 | 6242.7 | 9027.5 | 12108.2 | 15671.6 | 19509.3 | 23602.5 | 27731.2 | 32463.5 | 37301.2 | 42352.2 | 47297.5 |
| 31 | 73.6 | 683.8 | 1802.1 | 3301.3 | 5277.5 | 7641.7 | 10340.2 | 13244.7 | 16461.3 | 19777.7 | 23465.1 | 27360.5 | 31494.5 | 35608.3 | 40043.9 |
| 32 | 3.3 | 30.6 | 75.4 | 142.3 | 214.8 | 320.7 | 408.4 | 544.7 | 640.3 | 776.4 | 924.8 | 1062.1 | 1220.1 | 1386.2 | 1578.2 |
| 33 | 4.3 | 28.9 | 82.5 | 153.8 | 235.9 | 342.6 | 448.6 | 580.6 | 701.9 | 841.5 | 999.6 | 1181.9 | 1341.2 | 1513.3 | 1698.6 |
| 34 | 32.5 | 255.4 | 694.2 | 1279.1 | 2024.0 | 2871.7 | 3839.9 | 4907.7 | 6168.6 | 7324.8 | 8752.2 | 10209.0 | 11715.5 | 13182.4 | 14820.3 |
| 38 | 8.2 | 60.6 | 155.8 | 283.7 | 436.7 | 631.3 | 875.8 | 1098.7 | 1354.9 | 1611.6 | 1946.1 | 2265.0 | 2569.3 | 2905.3 | 3242.1 |
| 40 | 7.2 | 65.7 | 175.3 | 332.4 | 526.6 | 745.2 | 999.7 | 1273.3 | 1609.3 | 1939.8 | 2294.0 | 2621.1 | 3028.4 | 3447.7 | 3908.7 |
| 47 | 26.4 | 257.4 | 662.3 | 1246.8 | 1984.1 | 2827.8 | 3787.7 | 4838.2 | 6056.8 | 7301.5 | 8670.5 | 10045.9 | 11653.2 | 13129.1 | 14609.7 |
| 48 | 79.9 | 682.6 | 1812.5 | 3473.4 | 5435.7 | 7814.8 | 10580.6 | 13476.8 | 16745.2 | 20273.0 | 24162.6 | 27922.2 | 32187.8 | 36359.2 | 41109.4 |

Таблица 3. Дуб

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| 1 | 184.0 | 656.9 | 1943.7 | 3366.3 | 4724.3 | 5924.7 | 6854.9 | 7478.1 | 8227.8 | 8570.7 | 9084.2 | 9337.5 | 9736.1 | 9832.2 |
| 2 | 287.6 | 956.8 | 2974.9 | 5181.0 | 6979.4 | 8910.5 | 10305.4 | 11581.4 | 12401.0 | 13321.0 | 13774.5 | 14434.8 | 14733.7 | 14955.0 |
| 3 | 309.5 | 1079.6 | 3335.2 | 5699.4 | 7740.1 | 9637.4 | 11328.3 | 12669.3 | 13704.0 | 14313.4 | 15141.9 | 15580.5 | 16017.5 | 16284.2 |
| 4 | 462.9 | 1716.6 | 5681.1 | 10259.9 | 14415.8 | 18149.6 | 20869.9 | 23752.0 | 25875.6 | 27123.2 | 28588.9 | 29823.2 | 30342.4 | 31064.3 |
| 8 | 362.4 | 1252.3 | 3913.0 | 6713.2 | 9122.8 | 11462.9 | 13352.2 | 14924.3 | 15902.5 | 17127.0 | 17688.5 | 18616.8 | 18863.6 | 19153.8 |
| 9 | 378.3 | 1324.7 | 4227.7 | 7182.7 | 10177.1 | 12477.1 | 14773.8 | 16355.2 | 17991.3 | 18721.8 | 19811.2 | 20285.9 | 21087.9 | 21261.1 |
| 10 | 341.8 | 1322.5 | 3815.7 | 6580.8 | 9095.0 | 11351.1 | 13163.0 | 14771.2 | 15961.5 | 17022.8 | 17810.7 | 18523.6 | 18902.2 | 19407.4 |
| 12 | 384.0 | 1357.8 | 4008.0 | 6905.7 | 9362.8 | 11799.5 | 13625.2 | 15214.6 | 16179.1 | 17401.0 | 18093.4 | 18950.4 | 19326.7 | 19502.7 |
| 48 | 364.3 | 1365.5 | 4230.9 | 7311.9 | 10168.6 | 12890.2 | 14855.1 | 16755.9 | 18351.8 | 19221.1 | 20262.2 | 20788.5 | 21101.7 | 21817.1 |
| 50 | 186.1 | 587.1 | 1690.9 | 2832.9 | 3854.5 | 4773.2 | 5448.9 | 6076.5 | 6579.6 | 6857.4 | 7244.8 | | | |

Таблица 4. Ель

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| 1 | 1663.9 | 4941.7 | 14891.7 | 27819.5 | 41583.5 | 55437.6 | 69874.6 | 83787.5 | 97325.1 | 110091.4 | 122289.8 | 134245.8 | 145489.2 | 155840.0 | 167149.6 | 176155.8 |
| 2 | 1942.1 | 6348.0 | 20077.2 | 37681.4 | 56763.9 | 76877.6 | 96588.9 | 116148.2 | 134523.3 | 153186.6 | 169913.6 | 187468.5 | 201483.1 | 217628.3 | 231765.7 | 245709.1 |
| 5 | 354.0 | 978.3 | 2747.6 | 5012.1 | 7368.5 | 9888.0 | 12239.0 | 14702.8 | 17034.0 | 19287.6 | 21173.7 | 23442.4 | 25236.5 | 27181.1 | 28922.0 | 30563.2 |
| 6 | 954.0 | 3025.0 | 9157.4 | 17016.2 | 25536.8 | 34449.4 | 43168.2 | 52089.6 | 60490.1 | 68355.8 | 76141.4 | 83704.0 | 90432.7 | 97141.5 | 103555.0 | 109247.8 |
| 8 | 1506.6 | 4613.8 | 14464.3 | 26954.5 | 40832.0 | 54793.0 | 68778.3 | 82488.9 | 95994.8 | 109003.2 | 121034.0 | 133528.9 | 144256.4 | 155064.7 | 164913.3 | 174656.6 |
| 9 | 1425.1 | 4801.2 | 15390.2 | 28751.8 | 43727.7 | 58970.2 | 74173.1 | 89597.5 | 103784.8 | 117809.2 | 131339.9 | 143661.5 | 155697.8 | 167511.9 | 178461.5 | 189130.4 |
| 10 | 245.6 | 800.7 | 2566.8 | 4898.0 | 7398.3 | 10059.8 | 12603.1 | 15204.5 | 17746.0 | 20139.6 | 22379.8 | 24572.8 | 26537.0 | 28680.3 | 30450.0 | 32339.4 |
| 13 | 286.0 | 806.7 | 2161.3 | 3850.8 | 5603.4 | 7434.7 | 9276.5 | 11101.4 | 12738.3 | 14251.9 | 15957.3 | 17253.6 | 18674.4 | 20202.6 | 21373.8 | 22815.9 |
| 15 | 771.9 | 2342.7 | 6942.9 | 12604.3 | 18899.0 | 25513.6 | 31626.9 | 37891.6 | 44076.7 | 49629.9 | 55351.9 | 60803.8 | 65786.3 | 70694.3 | 74966.5 | 79755.8 |
| 16 | 841.7 | 2661.7 | 7858.4 | 14532.8 | 21677.5 | 29259.5 | 36419.6 | 43834.6 | 50587.0 | 57376.3 | 63775.3 | 69715.4 | 75768.8 | 81276.8 | 86520.3 | 91240.3 |
| 21 | 321.6 | 799.5 | 2142.7 | 3807.8 | 5613.8 | 7346.7 | 9078.3 | 10962.6 | 12540.5 | 14146.3 | 15615.4 | 17400.0 | 18680.5 | 20083.6 | 21233.9 | 22324.5 |
| 22 | 234.2 | 622.6 | 1765.5 | 3021.4 | 4457.4 | 5797.2 | 7208.5 | 8492.2 | 9971.7 | 11182.3 | 12381.8 | 13533.3 | 14564.4 | 15713.0 | 16715.2 | 17763.5 |
| 23 | 521.5 | 1628.0 | 4667.3 | 8594.9 | 12555.9 | 16754.9 | 21170.8 | 25050.7 | 29254.2 | 32774.6 | 36640.5 | 39793.9 | 43557.3 | 46820.9 | 49485.4 | 52721.2 |
| 24 | 1008.0 | 3020.5 | 9050.7 | 16548.1 | 24879.4 | 32997.1 | 41578.4 | 49359.2 | 57340.6 | 65220.4 | 72552.7 | 79672.6 | 86307.8 | 92255.4 | 98106.4 | 104260.2 |
| 28 | 755.2 | 2160.6 | 6611.1 | 11973.1 | 17765.2 | 23543.0 | 29701.4 | 35653.9 | 41066.1 | 46772.3 | 51800.9 | 56883.8 | 61468.5 | 65917.5 | 70017.5 | 74307.2 |
| 33 | 294.0 | 810.1 | 2358.5 | 4181.6 | 6183.5 | 8185.7 | 10258.8 | 12155.8 | 14017.1 | 15838.7 | 17605.4 | 19413.8 | 20927.2 | 22559.7 | 23867.6 | 25469.6 |
| 34 | 294.0 | 845.3 | 2498.4 | 4518.9 | 6656.4 | 8893.8 | 11074.8 | 13310.7 | 15389.5 | 17382.6 | 19381.8 | 21396.6 | 23031.1 | 24678.1 | 26347.0 | 27906.0 |
| 35 | 209.0 | 581.4 | 1631.9 | 2827.9 | 4195.4 | 5531.2 | 6887.9 | 8215.1 | 9462.9 | 10765.0 | 11962.1 | 13126.7 | 14159.6 | 15244.5 | 16273.2 | 17173.3 |
| 38 | 348.0 | 925.0 | 2626.6 | 4652.7 | 6770.5 | 9013.9 | 11206.8 | 13221.9 | 15280.5 | 17171.7 | 19272.7 | 21075.5 | 22710.5 | 24551.5 | 26004.4 | 27667.1 |
| 40 | 410.4 | 1117.7 | 3315.8 | 5900.6 | 8778.4 | 11633.7 | 14437.0 | 17330.5 | 20017.7 | 22581.9 | 25116.9 | 27439.0 | 29611.4 | | | |
| 41 | | | | | | | 24352.2 | 28322.6 | 32209.1 | 35786.7 | 39220.4 | 42630.0 | 45654.2 | 48909.9 | 51795.3 | |
| 47 | 468.9 | 1333.0 | 3991.8 | 7225.2 | 10906.7 | 14421.6 | 18000.5 | 21613.2 | 25112.6 | 28319.0 | 31672.1 | 34758.1 | 37633.4 | 40461.2 | 42995.7 | 45688.3 |
| 48 | 464.0 | 1317.5 | 4000.9 | 7217.3 | 10773.9 | 14352.1 | 18056.5 | 21506.9 | 24954.1 | 28139.8 | 31297.7 | 34301.8 | 37185.8 | 40032.6 | 42473.8 | 45111.1 |
| 50 | 1120.9 | 3337.6 | 9971.1 | 18094.4 | 27349.6 | 36245.6 | 45411.5 | 54473.0 | 63158.2 | 71591.9 | 79602.4 | 87183.2 | 94497.6 | 101432.6 | 107898.4 | 114481.0 |
| 51 | 917.7 | 2846.0 | 8685.8 | 15939.6 | 23974.4 | 32044.2 | 40164.6 | 48256.0 | 55927.0 | 63399.1 | 70360.7 | 77482.1 | 83863.7 | 89850.8 | 95700.0 | 101626.1 |

Таблица 5. Кедр сибирский

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| 24 | 1341 | 4115 | 6535 | 8689 | 10118 | 11062 | 11464 | 11671 | 11456 | 11122 | 10772 | 10229 | 9716 | 9146 | 8602 |
| 29 | 4634 | 12376 | 18907 | 24024 | 27499 | 29707 | 30848 | 30690 | 30561 | 29519 | 28513 | 26923 | 25771 | 24089 | 22771 |
| 34 | 3417 | 9284 | 14199 | 17945 | 20469 | 21713 | 22444 | 22515 | 22145 | 21393 | 20466 | 19557 | 18462 | 17517 | 16418 |
| 41 | 1234 | 3780 | 6197 | 8232 | 9640 | 10531 | 11039 | 11121 | 10938 | 10772 | 11271 | 8971 | 9424 | 8929 | 8342 |
| 42 | 1962 | 5901 | 10045 | 13501 | 16074 | 18207 | 18826 | 19300 | 19177 | 18888 | 18160 | 17313 | 16482 | 15558 | 14645 |
| 48 | 2969 | 9078 | 15040 | 19847 | 23724 | 26075 | 27557 | 28024 | 27780 | 27010 | 26129 | 25014 | 23703 | 22429 | 20872 |

Таблица 6. Пихта

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 17 | 925.4 | 4094.4 | 15967.0 | 31566.7 | 49270.1 | 66666.7 | 84601.5 | 101906.5 | 118606.7 | 134315.8 | 148270.7 | 160615.4 | 174552.4 | 185600.0 | 197333.3 |
| 24 | 292.7 | 1181.6 | 4368.4 | 8517.5 | 12909.6 | 17400.0 | 21895.1 | 26264.2 | 30346.0 | 34117.6 | 37727.1 | 41113.9 | 44112.7 | 47481.9 | 49807.9 |
| 28 | 305.0 | 1337.4 | 4847.8 | 9477.3 | 14650.5 | 19562.9 | 24627.7 | 29551.3 | 33668.9 | 38255.3 | 42310.0 | 45924.9 | 49587.8 | 53389.1 | 56146.1 |
| 29 | 736.2 | 3222.8 | 12049.2 | 23343.5 | 35707.8 | 48356.6 | 61551.0 | 73145.1 | 85246.5 | 95826.1 | 105585.1 | 115188.8 | 124156.3 | 132429.2 | 140507.0 |
| 35 | 289.8 | 1266.8 | 4634.7 | 8984.6 | 13759.5 | 18675.7 | 23437.8 | 28159.4 | 32208.2 | 36415.2 | 40231.2 | 43830.6 | 47072.5 | 49912.4 | 53694.3 |
| 40 | 168.3 | 697.7 | 2479.6 | 4789.0 | 7196.6 | 9631.1 | 12062.1 | 14354.5 | 16505.9 | 18442.4 | 20506.6 | 22307.7 | 24198.7 | 25637.7 | 26998.0 |
| 42 | 511.6 | 2354.0 | 8831.4 | 17078.1 | 26233.2 | 35562.0 | 44784.8 | 53468.8 | 62084.5 | 70109.9 | 77333.3 | 83914.9 | 91338.6 | 96834.8 | 103847.6 |
| 43 | 94.4 | 433.8 | 1626.9 | 3034.7 | 4691.6 | 6435.5 | 7913.8 | 9773.8 | 11076.9 | 12172.8 | 13936.4 | 14788.8 | 16424.8 | 16975.6 | 18510.6 |
| 47 | 264.9 | 1185.4 | 4231.3 | 8230.6 | 12591.5 | 17139.5 | 21445.4 | 25511.3 | 29650.2 | 33446.9 | 36869.6 | 39973.0 | 43091.9 | 45827.2 | 48704.3 |
| 48 | 292.7 | 1274.4 | 4640.0 | 9119.6 | 13958.5 | 18779.4 | 23586.0 | 28266.7 | 32689.5 | 36807.7 | 40791.2 | 44578.5 | 48000.0 | 50969.7 | 53983.4 |

Таблица 7. Сосна

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 595 | 1059 | 2158 | 3390 | 4733 | 6053 | 7627 | 8972 | 10599 | 12154 | 13671 | 15287 | 16954 | 18591 | 20136 |
| 2 | 1513 | 2999 | 6797 | 11020 | 15645 | 20609 | 25666 | 30997 | 36468 | 42038 | 47713 | 53119 | 58870 | 64499 | 70528 |
| 5 | 796 | 1505 | 3334 | 5358 | 7604 | 9907 | 12300 | 14781 | 17457 | 19964 | 22433 | 25289 | 28080 | 30772 | 33596 |
| 6 | 1760 | 3598 | 7876 | 12832 | 18099 | 23833 | 29812 | 35990 | 42141 | 48460 | 54813 | 61177 | 67907 | 74820 | 81308 |
| 8 | 1077 | 2188 | 4878 | 7978 | 11254 | 14764 | 18405 | 22166 | 26004 | 29925 | 33862 | 37829 | 42050 | 46250 | 50267 |
| 9 | 1792 | 3636 | 8316 | 13706 | 19406 | 25552 | 32021 | 38717 | 45561 | 52423 | 59245 | 66547 | 73612 | 80704 | 87892 |
| 10 | 2072 | 4220 | 9579 | 15744 | 22339 | 29466 | 36709 | 44451 | 51806 | 60103 | 68160 | 76282 | 84499 | 92800 | 101261 |
| 12 | 2064 | 4113 | 9011 | 14849 | 21080 | 27639 | 34490 | 41398 | 48395 | 55983 | 63912 | 70803 | 78721 | 86718 | 94061 |
| 13 | 518 | 948 | 1930 | 3040 | 4308 | 5610 | 6833 | 8341 | 9743 | 11116 | 12576 | 13983 | 15447 | 17109 | 18715 |
| 15 | 1004 | 1974 | 4253 | 6792 | 9717 | 12532 | 15689 | 18697 | 21944 | 25585 | 28979 | 32244 | 35701 | 39350 | 42533 |
| 16 | 1358 | 2842 | 6306 | 10275 | 14742 | 19272 | 24111 | 29121 | 34100 | 39167 | 44329 | 49525 | 55100 | 60508 | 65733 |
| 18 | 1296 | 2515 | 5639 | 9270 | 13030 | 17186 | 21296 | 25953 | 30228 | 34841 | 39469 | 44383 | 48964 | 53650 | 58490 |
| 20 | 1476 | 3032 | 6583 | 10692 | 15111 | 19771 | 24772 | 29625 | 34583 | 39883 | 45476 | 50543 | 56089 | 61557 | 66830 |
| 22 | 840 | 1466 | 3104 | 4874 | 6921 | 8848 | 11107 | 13272 | 15712 | 17941 | 20240 | 22639 | 25133 | 27385 | 29843 |
| 23 | 1037 | 1938 | 4218 | 6722 | 9585 | 12292 | 15457 | 18637 | 21871 | 25095 | 28443 | 31674 | 35200 | 38667 | 41923 |
| 24 | 588 | 1171 | 2548 | 4168 | 5777 | 7587 | 9481 | 11382 | 13392 | 15317 | 17345 | 19333 | 21501 | 23599 | 25579 |
| 28 | 998 | 1845 | 4016 | 6339 | 8973 | 11636 | 14465 | 17420 | 20372 | 23314 | 26505 | 29784 | 32874 | 36021 | 39509 |
| 29 | 903 | 1664 | 3654 | 5899 | 8375 | 10889 | 13574 | 16305 | 19232 | 21976 | 24904 | 27734 | 30962 | 34007 | 36965 |
| 30 | 1854 | 3822 | 8570 | 14078 | 19997 | 26383 | 33000 | 39843 | 46708 | 53673 | 60819 | 68213 | 75835 | 83092 | 90222 |
| 31 | 767 | 1494 | 3250 | 5192 | 7431 | 9659 | 11959 | 14467 | 16895 | 19461 | 22003 | 24646 | 27100 | 29904 | 32599 |
| 33 | 1259 | 2318 | 4990 | 7882 | 10987 | 14176 | 17696 | 21216 | 24879 | 28813 | 32480 | 36269 | 40338 | 43779 | 48185 |
| 34 | 632 | 1244 | 2672 | 4328 | 6122 | 7924 | 9847 | 11790 | 13910 | 15962 | 17980 | 20090 | 22330 | 24513 | 26637 |
| 35 | 537 | 1122 | 2446 | 3972 | 5592 | 7359 | 9173 | 11070 | 12841 | 14801 | 16884 | 18784 | 20792 | 22836 | 24842 |
| 38 | 517 | 886 | 1887 | 2982 | 4149 | 5330 | 6609 | 7968 | 9211 | 10659 | 11954 | 13393 | 14759 | 16330 | 17715 |
| 39 | 983 | 1845 | 3919 | 6302 | 8891 | 11483 | 14385 | 17247 | 20300 | 23200 | 26067 | 29458 | 32376 | 35692 | 39038 |
| 40 | 556 | 1109 | 2427 | 3978 | 5625 | 7414 | 9159 | 11084 | 13001 | 14853 | 16969 | 18912 | 20853 | 22896 | 25004 |
| 42 | 821 | 1586 | 3551 | 5776 | 8136 | 10691 | 13415 | 16075 | 18843 | 21701 | 24655 | 27556 | 30559 | 33357 | 36494 |
| 43 | 1542 | 3144 | 6894 | 11228 | 16121 | 21172 | 26290 | 31741 | 37465 | 42766 | 48599 | 54431 | 60643 | 66596 | 72406 |

Таблица 8. Лиственница

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 2 | 1126 | 3964 | 10615 | 16894 | 22561 | 27520 | 31888 | 35794 | 39290 | 42371 | 45179 | 47726 | 49969 | 52152 | 54133 |
| 7 | 847 | 3016 | 8114 | 12970 | 17291 | 21134 | 24538 | 27537 | 30207 | 32653 | 34824 | 36850 | 38667 | 40225 | 41734 |
| 11 | 550 | 1924 | 5076 | 8065 | 10701 | 12986 | 15030 | 16892 | 18489 | 19932 | 21267 | 22421 | 23536 | 24549 | 25405 |
| 14 | 377 | 1365 | 3732 | 6007 | 8040 | 9862 | 11450 | 12882 | 14186 | 15346 | 16363 | 17292 | 18166 | 18916 | 19640 |
| 19 | 1107 | 3971 | 10756 | 17220 | 22994 | 28139 | 32666 | 36688 | 40295 | 43557 | 46400 | 49113 | 51539 | 53818 | 55814 |
| 23 | 312 | 1167 | 3271 | 5323 | 7188 | 8843 | 10331 | 11629 | 12833 | 13898 | 14835 | 15736 | 16537 | 17243 | 17945 |
| 26 | 83 | 321 | 930 | 1537 | 2101 | 2600 | 3041 | 3445 | 3799 | | | | | | |
| 27 | 62 | 260 | 802 | 1361 | 1877 | 2355 | 2786 | 3204 | 3519 | | | | | | |
| 36 | 105 | 423 | 1268 | 2137 | 2938 | 3682 | 4358 | 4931 | 5441 | 5935 | 6382 | 6746 | 7166 | 7443 | 7768 |
| 37 | 30 | 129 | 405 | 696 | 972 | 1233 | 1464 | 1663 | 1867 | 2047 | 2208 | 2342 | 2465 | 2560 | 2690 |
| 38 | 76 | 308 | 916 | 1538 | 2116 | 2631 | 3103 | 3535 | 3913 | 4244 | 4576 | 4846 | 5113 | 5335 | 5569 |
| 39 | 311 | 1224 | 3577 | 5938 | 8099 | 10049 | 11847 | 13340 | 14764 | 16090 | 17262 | 18348 | 19251 | 20189 | 20937 |
| 40 | 263 | 992 | 2796 | 4573 | 6200 | 7629 | 8923 | 10070 | 11120 | 12053 | 12882 | 13647 | 14334 | 14937 | 15552 |
| 43 | 437 | 1651 | 4659 | 7627 | 10299 | 12712 | 14841 | 16764 | 18480 | 20022 | 21372 | 22662 | 23782 | 24895 | 25873 |
| 44 | 203 | 784 | 2251 | 3721 | 5058 | 6263 | 7337 | 8296 | 9158 | 9965 | 10653 | 11300 | 11900 | 12434 | 12895 |
| 45 | 142 | 572 | 1691 | 2841 | 3886 | 4842 | 5715 | 2809 | 2973 | 3065 | 3142 | 3158 | 3118 | 3026 | 2954 |
| 46 | 69 | 295 | 905 | 1553 | 2148 | 2712 | 3214 | 3651 | 4055 | 4437 | 4783 | 5084 | 5334 | 5596 | 5844 |
| 49 | 316 | 1133 | 3055 | 4896 | 6548 | 8004 | 9280 | 10446 | 11456 | 12399 | 13201 | 13979 | 14672 | 15270 | 15852 |

Число хвое- и листогрызущих вредителей на одно дерево, достаточное для полного объедания (75% и более) и рассчитанное на основе таблиц фитомасс Усольцава

Таблица 9. Сибирский шелкопряд на лиственнице (гусеницы 1...3 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 2 | 893 | 3146 | 8425 | 13408 | 17905 | 21841 | 25308 | 28408 | 31183 | 33628 | 35856 | 37878 | 39658 | 41391 | 42963 |
| 7 | 672 | 2393 | 6439 | 10294 | 13723 | 16773 | 19475 | 21855 | 23974 | 25915 | 27638 | 29246 | 30688 | 31925 | 33123 |
| 11 | 437 | 1527 | 4029 | 6401 | 8493 | 10306 | 11929 | 13406 | 14674 | 15819 | 16878 | 17795 | 18680 | 19483 | 20163 |
| 14 | 299 | 1083 | 2962 | 4767 | 6381 | 7827 | 9087 | 10224 | 11259 | 12180 | 12987 | 13724 | 14417 | 15013 | 15587 |
| 19 | 879 | 3152 | 8537 | 13667 | 18249 | 22332 | 25926 | 29118 | 31980 | 34569 | 36825 | 38979 | 40904 | 42712 | 44297 |
| 23 | 248 | 926 | 2596 | 4225 | 5704 | 7018 | 8199 | 9230 | 10185 | 11030 | 11774 | 12489 | 13124 | 13685 | 14242 |
| 26 | 66 | 255 | 738 | 1220 | 1667 | 2064 | 2414 | 2734 | 3015 | | | | | | |
| 27 | 49 | 207 | 636 | 1081 | 1490 | 1869 | 2211 | 2543 | 2793 | | | | | | |
| 36 | 83 | 336 | 1006 | 1696 | 2332 | 2922 | 3459 | 3913 | 4318 | 4710 | 5065 | 5354 | 5687 | 5907 | 6165 |
| 37 | 24 | 103 | 321 | 553 | 771 | 978 | 1162 | 1320 | 1482 | 1625 | 1752 | 1859 | 1956 | 2032 | 2135 |
| 38 | 60 | 245 | 727 | 1221 | 1680 | 2088 | 2463 | 2805 | 3106 | 3369 | 3632 | 3846 | 4058 | 4234 | 4420 |
| 39 | 247 | 972 | 2839 | 4713 | 6428 | 7975 | 9402 | 10587 | 11717 | 12770 | 13700 | 14562 | 15279 | 16023 | 16616 |
| 40 | 209 | 788 | 2219 | 3629 | 4920 | 6055 | 7082 | 7992 | 8825 | 9566 | 10224 | 10831 | 11376 | 11855 | 12343 |
| 43 | 347 | 1310 | 3698 | 6053 | 8174 | 10089 | 11779 | 13305 | 14667 | 15890 | 16962 | 17986 | 18875 | 19758 | 20534 |
| 44 | 161 | 622 | 1787 | 2953 | 4015 | 4971 | 5823 | 6584 | 7268 | 7908 | 8454 | 8968 | 9444 | 9869 | 10234 |
| 45 | 113 | 454 | 1342 | 2254 | 3084 | 3843 | 4536 | 2229 | 2360 | 2433 | 2494 | 2507 | 2475 | 2402 | 2344 |
| 46 | 55 | 234 | 718 | 1232 | 1705 | 2153 | 2551 | 2898 | 3218 | 3521 | 3796 | 4035 | 4234 | 4441 | 4638 |
| 49 | 251 | 899 | 2425 | 3886 | 5197 | 6353 | 7365 | 8290 | 9092 | 9841 | 10477 | 11095 | 11644 | 12119 | 12581 |

Таблица 10. Сибирский шелкопряд на лиственнице (гусеницы 4...6 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 2 | 89 | 315 | 844 | 1343 | 1793 | 2188 | 2535 | 2845 | 3123 | 3368 | 3591 | 3794 | 3972 | 4146 | 4303 |
| 7 | 67 | 240 | 645 | 1031 | 1374 | 1680 | 1951 | 2189 | 2401 | 2596 | 2768 | 2929 | 3074 | 3198 | 3318 |
| 11 | 44 | 153 | 404 | 641 | 851 | 1032 | 1195 | 1343 | 1470 | 1584 | 1691 | 1782 | 1871 | 1951 | 2019 |
| 14 | 30 | 108 | 297 | 478 | 639 | 784 | 910 | 1024 | 1128 | 1220 | 1301 | 1375 | 1444 | 1504 | 1561 |
| 19 | 88 | 316 | 855 | 1369 | 1828 | 2237 | 2597 | 2916 | 3203 | 3462 | 3688 | 3904 | 4097 | 4278 | 4437 |
| 23 | 25 | 93 | 260 | 423 | 571 | 703 | 821 | 924 | 1020 | 1105 | 1179 | 1251 | 1315 | 1371 | 1426 |
| 26 | 7 | 26 | 74 | 122 | 167 | 207 | 242 | 274 | 302 | | | | | | |
| 27 | 5 | 21 | 64 | 108 | 149 | 187 | 221 | 255 | 280 | | | | | | |
| 36 | 8 | 34 | 101 | 170 | 234 | 293 | 346 | 392 | 433 | 472 | 507 | 536 | 570 | 592 | 617 |
| 37 | 2 | 10 | 32 | 55 | 77 | 98 | 116 | 132 | 148 | 163 | 175 | 186 | 196 | 204 | 214 |
| 38 | 6 | 24 | 73 | 122 | 168 | 209 | 247 | 281 | 311 | 337 | 364 | 385 | 406 | 424 | 443 |

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 39 | 25 | 97 | 284 | 472 | 644 | 799 | 942 | 1060 | 1174 | 1279 | 1372 | 1458 | 1530 | 1605 | 1664 |
| 40 | 21 | 79 | 222 | 364 | 493 | 606 | 709 | 800 | 884 | 958 | 1024 | 1085 | 1139 | 1187 | 1236 |
| 43 | 35 | 131 | 370 | 606 | 819 | 1011 | 1180 | 1333 | 1469 | 1592 | 1699 | 1801 | 1890 | 1979 | 2057 |
| 44 | 16 | 62 | 179 | 296 | 402 | 498 | 583 | 659 | 728 | 792 | 847 | 898 | 946 | 988 | 1025 |
| 45 | 11 | 45 | 134 | 226 | 309 | 385 | 454 | 223 | 236 | 244 | 250 | 251 | 248 | 241 | 235 |
| 46 | 6 | 23 | 72 | 123 | 171 | 216 | 255 | 290 | 322 | 353 | 380 | 404 | 424 | 445 | 465 |
| 49 | 25 | 90 | 243 | 389 | 520 | 636 | 738 | 830 | 911 | 986 | 1049 | 1111 | 1166 | 1214 | 1260 |

Таблица 11. Сибирский шелкопряд на лиственнице (гусеницы 6...7 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 2 | 33 | 115 | 309 | 492 | 657 | 801 | 929 | 1042 | 1144 | 1234 | 1316 | 1390 | 1455 | 1519 | 1576 |
| 7 | 25 | 88 | 236 | 378 | 504 | 615 | 715 | 802 | 880 | 951 | 1014 | 1073 | 1126 | 1171 | 1215 |
| 11 | 16 | 56 | 148 | 235 | 312 | 378 | 438 | 492 | 538 | 580 | 619 | 653 | 685 | 715 | 740 |
| 14 | 11 | 40 | 109 | 175 | 234 | 287 | 333 | 375 | 413 | 447 | 477 | 504 | 529 | 551 | 572 |
| 19 | 32 | 116 | 313 | 501 | 670 | 819 | 951 | 1068 | 1173 | 1268 | 1351 | 1430 | 1501 | 1567 | 1625 |
| 23 | 9 | 34 | 95 | 155 | 209 | 258 | 301 | 339 | 374 | 405 | 432 | 458 | 482 | 502 | 523 |
| 26 | 2 | 9 | 27 | 45 | 61 | 76 | 89 | 100 | 111 | | | | | | |
| 27 | 2 | 8 | 23 | 40 | 55 | 69 | 81 | 93 | 102 | | | | | | |
| 36 | 3 | 12 | 37 | 62 | 86 | 107 | 127 | 144 | 158 | 173 | 186 | 196 | 209 | 217 | 226 |
| 37 | 1 | 4 | 12 | 20 | 28 | 36 | 43 | 48 | 54 | 60 | 64 | 68 | 72 | 75 | 78 |
| 38 | 2 | 9 | 27 | 45 | 62 | 77 | 90 | 103 | 114 | 124 | 133 | 141 | 149 | 155 | 162 |
| 39 | 9 | 36 | 104 | 173 | 236 | 293 | 345 | 388 | 430 | 469 | 503 | 534 | 561 | 588 | 610 |
| 40 | 8 | 29 | 81 | 133 | 181 | 222 | 260 | 293 | 324 | 351 | 375 | 397 | 417 | 435 | 453 |
| 43 | 13 | 48 | 136 | 222 | 300 | 370 | 432 | 488 | 538 | 583 | 622 | 660 | 693 | 725 | 753 |
| 44 | 6 | 23 | 66 | 108 | 147 | 182 | 214 | 242 | 267 | 290 | 310 | 329 | 347 | 362 | 376 |
| 45 | 4 | 17 | 49 | 83 | 113 | 141 | 166 | 82 | 87 | 89 | 92 | 92 | 91 | 88 | 86 |
| 46 | 2 | 9 | 26 | 45 | 63 | 79 | 94 | 106 | 118 | 129 | 139 | 148 | 155 | 163 | 170 |
| 49 | 9 | 33 | 89 | 143 | 191 | 233 | 270 | 304 | 334 | 361 | 384 | 407 | 427 | 445 | 462 |

Таблица 12. Сибирский шелкопряд на пихте (гусеницы 1...3 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 17 | 734 | 3250 | 12672 | 25053 | 39103 | 52910 | 67144 | 80878 | 94132 | 106600 | 117675 | 127473 | 138534 | 147302 | 156614 |
| 24 | 232 | 938 | 3467 | 6760 | 10246 | 13810 | 17377 | 20845 | 24084 | 27077 | 29942 | 32630 | 35010 | 37684 | 39530 |
| 28 | 242 | 1061 | 3847 | 7522 | 11627 | 15526 | 19546 | 23453 | 26721 | 30361 | 33579 | 36448 | 39355 | 42372 | 44560 |
| 29 | 584 | 2558 | 9563 | 18527 | 28340 | 38378 | 48850 | 58052 | 67656 | 76052 | 83798 | 91420 | 98537 | 105103 | 111514 |
| 35 | 230 | 1005 | 3678 | 7131 | 10920 | 14822 | 18601 | 22349 | 25562 | 28901 | 31930 | 34786 | 37359 | 39613 | 42615 |
| 40 | 134 | 554 | 1968 | 3801 | 5712 | 7644 | 9573 | 11392 | 13100 | 14637 | 16275 | 17705 | 19205 | 20347 | 21427 |
| 42 | 406 | 1868 | 7009 | 13554 | 20820 | 28224 | 35544 | 42436 | 49273 | 55643 | 61376 | 66599 | 72491 | 76853 | 82419 |
| 43 | 75 | 344 | 1291 | 2408 | 3723 | 5108 | 6281 | 7757 | 8791 | 9661 | 11061 | 11737 | 13036 | 13473 | 14691 |
| 47 | 210 | 941 | 3358 | 6532 | 9993 | 13603 | 17020 | 20247 | 23532 | 26545 | 29262 | 31725 | 34200 | 36371 | 38654 |
| 48 | 232 | 1011 | 3683 | 7238 | 11078 | 14904 | 18719 | 22434 | 25944 | 29212 | 32374 | 35380 | 38095 | 40452 | 42844 |

Таблица 13. Сибирский шелкопряд на пихте (гусеницы 4...5 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 17 | 74 | 325 | 1269 | 2509 | 3917 | 5299 | 6725 | 8101 | 9428 | 10677 | 11786 | 12768 | 13875 | 14754 | 15686 |
| 24 | 23 | 94 | 347 | 677 | 1026 | 1383 | 1740 | 2088 | 2412 | 2712 | 2999 | 3268 | 3507 | 3774 | 3959 |
| 28 | 24 | 106 | 385 | 753 | 1165 | 1555 | 1958 | 2349 | 2676 | 3041 | 3363 | 3651 | 3942 | 4244 | 4463 |
| 29 | 59 | 256 | 958 | 1856 | 2838 | 3844 | 4893 | 5814 | 6776 | 7617 | 8393 | 9157 | 9869 | 10527 | 11169 |
| 35 | 23 | 101 | 368 | 714 | 1094 | 1485 | 1863 | 2238 | 2560 | 2895 | 3198 | 3484 | 3742 | 3968 | 4268 |
| 40 | 13 | 55 | 197 | 381 | 572 | 766 | 959 | 1141 | 1312 | 1466 | 1630 | 1773 | 1924 | 2038 | 2146 |
| 42 | 41 | 187 | 702 | 1358 | 2085 | 2827 | 3560 | 4250 | 4935 | 5573 | 6147 | 6671 | 7261 | 7698 | 8255 |
| 43 | 8 | 34 | 129 | 241 | 373 | 512 | 629 | 777 | 881 | 968 | 1108 | 1176 | 1306 | 1349 | 1471 |
| 47 | 21 | 94 | 336 | 654 | 1001 | 1362 | 1705 | 2028 | 2357 | 2659 | 2931 | 3178 | 3425 | 3643 | 3872 |
| 48 | 23 | 101 | 369 | 725 | 1110 | 1493 | 1875 | 2247 | 2599 | 2926 | 3243 | 3544 | 3816 | 4052 | 4291 |

Таблица 14. Сибирский шелкопряд на пихте (гусеницы 6...7 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 17 | 27 | 119 | 465 | 919 | 1435 | 1941 | 2464 | 2968 | 3454 | 3911 | 4318 | 4677 | 5083 | 5405 | 5746 |
| 24 | 9 | 34 | 127 | 248 | 376 | 507 | 638 | 765 | 884 | 994 | 1099 | 1197 | 1285 | 1383 | 1450 |
| 28 | 9 | 39 | 141 | 276 | 427 | 570 | 717 | 861 | 980 | 1114 | 1232 | 1337 | 1444 | 1555 | 1635 |
| 29 | 21 | 94 | 351 | 680 | 1040 | 1408 | 1792 | 2130 | 2482 | 2791 | 3075 | 3354 | 3615 | 3856 | 4092 |
| 35 | 8 | 37 | 135 | 262 | 401 | 544 | 683 | 820 | 938 | 1060 | 1172 | 1276 | 1371 | 1453 | 1564 |
| 40 | 5 | 20 | 72 | 139 | 210 | 280 | 351 | 418 | 481 | 537 | 597 | 650 | 705 | 747 | 786 |
| 42 | 15 | 69 | 257 | 497 | 764 | 1036 | 1304 | 1557 | 1808 | 2042 | 2252 | 2444 | 2660 | 2820 | 3024 |
| 43 | 3 | 13 | 47 | 88 | 137 | 187 | 230 | 285 | 323 | 354 | 406 | 431 | 478 | 494 | 539 |
| 47 | 8 | 35 | 123 | 240 | 367 | 499 | 625 | 743 | 863 | 974 | 1074 | 1164 | 1255 | 1335 | 1418 |
| 48 | 9 | 37 | 135 | 266 | 406 | 547 | 687 | 823 | 952 | 1072 | 1188 | 1298 | 1398 | 1484 | 1572 |

Таблица 15. Сибирский шелкопряд на сибирском кедре (гусеницы 1...3 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| 24 | 1064 | 3266 | 5187 | 6896 | 8030 | 8779 | 9098 | 9262 | 9092 | 8827 | 8549 | 8118 | 7711 | 7259 | 6827 |
| 29 | 3678 | 9822 | 15006 | 19067 | 21825 | 23577 | 24483 | 24357 | 24255 | 23428 | 22630 | 21368 | 20453 | 19118 | 18072 |
| 34 | 2712 | 7368 | 11269 | 14242 | 16245 | 17233 | 17812 | 17869 | 17575 | 16979 | 16243 | 15521 | 14653 | 13903 | 13031 |
| 41 | 979 | 3000 | 4918 | 6534 | 7651 | 8358 | 8762 | 8826 | 8681 | 8549 | 8945 | 7120 | 7479 | 7087 | 6621 |
| 42 | 1557 | 4683 | 7973 | 10715 | 12757 | 14450 | 14941 | 15318 | 15220 | 14991 | 14412 | 13741 | 13081 | 12348 | 11623 |
| 48 | 2356 | 7205 | 11937 | 15752 | 18829 | 20694 | 21870 | 22241 | 22048 | 21436 | 20737 | 19853 | 18812 | 17801 | 16565 |

Таблица 16. Сибирский шелкопряд на сибирском кедре (гусеницы 4...6 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| 24 | 107 | 327 | 520 | 691 | 804 | 879 | 911 | 928 | 911 | 884 | 856 | 813 | 772 | 727 | 684 |
| 29 | 368 | 984 | 1503 | 1910 | 2186 | 2361 | 2452 | 2440 | 2429 | 2346 | 2267 | 2140 | 2049 | 1915 | 1810 |
| 34 | 272 | 738 | 1129 | 1426 | 1627 | 1726 | 1784 | 1790 | 1760 | 1701 | 1627 | 1555 | 1468 | 1392 | 1305 |
| 41 | 98 | 300 | 493 | 654 | 766 | 837 | 878 | 884 | 869 | 856 | 896 | 713 | 749 | 710 | 663 |
| 42 | 156 | 469 | 799 | 1073 | 1278 | 1447 | 1497 | 1534 | 1524 | 1501 | 1444 | 1376 | 1310 | 1237 | 1164 |
| 48 | 236 | 722 | 1196 | 1578 | 1886 | 2073 | 2191 | 2228 | 2208 | 2147 | 2077 | 1988 | 1884 | 1783 | 1659 |

Таблица 17. Сибирский шелкопряд на сибирском кедре (гусеницы 6...7 возраста)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| 24 | 39 | 120 | 190 | 253 | 295 | 322 | 334 | 340 | 334 | 324 | 314 | 298 | 283 | 266 | 250 |
| 29 | 135 | 360 | 551 | 700 | 801 | 865 | 898 | 894 | 890 | 860 | 830 | 784 | 750 | 701 | 663 |
| 34 | 99 | 270 | 413 | 523 | 596 | 632 | 654 | 656 | 645 | 623 | 596 | 570 | 538 | 510 | 478 |
| 41 | 36 | 110 | 180 | 240 | 281 | 307 | 321 | 324 | 319 | 314 | 328 | 261 | 274 | 260 | 243 |
| 42 | 57 | 172 | 293 | 393 | 468 | 530 | 548 | 562 | 558 | 550 | 529 | 504 | 480 | 453 | 426 |
| 48 | 86 | 264 | 438 | 578 | 691 | 759 | 802 | 816 | 809 | 787 | 761 | 728 | 690 | 653 | 608 |

Таблица 18. Сосновый шелкопряд на сосне обыкновенной (гусеницы 1...3 возраста)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 794 | 1414 | 2881 | 4526 | 6319 | 8081 | 10183 | 11978 | 14151 | 16228 | 18253 | 20410 | 22635 | 24821 | 26884 |
| 2 | 2020 | 4004 | 9074 | 14714 | 20887 | 27516 | 34267 | 41384 | 48689 | 56126 | 63703 | 70920 | 78598 | 86114 | 94163 |
| 5 | 1062 | 2009 | 4451 | 7154 | 10152 | 13227 | 16422 | 19734 | 23308 | 26654 | 29951 | 33763 | 37490 | 41084 | 44855 |
| 6 | 2350 | 4804 | 10516 | 17132 | 24165 | 31820 | 39802 | 48050 | 56263 | 64699 | 73182 | 81678 | 90663 | 99893 | 108556 |
| 8 | 1438 | 2921 | 6512 | 10651 | 15025 | 19711 | 24572 | 29595 | 34718 | 39953 | 45210 | 50505 | 56142 | 61749 | 67112 |
| 9 | 2393 | 4855 | 11103 | 18299 | 25909 | 34115 | 42751 | 51692 | 60830 | 69991 | 79099 | 88848 | 98280 | 107749 | 117346 |
| 10 | 2766 | 5634 | 12789 | 21020 | 29825 | 39340 | 49010 | 59347 | 69167 | 80244 | 91001 | 101845 | 112816 | 123899 | 135195 |
| 12 | 2756 | 5491 | 12031 | 19825 | 28145 | 36901 | 46048 | 55271 | 64612 | 74743 | 85330 | 94530 | 105102 | 115779 | 125582 |
| 13 | 691 | 1266 | 2577 | 4058 | 5752 | 7490 | 9123 | 11137 | 13008 | 14841 | 16791 | 18669 | 20623 | 22843 | 24986 |
| 15 | 1341 | 2636 | 5678 | 9068 | 12973 | 16731 | 20947 | 24963 | 29298 | 34159 | 38690 | 43049 | 47665 | 52537 | 56787 |
| 16 | 1813 | 3795 | 8419 | 13718 | 19682 | 25731 | 32191 | 38880 | 45528 | 52292 | 59184 | 66122 | 73565 | 80785 | 87761 |
| 18 | 1730 | 3358 | 7528 | 12376 | 17396 | 22946 | 28433 | 34650 | 40358 | 46517 | 52695 | 59256 | 65372 | 71629 | 78091 |
| 20 | 1970 | 4048 | 8790 | 14275 | 20175 | 26397 | 33074 | 39552 | 46172 | 53249 | 60716 | 67480 | 74886 | 82186 | 89225 |
| 22 | 1122 | 1957 | 4144 | 6508 | 9241 | 11814 | 14829 | 17720 | 20977 | 23954 | 27022 | 30226 | 33556 | 36562 | 39844 |

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 23 | 1384 | 2588 | 5631 | 8975 | 12797 | 16412 | 20637 | 24883 | 29200 | 33505 | 37974 | 42289 | 46996 | 51624 | 55972 |
| 24 | 785 | 1564 | 3402 | 5564 | 7713 | 10129 | 12658 | 15196 | 17880 | 20450 | 23158 | 25812 | 28706 | 31507 | 34152 |
| 28 | 1333 | 2464 | 5362 | 8464 | 11979 | 15536 | 19312 | 23257 | 27199 | 31127 | 35387 | 39765 | 43891 | 48092 | 52749 |
| 29 | 1205 | 2221 | 4878 | 7876 | 11182 | 14538 | 18123 | 21769 | 25677 | 29340 | 33250 | 37028 | 41338 | 45403 | 49352 |
| 30 | 2475 | 5102 | 11442 | 18796 | 26698 | 35224 | 44059 | 53196 | 62361 | 71660 | 81200 | 91072 | 101248 | 110938 | 120457 |
| 31 | 1024 | 1995 | 4340 | 6932 | 9921 | 12896 | 15966 | 19315 | 22557 | 25982 | 29376 | 32906 | 36181 | 39925 | 43523 |
| 33 | 1680 | 3095 | 6662 | 10524 | 14669 | 18927 | 23626 | 28325 | 33217 | 38468 | 43364 | 48423 | 53855 | 58449 | 64332 |
| 34 | 844 | 1661 | 3567 | 5778 | 8174 | 10580 | 13146 | 15741 | 18571 | 21311 | 24005 | 26822 | 29813 | 32728 | 35563 |
| 35 | 717 | 1498 | 3266 | 5303 | 7466 | 9825 | 12248 | 14779 | 17145 | 19761 | 22542 | 25079 | 27759 | 30489 | 33168 |
| 38 | 690 | 1182 | 2520 | 3981 | 5540 | 7116 | 8823 | 10638 | 12298 | 14230 | 15960 | 17881 | 19705 | 21803 | 23652 |
| 39 | 1312 | 2463 | 5233 | 8413 | 11871 | 15331 | 19206 | 23027 | 27103 | 30975 | 34803 | 39330 | 43226 | 47653 | 52121 |
| 40 | 742 | 1480 | 3240 | 5311 | 7511 | 9898 | 12228 | 14799 | 17357 | 19831 | 22656 | 25250 | 27841 | 30568 | 33384 |
| 42 | 1097 | 2118 | 4740 | 7712 | 10862 | 14274 | 17910 | 21462 | 25158 | 28973 | 32917 | 36790 | 40799 | 44536 | 48724 |
| 43 | 2058 | 4198 | 9204 | 14990 | 21523 | 28268 | 35100 | 42377 | 50020 | 57098 | 64885 | 72671 | 80965 | 88913 | 96671 |

Таблица 19. Сосновый шелкопряд на сосне обыкновенной (гусеницы 4...7 возраста)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 28 | 50 | 102 | 161 | 224 | 287 | 361 | 425 | 502 | 576 | 648 | 724 | 803 | 881 | 954 |
| 2 | 72 | 142 | 322 | 522 | 741 | 977 | 1216 | 1469 | 1728 | 1992 | 2261 | 2517 | 2790 | 3057 | 3343 |
| 5 | 38 | 71 | 158 | 254 | 360 | 470 | 583 | 701 | 827 | 946 | 1063 | 1199 | 1331 | 1458 | 1592 |
| 6 | 83 | 171 | 373 | 608 | 858 | 1130 | 1413 | 1706 | 1997 | 2297 | 2598 | 2899 | 3218 | 3546 | 3853 |
| 8 | 51 | 104 | 231 | 378 | 533 | 700 | 872 | 1051 | 1232 | 1418 | 1605 | 1793 | 1993 | 2192 | 2382 |
| 9 | 85 | 172 | 394 | 650 | 920 | 1211 | 1518 | 1835 | 2159 | 2485 | 2808 | 3154 | 3489 | 3825 | 4166 |
| 10 | 98 | 200 | 454 | 746 | 1059 | 1396 | 1740 | 2107 | 2455 | 2848 | 3230 | 3615 | 4005 | 4398 | 4799 |
| 12 | 98 | 195 | 427 | 704 | 999 | 1310 | 1635 | 1962 | 2294 | 2653 | 3029 | 3356 | 3731 | 4110 | 4458 |
| 13 | 25 | 45 | 91 | 144 | 204 | 266 | 324 | 395 | 462 | 527 | 596 | 663 | 732 | 811 | 887 |
| 15 | 48 | 94 | 202 | 322 | 461 | 594 | 744 | 886 | 1040 | 1213 | 1373 | 1528 | 1692 | 1865 | 2016 |
| 16 | 64 | 135 | 299 | 487 | 699 | 913 | 1143 | 1380 | 1616 | 1856 | 2101 | 2347 | 2611 | 2868 | 3115 |
| 18 | 61 | 119 | 267 | 439 | 618 | 815 | 1009 | 1230 | 1433 | 1651 | 1871 | 2103 | 2321 | 2543 | 2772 |
| 20 | 70 | 144 | 312 | 507 | 716 | 937 | 1174 | 1404 | 1639 | 1890 | 2155 | 2395 | 2658 | 2917 | 3167 |
| 22 | 40 | 69 | 147 | 231 | 328 | 419 | 526 | 629 | 745 | 850 | 959 | 1073 | 1191 | 1298 | 1414 |
| 23 | 49 | 92 | 200 | 319 | 454 | 583 | 733 | 883 | 1037 | 1189 | 1348 | 1501 | 1668 | 1833 | 1987 |
| 24 | 28 | 56 | 121 | 198 | 274 | 360 | 449 | 539 | 635 | 726 | 822 | 916 | 1019 | 1118 | 1212 |
| 28 | 47 | 87 | 190 | 300 | 425 | 551 | 686 | 826 | 965 | 1105 | 1256 | 1412 | 1558 | 1707 | 1872 |
| 29 | 43 | 79 | 173 | 280 | 397 | 516 | 643 | 773 | 911 | 1042 | 1180 | 1314 | 1467 | 1612 | 1752 |
| 30 | 88 | 181 | 406 | 667 | 948 | 1250 | 1564 | 1888 | 2214 | 2544 | 2882 | 3233 | 3594 | 3938 | 4276 |
| 31 | 36 | 71 | 154 | 246 | 352 | 458 | 567 | 686 | 801 | 922 | 1043 | 1168 | 1284 | 1417 | 1545 |
| 33 | 110 | 110 | 236 | 374 | 521 | 672 | 839 | 1005 | 1179 | 1366 | 1539 | 1719 | 1912 | 2075 | 2284 |
| 34 | 30 | 59 | 127 | 205 | 290 | 376 | 467 | 559 | 659 | 756 | 852 | 952 | 1058 | 1162 | 1262 |
| 35 | 25 | 53 | 116 | 188 | 265 | 349 | 435 | 525 | 609 | 701 | 800 | 890 | 985 | 1082 | 1177 |
| 38 | 24 | 42 | 89 | 141 | 197 | 253 | 313 | 378 | 437 | 505 | 567 | 635 | 699 | 774 | 840 |
| 39 | 47 | 87 | 186 | 299 | 421 | 544 | 682 | 817 | 962 | 1100 | 1235 | 1396 | 1534 | 1692 | 1850 |
| 40 | 26 | 53 | 115 | 189 | 267 | 351 | 434 | 525 | 616 | 704 | 804 | 896 | 988 | 1085 | 1185 |
| 42 | 39 | 75 | 168 | 274 | 386 | 507 | 636 | 762 | 893 | 1028 | 1168 | 1306 | 1448 | 1581 | 1730 |
| 43 | 73 | 149 | 327 | 532 | 764 | 1003 | 1246 | 1504 | 1776 | 2027 | 2303 | 2580 | 2874 | 3156 | 3432 |

Таблица 20. Непарный шелкопряд на дубе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| 1 | 26.8 | 95.8 | 283.3 | 490.7 | 688.7 | 863.7 | 999.3 | 1090.1 | 1199.4 | 1249.4 | 1324.2 | 1361.2 | 1419.3 | 1433.3 |
| 2 | 41.9 | 139.5 | 433.7 | 755.2 | 1017.4 | 1298.9 | 1502.2 | 1688.3 | 1807.7 | 1941.8 | 2007.9 | 2104.2 | 2147.8 | 2180.0 |
| 3 | 45.1 | 157.4 | 486.2 | 830.8 | 1128.3 | 1404.9 | 1651.4 | 1846.8 | 1997.7 | 2086.5 | 2207.3 | 2271.2 | 2334.9 | 2373.8 |
| 4 | 67.5 | 250.2 | 828.1 | 1495.6 | 2101.4 | 2645.7 | 3042.3 | 3462.4 | 3772.0 | 3953.8 | 4167.5 | 4347.4 | 4423.1 | 4528.3 |
| 8 | 52.8 | 182.6 | 570.4 | 978.6 | 1329.9 | 1671.0 | 1946.4 | 2175.6 | 2318.2 | 2496.6 | 2578.5 | 2713.8 | 2749.8 | 2792.1 |
| 9 | 55.1 | 193.1 | 616.3 | 1047.0 | 1483.5 | 1818.8 | 2153.6 | 2384.1 | 2622.6 | 2729.1 | 2887.9 | 2957.1 | 3074.0 | 3099.3 |
| 10 | 49.8 | 179.7 | 556.2 | 959.3 | 1325.8 | 1654.7 | 1918.8 | 2153.2 | 2326.8 | 2481.5 | 2596.3 | 2700.2 | 2755.4 | 2829.1 |
| 12 | 56.0 | 197.9 | 584.3 | 1006.7 | 1364.8 | 1720.0 | 1986.2 | 2217.9 | 2358.5 | 2536.6 | 2637.5 | 2762.5 | 2817.3 | 2843.0 |
| 48 | 53.1 | 199.0 | 616.7 | 1065.9 | 1482.3 | 1879.0 | 2165.5 | 2442.5 | 2675.2 | 2801.9 | 2953.7 | 3030.4 | 3076.0 | 3180.3 |
| 50 | 27.1 | 85.6 | 246.5 | 413.0 | 561.9 | 695.8 | 794.3 | 885.8 | 959.1 | 999.6 | 1056.1 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 21. Непарный шелкопряд на березе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 |
| 2 | 6.4 | 54.0 | 143.5 | 270.6 | 430.6 | 619.5 | 826.8 | 1074.2 | 1330.4 | 1612.1 | 1902.4 | 2224.2 | 2556.6 | 2911.0 | 3246.6 |
| 5 | 10.2 | 81.7 | 211.0 | 406.3 | 632.3 | 906.2 | 1231.8 | 1589.6 | 1947.4 | 2384.7 | 2806.1 | 3279.6 | 3747.1 | 4255.2 | 4789.2 |
| 6 | 10.3 | 92.0 | 245.8 | 470.8 | 746.0 | 1077.4 | 1446.1 | 1869.9 | 2325.7 | 2812.5 | 3347.4 | 3882.3 | 4459.1 | 5069.3 | 5694.0 |
| 8 | 11.1 | 88.8 | 239.7 | 453.3 | 716.1 | 1031.9 | 1380.7 | 1799.7 | 2234.8 | 2693.0 | 3202.7 | 3716.8 | 4272.8 | 4850.5 | 5444.6 |
| 9 | 15.6 | 143.2 | 394.5 | 747.8 | 1184.0 | 1700.7 | 2298.3 | 2964.3 | 3691.9 | 4484.7 | 5294.1 | 6166.4 | 7117.1 | 8072.1 | 9089.6 |
| 12 | 25.6 | 210.1 | 560.8 | 1073.7 | 1713.9 | 2476.8 | 3345.5 | 4283.8 | 5331.2 | 6454.4 | 7662.8 | 8979.8 | 10302.4 | 11704.1 | 13150.8 |
| 13 | 4.1 | 36.3 | 91.6 | 162.5 | 259.1 | 363.0 | 493.1 | 623.1 | 774.7 | 946.2 | 1117.7 | 1299.6 | 1483.2 | 1664.4 | 1882.1 |
| 15 | 8.8 | 73.8 | 192.6 | 362.0 | 582.6 | 824.6 | 1121.4 | 1422.7 | 2151.9 | 2557.5 | 2947.6 | 3383.9 | 3829.5 | 4315.0 | 0 |
| 16 | 12.2 | 105.9 | 290.7 | 550.4 | 869.7 | 1250.8 | 1687.7 | 2152.6 | 2695.2 | 3253.0 | 3852.3 | 4499.7 | 5173.8 | 5849.4 | 6607.6 |
| 22 | 4.8 | 39.3 | 102.6 | 193.3 | 301.7 | 432.4 | 570.8 | 737.2 | 919.3 | 1112.4 | 1296.3 | 1522.5 | 1727.8 | 1979.1 | 2206.7 |
| 23 | 4.1 | 36.3 | 95.5 | 175.8 | 279.2 | 406.0 | 539.1 | 697.8 | 874.6 | 1043.5 | 1246.7 | 1448.2 | 1656.7 | 1886.7 | 2118.5 |
| 24 | 9.4 | 74.7 | 204.9 | 378.4 | 605.9 | 871.7 | 1163.2 | 1509.9 | 1859.4 | 2243.4 | 2660.8 | 3122.4 | 3579.5 | 4064.8 | 4559.8 |
| 25 | 24.2 | 188.5 | 449.8 | 818.9 | 1233.2 | 1741.0 | 2311.8 | 3010.7 | 3629.7 | 4473.9 | 5270.6 | 6147.1 | 6863.5 | 7864.4 | 8815.1 |
| 28 | 0.8 | 47.9 | 127.0 | 233.3 | 368.7 | 534.6 | 716.4 | 935.1 | 1145.8 | 1389.1 | 1663.3 | 1932.5 | 2207.7 | 2513.3 | 2818.3 |
| 29 | 13.5 | 107.0 | 284.2 | 529.2 | 840.4 | 1208.9 | 1611.5 | 2094.5 | 2592.7 | 3135.1 | 3698.4 | 4297.8 | 4998.1 | 5662.4 | 6337.2 |
| 30 | 14.5 | 110.8 | 305.3 | 581.7 | 910.0 | 1316.0 | 1765.0 | 2284.5 | 2843.9 | 3440.6 | 4042.4 | 4732.3 | 5437.5 | 6173.8 | 6894.7 |
| 31 | 10.7 | 99.7 | 262.7 | 481.2 | 769.3 | 1114.0 | 1507.3 | 1930.7 | 2399.6 | 2883.0 | 3420.6 | 3988.4 | 4591.0 | 5190.7 | 5837.3 |
| 32 | 0.5 | 4.5 | 11.0 | 20.8 | 31.3 | 46.7 | 59.5 | 79.4 | 93.3 | 113.2 | 134.8 | 154.8 | 177.9 | 202.1 | 230.1 |
| 33 | 0.6 | 4.2 | 12.0 | 22.4 | 34.4 | 49.9 | 65.4 | 84.6 | 102.3 | 122.7 | 145.7 | 172.3 | 195.5 | 220.6 | 247.6 |
| 34 | 4.7 | 37.2 | 101.2 | 186.5 | 295.0 | 418.6 | 559.8 | 715.4 | 899.2 | 1067.8 | 1275.8 | 1488.2 | 1707.8 | 1921.6 | 2160.4 |
| 38 | 1.2 | 8.8 | 22.7 | 41.4 | 63.7 | 92.0 | 127.7 | 160.2 | 197.5 | 234.9 | 283.7 | 330.2 | 374.5 | 423.5 | 472.6 |
| 40 | 1.1 | 9.6 | 25.6 | 48.5 | 76.8 | 108.6 | 145.7 | 185.6 | 234.6 | 282.8 | 334.4 | 382.1 | 441.5 | 502.6 | 569.8 |
| 47 | 3.8 | 37.5 | 96.5 | 181.7 | 289.2 | 412.2 | 552.1 | 705.3 | 882.9 | 1064.4 | 1263.9 | 1464.4 | 1698.7 | 1913.9 | 2129.7 |
| 48 | 11.6 | 99.5 | 264.2 | 506.3 | 792.4 | 1139.2 | 1542.4 | 1964.5 | 2441.0 | 2955.2 | 3522.3 | 4070.3 | 4692.1 | 5300.2 | 5992.6 |

Таблица 22. Непарный шелкопряд на лиственнице (гусеницы)

| № формации | Возраст древостоя, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 2 | 164 | 578 | 1547 | 2463 | 3289 | 4012 | 4648 | 5218 | 5727 | 6177 | 6586 | 6957 | 7284 | 7602 | 7891 |
| 7 | 123 | 440 | 1183 | 1891 | 2521 | 3081 | 3577 | 4014 | 4403 | 4760 | 5076 | 5372 | 5637 | 5864 | 6084 |
| 11 | 80 | 281 | 740 | 1176 | 1560 | 1893 | 2191 | 2462 | 2695 | 2906 | 3100 | 3268 | 3431 | 3579 | 3703 |
| 14 | 55 | 199 | 544 | 876 | 1172 | 1438 | 1669 | 1878 | 2068 | 2237 | 2385 | 2521 | 2648 | 2757 | 2863 |
| 19 | 161 | 579 | 1568 | 2510 | 3352 | 4102 | 4762 | 5348 | 5874 | 6349 | 6764 | 7159 | 7513 | 7845 | 8136 |
| 23 | 45 | 170 | 477 | 776 | 1048 | 1289 | 1506 | 1695 | 1871 | 2026 | 2163 | 2294 | 2411 | 2514 | 2616 |
| 26 | 12 | 47 | 135 | 224 | 306 | 379 | 443 | 502 | 554 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 9 | 38 | 117 | 198 | 274 | 343 | 406 | 467 | 513 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 15 | 62 | 185 | 311 | 428 | 537 | 635 | 719 | 793 | 865 | 930 | 983 | 1045 | 1085 | 1132 |
| 37 | 4 | 19 | 59 | 101 | 142 | 180 | 213 | 242 | 272 | 298 | 322 | 341 | 359 | 373 | 392 |
| 38 | 11 | 45 | 133 | 224 | 308 | 383 | 452 | 515 | 570 | 619 | 667 | 706 | 745 | 778 | 812 |
| 39 | 45 | 178 | 521 | 866 | 1181 | 1465 | 1727 | 1945 | 2152 | 2346 | 2516 | 2675 | 2806 | 2943 | 3052 |
| 40 | 38 | 145 | 408 | 667 | 904 | 1112 | 1301 | 1468 | 1621 | 1757 | 1878 | 1989 | 2089 | 2177 | 2267 |
| 43 | 64 | 241 | 679 | 1112 | 1501 | 1853 | 2163 | 2444 | 2694 | 2919 | 3115 | 3304 | 3467 | 3629 | 3772 |
| 44 | 30 | 114 | 328 | 542 | 737 | 913 | 1070 | 1209 | 1335 | 1453 | 1553 | 1647 | 1735 | 1813 | 1880 |
| 45 | 21 | 83 | 246 | 414 | 566 | 706 | 833 | 949 | 1053 | 1147 | 1231 | 1305 | 1370 | 1427 | 1477 |
| 46 | 10 | 43 | 132 | 226 | 313 | 395 | 469 | 532 | 591 | 647 | 697 | 741 | 778 | 816 | 852 |
| 49 | 46 | 165 | 445 | 714 | 954 | 1167 | 1353 | 1523 | 1670 | 1807 | 1924 | 2038 | 2139 | 2226 | 2311 |

Таблица 23. Шелкопряд-монашенка на сосне (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 89 | 158 | 323 | 507 | 707 | 905 | 1140 | 1341 | 1584 | 1817 | 2044 | 2285 | 2534 | 2779 | 3010 |
| 2 | 226 | 448 | 1016 | 1647 | 2338 | 3081 | 3836 | 4633 | 5451 | 6284 | 7132 | 7940 | 8800 | 9641 | 10542 |
| 5 | 119 | 225 | 498 | 801 | 1137 | 1481 | 1839 | 2209 | 2609 | 2984 | 3353 | 3780 | 4197 | 4600 | 5022 |
| 6 | 263 | 538 | 1177 | 1918 | 2705 | 3563 | 4456 | 5380 | 6299 | 7244 | 8193 | 9145 | 10150 | 11184 | 12154 |
| 8 | 161 | 327 | 729 | 1192 | 1682 | 2207 | 2751 | 3313 | 3887 | 4473 | 5062 | 5654 | 6286 | 6913 | 7514 |
| 9 | 268 | 544 | 1243 | 2049 | 2901 | 3819 | 4786 | 5787 | 6810 | 7836 | 8856 | 9947 | 11003 | 12063 | 13138 |
| 10 | 310 | 631 | 1432 | 2353 | 3339 | 4404 | 5487 | 6644 | 7744 | 8984 | 10188 | 11402 | 12631 | 13871 | 15136 |
| 12 | 309 | 615 | 1347 | 2220 | 3151 | 4131 | 5155 | 6188 | 7234 | 8368 | 9553 | 10583 | 11767 | 12962 | 14060 |
| 13 | 77 | 142 | 288 | 454 | 644 | 839 | 1021 | 1247 | 1456 | 1662 | 1880 | 2090 | 2309 | 2557 | 2797 |
| 15 | 150 | 295 | 636 | 1015 | 1452 | 1873 | 2345 | 2795 | 3280 | 3824 | 4332 | 4820 | 5336 | 5882 | 6358 |
| 16 | 203 | 425 | 943 | 1536 | 2204 | 2881 | 3604 | 4353 | 5097 | 5854 | 6626 | 7403 | 8236 | 9045 | 9826 |
| 18 | 194 | 376 | 843 | 1386 | 1948 | 2569 | 3183 | 3879 | 4518 | 5208 | 5900 | 6634 | 7319 | 8019 | 8743 |
| 20 | 221 | 453 | 984 | 1598 | 2259 | 2955 | 3703 | 4428 | 5169 | 5962 | 6798 | 7555 | 8384 | 9201 | 9990 |
| 22 | 126 | 219 | 464 | 729 | 1035 | 1323 | 1660 | 1984 | 2349 | 2682 | 3025 | 3384 | 3757 | 4093 | 4461 |
| 23 | 155 | 290 | 630 | 1005 | 1433 | 1837 | 2311 | 2786 | 3269 | 3751 | 4252 | 4735 | 5262 | 5780 | 6266 |
| 24 | 88 | 175 | 381 | 623 | 864 | 1134 | 1417 | 1701 | 2002 | 2290 | 2593 | 2890 | 3214 | 3527 | 3824 |
| 28 | 149 | 276 | 600 | 948 | 1341 | 1739 | 2162 | 2604 | 3045 | 3485 | 3962 | 4452 | 4914 | 5384 | 5906 |
| 29 | 135 | 249 | 546 | 882 | 1252 | 1628 | 2029 | 2437 | 2875 | 3285 | 3723 | 4146 | 4628 | 5083 | 5525 |
| 30 | 277 | 571 | 1281 | 2104 | 2989 | 3944 | 4933 | 5956 | 6982 | 8023 | 9091 | 10196 | 11336 | 12420 | 13486 |
| 31 | 115 | 223 | 486 | 776 | 1111 | 1444 | 1788 | 2163 | 2525 | 2909 | 3289 | 3684 | 4051 | 4470 | 4873 |
| 33 | 188 | 347 | 746 | 1178 | 1642 | 2119 | 2645 | 3171 | 3719 | 4307 | 4855 | 5421 | 6030 | 6544 | 7202 |
| 34 | 95 | 186 | 399 | 647 | 915 | 1185 | 1472 | 1762 | 2079 | 2386 | 2688 | 3003 | 3338 | 3664 | 3982 |
| 35 | 80 | 168 | 366 | 594 | 836 | 1100 | 1371 | 1655 | 1919 | 2212 | 2524 | 2808 | 3108 | 3413 | 3713 |
| 38 | 77 | 132 | 282 | 446 | 620 | 797 | 988 | 1191 | 1377 | 1593 | 1787 | 2002 | 2206 | 2441 | 2648 |
| 39 | 147 | 276 | 586 | 942 | 1329 | 1716 | 2150 | 2578 | 3034 | 3468 | 3896 | 4403 | 4839 | 5335 | 5835 |
| 40 | 83 | 166 | 363 | 595 | 841 | 1108 | 1369 | 1657 | 1943 | 2220 | 2537 | 2827 | 3117 | 3422 | 3738 |
| 42 | 123 | 237 | 531 | 863 | 1216 | 1598 | 2005 | 2403 | 2817 | 3244 | 3685 | 4119 | 4568 | 4986 | 5455 |
| 43 | 230 | 470 | 1030 | 1678 | 2410 | 3165 | 3930 | 4744 | 5600 | 6393 | 7264 | 8136 | 9065 | 9955 | 10823 |

Таблица 24. Шелкопряд-монашенка на ели (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 248.7 | 738.7 | 2226.0 | 4158.4 | 6215.8 | 8286.6 | 10444.6 | 12524.3 | 14547.8 | 16456.1 | 18279.5 | 20066.6 | 21747.3 | 23294.5 | 24985.0 |
| 2 | 290.3 | 948.9 | 3001.1 | 5632.5 | 8484.9 | 11491.4 | 14437.8 | 17361.5 | 20108.1 | 22897.8 | 25398.2 | 28022.2 | 30117.1 | 32530.4 | 34643.6 |
| 5 | 52.9 | 146.2 | 410.7 | 749.2 | 1101.4 | 1478.0 | 1829.4 | 2197.7 | 2546.2 | 2883.1 | 3165.0 | 3504.1 | 3772.3 | 4062.9 | 4323.2 |
| 6 | 142.6 | 452.2 | 1368.8 | 2543.5 | 3817.2 | 5149.4 | 6452.6 | 7786.2 | 9041.9 | 10217.6 | 11381.4 | 12511.8 | 13517.6 | 14520.4 | 15479.1 |
| 8 | 225.2 | 689.6 | 2162.1 | 4029.1 | 6103.4 | 8190.3 | 10280.8 | 12330.2 | 14349.0 | 16293.4 | 18091.8 | 19959.5 | 21563.0 | 23178.6 | 24650.7 |
| 9 | 213.0 | 717.7 | 2300.5 | 4297.7 | 6536.3 | 8814.7 | 11087.2 | 13392.8 | 15513.4 | 17609.7 | 19632.3 | 21474.1 | 23273.2 | 25039.1 | 26675.9 |
| 10 | 36.7 | 119.7 | 383.7 | 732.1 | 1105.9 | 1503.7 | 1883.9 | 2272.7 | 2652.6 | 3010.4 | 3345.3 | 3673.1 | 3966.7 | 4287.0 | 4551.6 |
| 13 | 42.8 | 120.6 | 323.1 | 575.6 | 837.6 | 1111.3 | 1386.6 | 1659.4 | 1904.1 | 2130.3 | 2385.2 | 2579.0 | 2791.4 | 3019.8 | 3194.9 |
| 15 | 115.4 | 350.2 | 1037.8 | 1884.1 | 2825.0 | 3813.7 | 4727.5 | 5663.9 | 6588.4 | 7418.5 | 8273.8 | 9088.8 | 9833.5 | 10567.2 | 11205.8 |
| 16 | 125.8 | 397.9 | 1174.6 | 2172.3 | 3240.3 | 4373.6 | 5443.9 | 6552.3 | 7561.6 | 8576.4 | 9532.9 | 10420.8 | 11325.7 | 12149.0 | 12932.8 |
| 21 | 48.1 | 119.5 | 320.3 | 569.2 | 839.1 | 1098.2 | 1357.0 | 1638.7 | 1874.5 | 2114.6 | 2334.1 | 2600.9 | 2792.3 | 3002.0 | 3174.0 |
| 22 | 35.0 | 93.1 | 263.9 | 451.6 | 666.3 | 866.6 | 1077.5 | 1269.4 | 1490.5 | 1671.5 | 1850.8 | 2022.9 | 2177.0 | 2348.7 | 2498.5 |
| 23 | 77.9 | 243.3 | 697.7 | 1284.7 | 1876.8 | 2504.5 | 3164.5 | 3744.5 | 4372.8 | 4899.0 | 5476.9 | 5948.3 | 6510.8 | 6998.6 | 7396.9 |
| 24 | 150.7 | 451.5 | 1352.9 | 2473.6 | 3718.9 | 4932.3 | 6215.0 | 7378.1 | 8571.1 | 9748.9 | 10845.0 | 11909.2 | 12901.0 | 13790.0 | 14664.6 |
| 28 | 112.9 | 323.0 | 988.2 | 1789.7 | 2655.5 | 3519.1 | 4439.7 | 5329.4 | 6138.4 | 6991.4 | 7743.0 | 8502.8 | 9188.1 | 9853.1 | 10466.0 |
| 33 | 43.9 | 121.1 | 352.5 | 625.1 | 924.3 | 1223.6 | 1533.5 | 1817.0 | 2095.2 | 2367.5 | 2631.6 | 2901.9 | 3128.1 | 3372.1 | 3567.7 |
| 34 | 43.9 | 126.4 | 373.5 | 675.5 | 995.0 | 1329.4 | 1655.4 | 1989.6 | 2300.4 | 2598.3 | 2897.1 | 3198.3 | 3442.6 | 3688.8 | 3938.3 |
| 35 | 31.2 | 86.9 | 243.9 | 422.7 | 627.1 | 826.8 | 1029.6 | 1228.0 | 1414.5 | 1609.1 | 1788.1 | 1962.1 | 2116.5 | 2278.7 | 2432.5 |
| 38 | 52.0 | 138.3 | 392.6 | 695.5 | 1012.0 | 1347.4 | 1675.2 | 1976.4 | 2284.1 | 2566.8 | 2880.8 | 3150.3 | 3394.7 | 3669.9 | 3887.1 |
| 40 | 61.3 | 167.1 | 495.6 | 882.0 | 1312.2 | 1739.0 | 2158.0 | 2590.5 | 2992.2 | 3375.5 | 3754.4 | 4101.5 | 4426.2 | 0 | 0 |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36401.4 | 42335.7 | 48146.1 | 53492.8 | 58625.6 | 63722.0 | 68242.6 | 73108.2 |
| 47 | 70.1 | 199.2 | 596.7 | 1080.0 | 1630.3 | 2155.7 | 2690.7 | 3230.7 | 3753.8 | 4233.0 | 4734.2 | 5195.5 | 5625.3 | 6048.0 | 6426.9 |
| 48 | 69.4 | 196.9 | 598.0 | 1078.8 | 1610.5 | 2145.3 | 2699.0 | 3214.8 | 3730.1 | 4206.2 | 4678.3 | 5127.3 | 5558.4 | 5983.9 | 6348.9 |
| 50 | 167.6 | 498.9 | 1490.4 | 2704.7 | 4088.1 | 5417.9 | 6788.0 | 8142.4 | 9440.7 | 10701.3 | 11898.7 | 13031.9 | 14125.2 | 15161.8 | 16128.3 |
| 51 | 137.2 | 425.4 | 1298.3 | 2382.6 | 3583.6 | 4789.9 | 6003.7 | 7213.2 | 8359.8 | 9476.7 | 10517.3 | 11581.8 | 12535.7 | 13430.6 | 14304.9 |

Таблица 25. Шелкопряд-монашенка на дубе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| 1 | 27.5 | 98.2 | 290.5 | 503.2 | 706.2 | 885.6 | 1024.7 | 1117.8 | 1229.9 | 1281.1 | 1357.9 | 1395.7 | 1455.3 | 1469.7 |
| 2 | 43.0 | 143.0 | 444.7 | 774.4 | 1043.3 | 1331.9 | 1540.4 | 1731.2 | 1853.7 | 1991.2 | 2059.0 | 2157.7 | 2202.4 | 2235.4 |
| 3 | 46.3 | 161.4 | 498.5 | 851.9 | 1157.0 | 1440.6 | 1693.3 | 1893.8 | 2048.4 | 2139.5 | 2263.4 | 2328.9 | 2394.3 | 2434.1 |
| 4 | 69.2 | 256.6 | 849.2 | 1533.6 | 2154.8 | 2712.9 | 3119.6 | 3550.4 | 3867.8 | 4054.3 | 4273.4 | 4457.9 | 4535.5 | 4643.4 |
| 8 | 54.2 | 187.2 | 584.9 | 1003.5 | 1363.7 | 1713.4 | 1995.8 | 2230.8 | 2377.1 | 2560.1 | 2644.0 | 2782.8 | 2819.7 | 2863.1 |
| 9 | 56.5 | 198.0 | 631.9 | 1073.6 | 1521.2 | 1865.0 | 2208.3 | 2444.7 | 2689.3 | 2798.5 | 2961.3 | 3032.3 | 3152.2 | 3178.0 |
| 10 | 51.1 | 184.2 | 570.4 | 983.7 | 1359.5 | 1696.7 | 1967.6 | 2208.0 | 2385.9 | 2544.5 | 2662.3 | 2768.8 | 2825.4 | 2900.9 |
| 12 | 57.4 | 203.0 | 599.1 | 1032.2 | 1399.5 | 1763.8 | 2036.6 | 2274.2 | 2418.4 | 2601.0 | 2704.5 | 2832.7 | 2888.9 | 2915.2 |
| 48 | 54.5 | 204.1 | 632.4 | 1093.0 | 1520.0 | 1926.8 | 2220.5 | 2504.6 | 2743.2 | 2873.1 | 3028.7 | 3107.4 | 3154.2 | 3261.2 |
| 50 | 27.8 | 87.8 | 252.8 | 423.5 | 576.2 | 713.5 | 814.5 | 908.3 | 983.5 | 1025.0 | 1082.9 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 26. Шелкопряд-монашенка на березе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 |
| 2 | 6.5 | 55.4 | 147.1 | 277.5 | 441.5 | 635.3 | 847.8 | 1101.5 | 1364.2 | 1653.1 | 1950.7 | 2280.8 | 2621.6 | 2984.9 | 3329.1 |
| 5 | 10.4 | 83.8 | 216.4 | 416.6 | 648.3 | 929.2 | 1263.1 | 1630.0 | 1996.9 | 2445.3 | 2877.4 | 3362.9 | 3842.4 | 4363.3 | 4910.9 |
| 6 | 10.5 | 94.4 | 252.1 | 482.8 | 764.9 | 1104.8 | 1482.9 | 1917.4 | 2384.8 | 2884.0 | 3432.5 | 3981.0 | 4572.4 | 5198.1 | 5838.7 |
| 8 | 11.4 | 91.0 | 245.8 | 464.8 | 734.3 | 1058.1 | 1415.8 | 1845.4 | 2291.6 | 2761.5 | 3284.1 | 3811.2 | 4381.4 | 4973.8 | 5583.0 |
| 9 | 16.0 | 146.8 | 404.5 | 766.8 | 1214.1 | 1743.9 | 2356.7 | 3039.6 | 3785.7 | 4598.6 | 5428.6 | 6323.1 | 7298.0 | 8277.2 | 9320.6 |
| 12 | 26.3 | 215.4 | 575.1 | 1101.0 | 1757.5 | 2539.8 | 3430.5 | 4392.7 | 5466.6 | 6618.4 | 7857.5 | 9208.0 | 10564.2 | 12001.5 | 13485.0 |
| 13 | 4.2 | 37.2 | 93.9 | 166.6 | 265.7 | 372.2 | 505.6 | 638.9 | 794.4 | 970.3 | 1146.1 | 1332.6 | 1520.9 | 1706.7 | 1929.9 |
| 15 | 9.0 | 75.7 | 197.5 | 371.2 | 597.4 | 845.6 | 1149.9 | 1458.9 | 2206.6 | 2622.5 | 3022.5 | 3469.8 | 3926.9 | 4424.7 | 0 |
| 16 | 12.6 | 108.5 | 298.1 | 564.4 | 891.8 | 1282.6 | 1730.6 | 2207.3 | 2763.7 | 3335.7 | 3950.2 | 4614.0 | 5305.3 | 5998.0 | 6775.5 |
| 22 | 4.9 | 40.3 | 105.2 | 198.3 | 309.4 | 443.4 | 585.3 | 755.9 | 942.7 | 1140.7 | 1329.3 | 1561.2 | 1771.7 | 2029.4 | 2262.7 |
| 23 | 4.2 | 37.3 | 97.9 | 180.2 | 286.3 | 416.3 | 552.8 | 715.5 | 896.9 | 1070.1 | 1278.4 | 1485.0 | 1698.8 | 1934.7 | 2172.3 |
| 24 | 9.6 | 76.6 | 210.1 | 388.0 | 621.3 | 893.9 | 1192.8 | 1548.3 | 1906.6 | 2300.4 | 2728.4 | 3201.8 | 3670.4 | 4168.1 | 4675.6 |
| 25 | 24.8 | 193.3 | 461.3 | 839.7 | 1264.5 | 1785.2 | 2370.5 | 3087.2 | 3722.0 | 4587.5 | 5404.5 | 6303.3 | 7037.9 | 8064.3 | 9039.1 |
| 28 | 0.8 | 49.1 | 130.2 | 239.2 | 378.1 | 548.2 | 734.6 | 958.9 | 1175.0 | 1424.4 | 1705.6 | 1981.6 | 2263.8 | 2577.2 | 2889.9 |
| 29 | 13.8 | 109.7 | 291.4 | 542.7 | 861.7 | 1239.7 | 1652.5 | 2147.7 | 2658.6 | 3214.8 | 3792.4 | 4407.1 | 5125.1 | 5806.3 | 6498.2 |
| 30 | 14.9 | 113.6 | 313.1 | 596.4 | 933.1 | 1349.4 | 1809.9 | 2342.5 | 2916.2 | 3528.0 | 4145.2 | 4852.5 | 5575.7 | 6330.7 | 7069.9 |
| 31 | 11.0 | 102.2 | 269.4 | 493.5 | 788.9 | 1142.3 | 1545.6 | 1979.8 | 2460.6 | 2956.3 | 3507.5 | 4089.8 | 4707.7 | 5322.6 | 5985.6 |
| 32 | 0.5 | 4.6 | 11.3 | 21.3 | 32.1 | 47.9 | 61.1 | 81.4 | 95.7 | 116.1 | 138.2 | 158.8 | 182.4 | 207.2 | 235.9 |
| 33 | 0.6 | 4.3 | 12.3 | 23.0 | 35.3 | 51.2 | 67.1 | 86.8 | 104.9 | 125.8 | 149.4 | 176.7 | 200.5 | 226.2 | 253.9 |
| 34 | 4.9 | 38.2 | 103.8 | 191.2 | 302.5 | 429.3 | 574.0 | 733.6 | 922.1 | 1094.9 | 1308.3 | 1526.0 | 1751.2 | 1970.5 | 2215.3 |
| 38 | 1.2 | 9.1 | 23.3 | 42.4 | 65.3 | 94.4 | 130.9 | 164.2 | 202.5 | 240.9 | 290.9 | 338.6 | 384.1 | 434.3 | 484.6 |
| 40 | 1.1 | 9.8 | 26.2 | 49.7 | 78.7 | 111.4 | 149.4 | 190.3 | 240.6 | 290.0 | 342.9 | 391.8 | 452.7 | 515.4 | 584.3 |
| 47 | 3.9 | 38.5 | 99.0 | 186.4 | 296.6 | 422.7 | 566.2 | 723.2 | 905.3 | 1091.4 | 1296.0 | 1501.6 | 1741.9 | 1962.5 | 2183.8 |
| 48 | 11.9 | 102.0 | 270.9 | 519.2 | 812.5 | 1168.1 | 1581.6 | 2014.5 | 2503.0 | 3030.3 | 3611.8 | 4173.7 | 4811.3 | 5434.9 | 6144.9 |

Таблица 27. Пяденица сосновая на сосне (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 296 | 527 | 1073 | 1687 | 2355 | зон | 3795 | 4464 | 5273 | 6047 | 6802 | 7605 | 8435 | 9249 | 10018 |
| 2 | 753 | 1492 | 3381 | 5483 | 7783 | 10253 | 12769 | 15421 | 18143 | 20915 | 23738 | 26427 | 29289 | 32089 | 35089 |
| 5 | 396 | 749 | 1659 | 2666 | 3783 | 4929 | 6119 | 7354 | 8685 | 9932 | 11161 | 12581 | 13970 | 15309 | 16715 |
| 6 | 876 | 1790 | 3919 | 6384 | 9005 | 11857 | 14832 | 17905 | 20965 | 24109 | 27270 | 30436 | 33784 | 37224 | 40452 |
| 8 | 536 | 1089 | 2427 | 3969 | 5599 | 7345 | 9157 | 11028 | 12937 | 14888 | 16847 | 18820 | 20920 | 23010 | 25008 |
| 9 | 892 | 1809 | 4138 | 6819 | 9655 | 12713 | 15931 | 19262 | 22667 | 26081 | 29475 | 33108 | 36623 | 40151 | 43728 |
| 10 | 1031 | 2100 | 4766 | 7833 | 11114 | 14660 | 18263 | 22115 | 25774 | 29902 | 33910 | 37951 | 42039 | 46169 | 50379 |
| 12 | 1027 | 2046 | 4483 | 7388 | 10488 | 13751 | 17159 | 20596 | 24077 | 27852 | 31797 | 35225 | 39165 | 43144 | 46796 |
| 13 | 258 | 472 | 960 | 1512 | 2143 | 2791 | 3400 | 4150 | 4847 | 5530 | 6257 | 6957 | 7685 | 8512 | 9311 |
| 15 | 500 | 982 | 2116 | 3379 | 4834 | 6235 | 7806 | 9302 | 10918 | 12729 | 14417 | 16042 | 17762 | 19577 | 21161 |
| 16 | 676 | 1414 | 3137 | 5112 | 7334 | 9588 | 11995 | 14488 | 16965 | 19486 | 22054 | 24639 | 27413 | 30104 | 32703 |
| 18 | 645 | 1251 | 2805 | 4612 | 6482 | 8550 | 10595 | 12912 | 15039 | 17334 | 19636 | 22081 | 24360 | 26692 | 29100 |
| 20 | 734 | 1508 | 3275 | 5320 | 7518 | 9836 | 12324 | 14739 | 17205 | 19842 | 22625 | 25146 | 27905 | 30626 | 33249 |
| 22 | 418 | 729 | 1544 | 2425 | 3443 | 4402 | 5526 | 6603 | 7817 | 8926 | 10069 | 11263 | 12504 | 13624 | 14847 |
| 23 | 516 | 964 | 2098 | 3344 | 4768 | 6116 | 7690 | 9272 | 10881 | 12485 | 14151 | 15758 | 17512 | 19237 | 20857 |
| 24 | 293 | 583 | 1268 | 2074 | 2874 | 3774 | 4717 | 5663 | 6663 | 7621 | 8629 | 9619 | 10697 | 11741 | 12726 |
| 28 | 497 | 918 | 1998 | 3154 | 4464 | 5789 | 7196 | 8666 | 10135 | 11599 | 13186 | 14818 | 16355 | 17921 | 19656 |
| 29 | 449 | 828 | 1818 | 2935 | 4167 | 5417 | 6753 | 8112 | 9568 | 10933 | 12390 | 13798 | 15404 | 16919 | 18390 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30 | 922 | 1901 | 4264 | 7004 | 9949 | 13126 | 16418 | 19823 | 23238 | 26703 | 30258 | 33937 | 37729 | 41339 | 44887 |
| 31 | 382 | 743 | 1617 | 2583 | 3697 | 4806 | 5950 | 7198 | 8406 | 9682 | 10947 | 12262 | 13482 | 14878 | 16218 |
| 33 | 626 | 1153 | 2482 | 3922 | 5466 | 7053 | 8804 | 10555 | 12378 | 14335 | 16159 | 18044 | 20069 | 21780 | 23972 |
| 34 | 315 | 619 | 1329 | 2153 | 3046 | 3943 | 4899 | 5866 | 6920 | 7941 | 8945 | 9995 | 11109 | 12196 | 13252 |
| 35 | 267 | 558 | 1217 | 1976 | 2782 | 3661 | 4564 | 5507 | 6389 | 7364 | 8400 | 9345 | 10344 | 11361 | 12359 |
| 38 | 257 | 441 | 939 | 1484 | 2064 | 2652 | 3288 | 3964 | 4583 | 5303 | 5947 | 6663 | 7343 | 8124 | 8814 |
| 39 | 489 | 918 | 1950 | 3135 | 4423 | 5713 | 7157 | 8581 | 10100 | 11542 | 12969 | 14656 | 16108 | 17757 | 19422 |
| 40 | 277 | 552 | 1207 | 1979 | 2799 | 3688 | 4556 | 5514 | 6468 | 7390 | 8443 | 9409 | 10375 | 11391 | 12440 |
| 42 | 409 | 789 | 1766 | 2874 | 4048 | 5319 | 6674 | 7998 | 9375 | 10797 | 12266 | 13709 | 15203 | 16596 | 18156 |
| 43 | 767 | 1564 | 3430 | 5586 | 8020 | 10534 | 13080 | 15791 | 18639 | 21277 | 24179 | 27080 | 30171 | 33132 | 36023 |

Таблица 28. Совка сосновая на сосне (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 112 | 199 | 406 | 638 | 891 | 1140 | 1436 | 1690 | 1996 | 2289 | 2575 | 2879 | 3193 | 3501 | 3792 |
| 2 | 285 | 565 | 1280 | 2075 | 2946 | 3881 | 4834 | 5837 | 6868 | 7917 | 8986 | 10004 | 11087 | 12147 | 13282 |
| 5 | 150 | 283 | 628 | 1009 | 1432 | 1866 | 2316 | 2784 | 3288 | 3760 | 4225 | 4762 | 5288 | 5795 | 6327 |
| 6 | 331 | 678 | 1483 | 2417 | 3409 | 4488 | 5614 | 6778 | 7936 | 9126 | 10323 | 11521 | 12788 | 14090 | 15312 |
| 8 | 203 | 412 | 919 | 1502 | 2119 | 2780 | 3466 | 4174 | 4897 | 5636 | 6377 | 7124 | 7919 | 8710 | 9466 |
| 9 | 338 | 685 | 1566 | 2581 | 3655 | 4812 | 6030 | 7291 | 8580 | 9873 | 11157 | 12532 | 13863 | 15199 | 16552 |
| 10 | 390 | 795 | 1804 | 2965 | 4207 | 5549 | 6913 | 8371 | 9756 | 11319 | 12836 | 14366 | 15913 | 17476 | 19070 |
| 12 | 389 | 774 | 1697 | 2796 | 3970 | 5205 | 6495 | 7796 | 9114 | 10543 | 12036 | 13334 | 14825 | 16331 | 17714 |
| 13 | 98 | 179 | 363 | 572 | 811 | 1057 | 1287 | 1571 | 1835 | 2093 | 2368 | 2633 | 2909 | 3222 | 3524 |
| 15 | 189 | 372 | 801 | 1279 | 1830 | 2360 | 2955 | 3521 | 4133 | 4818 | 5457 | 6072 | 6723 | 7411 | 8010 |
| 16 | 256 | 535 | 1188 | 1935 | 2776 | 3629 | 4541 | 5484 | 6422 | 7376 | 8348 | 9327 | 10377 | 11395 | 12379 |
| 18 | 244 | 474 | 1062 | 1746 | 2454 | 3237 | 4011 | 4887 | 5693 | 6561 | 7433 | 8358 | 9221 | 10104 | 11015 |
| 20 | 278 | 571 | 1240 | 2014 | 2846 | 3723 | 4665 | 5579 | 6513 | 7511 | 8564 | 9518 | 10563 | 11593 | 12586 |
| 22 | 158 | 276 | 585 | 918 | 1303 | 1666 | 2092 | 2499 | 2959 | 3379 | 3812 | 4264 | 4733 | 5157 | 5620 |
| 23 | 195 | 365 | 794 | 1266 | 1805 | 2315 | 2911 | 3510 | 4119 | 4726 | 5356 | 5965 | 6629 | 7282 | 7895 |
| 24 | 111 | 221 | 480 | 785 | 1088 | 1429 | 1785 | 2144 | 2522 | 2885 | 3266 | 3641 | 4049 | 4444 | 4817 |
| 28 | 188 | 348 | 756 | 1194 | 1690 | 2191 | 2724 | 3281 | 3837 | 4391 | 4991 | 5609 | 6191 | 6784 | 7440 |
| 29 | 170 | 313 | 688 | 1111 | 1577 | 2051 | 2556 | 3071 | 3622 | 4139 | 4690 | 5223 | 5831 | 6404 | 6961 |
| 30 | 349 | 720 | 1614 | 2651 | 3766 | 4969 | 6215 | 7503 | 8796 | 10108 | 11454 | 12846 | 14282 | 15648 | 16991 |
| 31 | 145 | 281 | 612 | 978 | 1399 | 1819 | 2252 | 2725 | 3182 | 3665 | 4144 | 4642 | 5104 | 5632 | 6139 |
| 33 | 237 | 437 | 940 | 1484 | 2069 | 2670 | 3333 | 3995 | 4685 | 5426 | 6117 | 6830 | 7597 | 8245 | 9074 |
| 34 | 119 | 234 | 503 | 815 | 1153 | 1492 | 1854 | 2220 | 2620 | 3006 | 3386 | 3783 | 4205 | 4616 | 5016 |
| 35 | 101 | 211 | 461 | 748 | 1053 | 1386 | 1728 | 2085 | 2418 | 2787 | 3180 | 3538 | 3916 | 4301 | 4678 |
| 38 | 97 | 167 | 355 | 562 | 781 | 1004 | 1245 | 1501 | 1735 | 2007 | 2251 | 2522 | 2780 | 3075 | 3336 |
| 39 | 185 | 347 | 738 | 1187 | 1674 | 2162 | 2709 | 3248 | 3823 | 4369 | 4909 | 5548 | 6097 | 6722 | 7352 |
| 40 | 105 | 209 | 457 | 749 | 1059 | 1396 | 1725 | 2087 | 2448 | 2797 | 3196 | 3562 | 3927 | 4312 | 4709 |
| 42 | 155 | 299 | 669 | 1088 | 1532 | 2013 | 2526 | 3027 | 3549 | 4087 | 4643 | 5189 | 5755 | 6282 | 6873 |
| 43 | 290 | 592 | 1298 | 2114 | 3036 | 3987 | 4951 | 5978 | 7056 | 8054 | 9152 | 10251 | 11421 | 12542 | 13636 |

Таблица 29. Златогузка на дубе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| 1 | 76.4 | 272.6 | 806.5 | 1396.8 | 1960.3 | 2458.4 | 2844.4 | 3102.9 | 3414.0 | 3556.3 | 3769.4 | 3874.5 | 4039.9 | 4079.7 |
| 2 | 119.3 | 397.0 | 1234.4 | 2149.8 | 2896.0 | 3697.3 | 4276.1 | 4805.6 | 5145.7 | 5527.4 | 5715.5 | 5989.5 | 6113.6 | 6205.4 |
| 3 | 128.4 | 448.0 | 1383.9 | 2364.9 | 3211.7 | 3998.9 | 4700.5 | 5257.0 | 5686.3 | 5939.2 | 6282.9 | 6465.0 | 6646.3 | 6756.9 |
| 4 | 192.1 | 712.3 | 2357.3 | 4257.2 | 5981.7 | 7531.0 | 8659.7 | 9855.6 | 10736.8 | 11254.4 | 11862.6 | 12374.8 | 12590.2 | 12889.8 |
| 8 | 150.4 | 519.6 | 1623.7 | 2785.6 | 3785.4 | 4756.4 | 5540.3 | 6192.7 | 6598.6 | 7106.6 | 7339.6 | 7724.8 | 7827.2 | 7947.7 |
| 9 | 157.0 | 549.7 | 1754.2 | 2980.4 | 4222.9 | 5177.2 | 6130.2 | 6786.4 | 7465.3 | 7768.4 | 8220.4 | 8417.4 | 8750.2 | 8822.0 |
| 10 | 141.8 | 511.4 | 1583.3 | 2730.6 | 3773.8 | 4710.0 | 5461.8 | 6129.1 | 6623.0 | 7063.4 | 7390.3 | 7686.1 | 7843.2 | 8052.8 |
| 12 | 159.3 | 563.4 | 1663.1 | 2865.4 | 3885.0 | 4896.1 | 5653.6 | 6313.1 | 6713.3 | 7220.3 | 7507.6 | 7863.3 | 8019.4 | 8092.4 |
| 48 | 151.2 | 566.6 | 1755.6 | 3034.0 | 4219.3 | 5348.6 | 6163.9 | 6952.6 | 7614.8 | 7975.5 | 8407.6 | 8625.9 | 8755.9 | 9052.8 |
| 50 | 77.2 | 243.6 | 701.6 | 1175.5 | 1599.4 | 1980.6 | 2260.9 | 2521.4 | 2730.1 | 2845.4 | 3006.1 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 30. Златогузка на березе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 |
| 2 | 18.1 | 153.7 | 408.4 | 770.2 | 1225.5 | 1763.4 | 2353.6 | 3057.8 | 3786.8 | 4588.8 | 5415.1 | 6331.2 | 7277.3 | 8286.0 | 9241.4 |
| 5 | 29.0 | 232.6 | 600.7 | 1156.6 | 1799.7 | 2579.5 | 3506.1 | 4524.7 | 5543.3 | 6788.1 | 7987.6 | 9335.2 | 10666.1 | 12112.2 | 13632.4 |
| 6 | 29.2 | 262.0 | 699.8 | 1340.2 | 2123.4 | 3066.8 | 4116.4 | 5322.5 | 6620.2 | 8005.8 | 9528.4 | 11050.9 | 12692.7 | 14429.7 | 16207.8 |
| 8 | 31.6 | 252.7 | 682.4 | 1290.3 | 2038.3 | 2937.3 | 3930.2 | 5122.7 | 6361.4 | 7665.6 | 9116.4 | 10579.6 | 12162.4 | 13806.8 | 15497.9 |
| 9 | 44.5 | 407.5 | 1122.8 | 2128.6 | 3370.2 | 4841.0 | 6542.1 | 8437.8 | 10508.9 | 12765.5 | 15069.5 | 17552.6 | 20258.7 | 22977.0 | 25873.3 |
| 12 | 73.0 | 598.0 | 1596.4 | 3056.3 | 4878.7 | 7050.2 | 9522.8 | 12193.8 | 15175.1 | 18372.2 | 21811.9 | 25560.8 | 29325.4 | 33315.3 | 37433.5 |
| 13 | 11.7 | 103.3 | 260.6 | 462.4 | 737.4 | 1033.2 | 1403.5 | 1773.7 | 2205.2 | 2693.4 | 3181.6 | 3699.3 | 4222.0 | 4737.6 | 5357.3 |
| 15 | 25.1 | 210.0 | 548.2 | 1030.4 | 1658.2 | 2347.2 | 3192.0 | 4049.7 | 6125.4 | 7279.9 | 8390.2 | 9632.0 | 10900.7 | 12282.6 | 0 |
| 16 | 34.9 | 301.3 | 827.5 | 1566.6 | 2475.6 | 3560.4 | 4804.0 | 6127.2 | 7671.7 | 9259.6 | 10965.5 | 12808.2 | 14727.1 | 16650.0 | 18808.4 |
| 22 | 13.7 | 111.8 | 292.1 | 550.3 | 858.9 | 1230.8 | 1624.8 | 2098.3 | 2616.9 | 3166.4 | 3690.0 | 4333.9 | 4918.1 | 5633.5 | 6281.2 |
| 23 | 11.6 | 103.4 | 271.8 | 500.3 | 794.8 | 1155.7 | 1534.5 | 1986.3 | 2489.6 | 2970.4 | 3548.8 | 4122.1 | 4715.8 | 5370.5 | 6030.2 |
| 24 | 26.8 | 212.8 | 583.1 | 1077.0 | 1724.6 | 2481.4 | 3311.2 | 4297.9 | 5292.7 | 6385.7 | 7573.9 | 8888.0 | 10188.8 | 11570.5 | 12979.3 |
| 25 | 68.8 | 536.5 | 1280.4 | 2330.9 | 3510.2 | 4955.6 | 6580.5 | 8569.9 | 10332.0 | 12734.7 | 15002.6 | 17497.7 | 19536.8 | 22385.9 | 25091.9 |
| 28 | 2.2 | 136.2 | 361.5 | 664.0 | 1049.6 | 1521.7 | 2039.2 | 2661.8 | 3261.6 | 3954.0 | 4734.6 | 5500.8 | 6284.2 | 7154.1 | 8022.2 |
| 29 | 38.4 | 304.5 | 808.8 | 1506.5 | 2392.1 | 3441.2 | 4587.1 | 5961.8 | 7380.0 | 8924.0 | 10527.4 | 12233.7 | 14227.1 | 16117.8 | 18038.6 |
| 30 | 41.4 | 315.3 | 869.1 | 1655.7 | 2590.3 | 3745.8 | 5024.2 | 6502.7 | 8095.1 | 9793.6 | 11506.7 | 13470.3 | 15477.7 | 17573.5 | 19625.5 |
| 31 | 30.5 | 283.7 | 747.7 | 1369.8 | 2189.8 | 3170.8 | 4290.5 | 5495.7 | 6830.4 | 8206.5 | 9736.5 | 11352.9 | 13068.3 | 14775.2 | 16615.7 |
| 32 | 1.4 | 12.7 | 31.3 | 59.1 | 89.1 | 133.1 | 169.5 | 226.0 | 265.7 | 322.2 | 383.7 | 440.7 | 506.3 | 575.2 | 654.8 |
| 33 | 1.8 | 12.0 | 34.2 | 63.8 | 97.9 | 142.2 | 186.2 | 240.9 | 291.3 | 349.2 | 414.8 | 490.4 | 566.5 | 627.9 | 704.8 |
| 34 | 13.5 | 106.0 | 288.0 | 530.8 | 839.8 | 1191.6 | 1593.3 | 2036.4 | 2559.6 | 3039.4 | 3631.6 | 4236.1 | 4861.2 | 5469.9 | 6149.5 |
| 38 | 3.4 | 25.1 | 64.6 | 117.7 | 181.2 | 261.9 | 363.4 | 455.9 | 562.2 | 668.7 | 807.5 | 939.8 | 1066.1 | 1205.5 | 1345.3 |
| 40 | 3.0 | 27.2 | 72.7 | 137.9 | 218.5 | 309.2 | 414.8 | 528.3 | 667.8 | 804.9 | 951.9 | 1087.6 | 1256.6 | 1430.6 | 1621.9 |
| 47 | 10.9 | 106.8 | 274.8 | 517.3 | 823.3 | 1173.4 | 1571.7 | 2007.5 | 2513.2 | 3029.7 | 3597.7 | 4168.4 | 4835.4 | 5447.8 | 6062.1 |
| 48 | 33.1 | 283.2 | 752.1 | 1441.2 | 2255.5 | 3242.6 | 4390.3 | 5592.0 | 6948.2 | 8412.0 | 10026.0 | 11586.0 | 13355.9 | 15086.8 | 17057.8 |

Таблица 31. Листовёртка дубовая зелёная на дубе (гусеницы)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| 1 | 282.2 | 1007.5 | 2981.2 | 5163.0 | 7245.9 | 9086.9 | 10513.7 | 11469.5 | 12619.4 | 13145.2 | 13932.8 | 14321.3 | 14932.6 | 15080.0 |
| 2 | 441.0 | 1467.4 | 4562.7 | 7946.3 | 10704.6 | 13666.5 | 15805.8 | 17762.9 | 19020.0 | 20431.0 | 21126.5 | 22139.2 | 22597.7 | 22937.0 |
| 3 | 474.6 | 1655.9 | 5115.3 | 8741.4 | 11871.3 | 14781.4 | 17374.7 | 19431.4 | 21018.5 | 21953.1 | 23223.8 | 23896.5 | 24566.8 | 24975.7 |
| 4 | 710.0 | 2632.9 | 8713.3 | 15736.1 | 22110.1 | 27836.8 | 32009.1 | 36429.4 | 39686.6 | 41600.0 | 43848.0 | 45741.1 | 46537.4 | 47644.7 |
| 8 | 555.9 | 1920.7 | 6001.6 | 10296.4 | 13992.1 | 17581.2 | 20478.8 | 22890.0 | 24390.4 | 26268.4 | 27129.6 | 28553.4 | 28932.0 | 29377.1 |
| 9 | 580.2 | 2031.7 | 6484.2 | 11016.4 | 15609.1 | 19136.7 | 22659.2 | 25084.7 | 27594.1 | 28714.4 | 30385.3 | 31113.4 | 32343.5 | 32609.0 |
| 10 | 524.3 | 1890.3 | 5852.3 | 10093.3 | 13949.3 | 17409.7 | 20188.6 | 22655.2 | 24480.9 | 26108.6 | 27317.0 | 28410.4 | 28991.1 | 29765.9 |
| 12 | 589.0 | 2082.5 | 6147.3 | 10591.6 | 14360.1 | 18097.4 | 20897.5 | 23335.3 | 24814.5 | 26688.6 | 27750.7 | 29065.1 | 29642.2 | 29912.2 |
| 48 | 558.8 | 2094.3 | 6489.1 | 11214.6 | 15596.0 | 19770.2 | 22783.9 | 25699.2 | 28146.9 | 29480.1 | 31077.0 | 31884.2 | 32364.6 | 33461.9 |
| 50 | 285.4 | 900.5 | 2593.4 | 4345.0 | 5911.8 | 7320.8 | 8357.1 | 9319.8 | 10091.4 | 10517.5 | 11111.6 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 32. Пилильщик сосновый обыкновенный на сосне (личинки)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 744 | 1324 | 2697 | 4238 | 5916 | 7566 | 9534 | 11215 | 13249 | 15193 | 17089 | 19109 | 21192 | 23239 | 25170 |
| 2 | 1891 | 3748 | 8496 | 13776 | 19556 | 25762 | 32082 | 38746 | 45585 | 52548 | 59642 | 66399 | 73588 | 80624 | 88160 |
| 5 | 995 | 1881 | 4168 | 6698 | 9505 | 12383 | 15375 | 18476 | 21822 | 24955 | 28041 | 31611 | 35100 | 38464 | 41995 |
| 6 | 2200 | 4498 | 9846 | 16040 | 22624 | 29791 | 37265 | 44987 | 52676 | 60575 | 68516 | 76471 | 84883 | 93525 | 101636 |
| 8 | 1346 | 2735 | 6097 | 9972 | 14067 | 18455 | 23006 | 27708 | 32505 | 37406 | 42328 | 47286 | 52563 | 57813 | 62833 |
| 9 | 2240 | 4545 | 10396 | 17132 | 24258 | 31940 | 40026 | 48397 | 56952 | 65529 | 74056 | 83184 | 92015 | 100880 | 109865 |
| 10 | 2590 | 5275 | 11974 | 19680 | 27924 | 36832 | 45886 | 55564 | 64757 | 75129 | 85200 | 95352 | 105624 | 116000 | 126576 |
| 12 | 2580 | 5141 | 11264 | 18561 | 26350 | 34549 | 43113 | 51747 | 60493 | 69978 | 79890 | 88504 | 98402 | 108398 | 117576 |
| 13 | 647 | 1185 | 2412 | 3800 | 5385 | 7013 | 8542 | 10427 | 12178 | 13895 | 15720 | 17479 | 19308 | 21386 | 23393 |
| 15 | 1255 | 2468 | 5316 | 8490 | 12146 | 15665 | 19612 | 23371 | 27430 | 31981 | 36223 | 40305 | 44626 | 49188 | 53167 |
| 16 | 1697 | 3553 | 7882 | 12844 | 18427 | 24090 | 30138 | 36401 | 42625 | 48958 | 55411 | 61907 | 68875 | 75635 | 82167 |
| 18 | 1620 | 3144 | 7048 | 11587 | 16287 | 21483 | 26620 | 32441 | 37785 | 43551 | 49336 | 55478 | 61204 | 67063 | 73113 |
| 20 | 1845 | 3790 | 8229 | 13365 | 18888 | 24714 | 30965 | 37031 | 43228 | 49854 | 56845 | 63179 | 70112 | 76947 | 83537 |
| 22 | 1050 | 1833 | 3880 | 6093 | 8652 | 11060 | 13883 | 16590 | 19640 | 22427 | 25299 | 28299 | 31417 | 34231 | 37304 |
| 23 | 1296 | 2423 | 5272 | 8402 | 11981 | 15365 | 19322 | 23297 | 27338 | 31369 | 35553 | 39593 | 44000 | 48333 | 52404 |
| 24 | 735 | 1464 | 3185 | 5210 | 7221 | 9483 | 11851 | 14228 | 16740 | 19147 | 21681 | 24167 | 26876 | 29499 | 31974 |
| 28 | 1248 | 2307 | 5020 | 7924 | 11216 | 14545 | 18081 | 21775 | 25465 | 29143 | 33131 | 37230 | 41093 | 45026 | 49386 |
| 29 | 1129 | 2079 | 4567 | 7374 | 10469 | 13611 | 16967 | 20381 | 24040 | 27470 | 31130 | 34668 | 38703 | 42509 | 46206 |

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 30 | 2318 | 4777 | 10713 | 17598 | 24996 | 32979 | 41250 | 49804 | 58385 | 67091 | 76023 | 85266 | 94794 | 103865 | 112778 |
| 31 | 959 | 1867 | 4063 | 6490 | 9289 | 12074 | 14948 | 18084 | 21119 | 24326 | 27503 | 30808 | 33875 | 37380 | 40748 |
| 33 | 1573 | 2898 | 6237 | 9853 | 13734 | 17720 | 22120 | 26520 | 31099 | 36016 | 40600 | 45336 | 50422 | 54723 | 60231 |
| 34 | 791 | 1555 | 3340 | 5410 | 7653 | 9906 | 12308 | 14738 | 17387 | 19952 | 22475 | 25112 | 27913 | 30642 | 33296 |
| 35 | 671 | 1402 | 3058 | 4965 | 6990 | 9199 | 11467 | 13837 | 16052 | 18501 | 21105 | 23480 | 25990 | 28545 | 31053 |
| 38 | 646 | 1107 | 2359 | 3728 | 5187 | 6662 | 8261 | 9960 | 11514 | 13323 | 14942 | 16741 | 18449 | 20413 | 22144 |
| 39 | 1229 | 2306 | 4899 | 7877 | 11114 | 14354 | 17982 | 21559 | 25375 | 29000 | 32584 | 36822 | 40470 | 44615 | 48798 |
| 40 | 695 | 1386 | 3034 | 4973 | 7032 | 9267 | 11448 | 13855 | 16251 | 18566 | 21212 | 23641 | 26066 | 28620 | 31256 |
| 42 | 1027 | 1983 | 4438 | 7220 | 10170 | 13364 | 16768 | 20094 | 23554 | 27126 | 30818 | 34444 | 38198 | 41697 | 45618 |
| 43 | 1927 | 3930 | 8617 | 14035 | 20151 | 26466 | 32862 | 39676 | 46831 | 53458 | 60749 | 68038 | 75804 | 83245 | 90508 |

Таблица 33. Пилильщик сосновый рыжий на сосне (личинки)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 654 | 1164 | 2371 | 3725 | 5201 | 6652 | 8381 | 9859 | 11648 | 13357 | 15024 | 16799 | 18631 | 20430 | 22127 |
| 2 | 1663 | 3295 | 7469 | 12110 | 17192 | 22648 | 28204 | 34062 | 40075 | 46196 | 52432 | 58373 | 64692 | 70878 | 77503 |
| 5 | 874 | 1654 | 3664 | 5888 | 8356 | 10886 | 13516 | 16242 | 19184 | 21939 | 24652 | 27790 | 30857 | 33815 | 36919 |
| 6 | 1934 | 3954 | 8655 | 14101 | 19889 | 26190 | 32760 | 39549 | 46308 | 53253 | 60234 | 67228 | 74623 | 82220 | 89350 |
| 8 | 1183 | 2404 | 5360 | 8767 | 12367 | 16224 | 20225 | 24359 | 28575 | 32884 | 37211 | 41570 | 46209 | 50825 | 55238 |
| 9 | 1969 | 3996 | 9139 | 15062 | 21325 | 28079 | 35188 | 42547 | 50068 | 57608 | 65105 | 73129 | 80892 | 88686 | 96585 |
| 10 | 2277 | 4638 | 10526 | 17301 | 24549 | 32380 | 40339 | 48847 | 56929 | 66047 | 74901 | 83826 | 92856 | 101978 | 111276 |
| 12 | 2268 | 4519 | 9902 | 16318 | 23165 | 30373 | 37901 | 45492 | 53181 | 61519 | 70233 | 77805 | 86507 | 95295 | 103364 |
| 13 | 569 | 1042 | 2121 | 3340 | 4734 | 6165 | 7509 | 9166 | 10706 | 12215 | 13820 | 15366 | 16974 | 18801 | 20566 |
| 15 | 1103 | 2170 | 4674 | 7463 | 10678 | 13771 | 17241 | 20546 | 24115 | 28115 | 31845 | 35433 | 39232 | 43242 | 46740 |
| 16 | 1492 | 3123 | 6929 | 11291 | 16200 | 21178 | 26495 | 32001 | 37473 | 43040 | 48713 | 54424 | 60549 | 66492 | 72234 |
| 18 | 1424 | 2764 | 6196 | 10187 | 14318 | 18886 | 23402 | 28519 | 33218 | 38287 | 43372 | 48772 | 53806 | 58956 | 64275 |
| 20 | 1622 | 3332 | 7234 | 11750 | 16605 | 21726 | 27222 | 32555 | 38003 | 43828 | 49974 | 55542 | 61637 | 67645 | 73439 |
| 22 | 923 | 1611 | 3411 | 5356 | 7606 | 9723 | 12205 | 14585 | 17266 | 19716 | 22241 | 24878 | 27619 | 30094 | 32795 |
| 23 | 1139 | 2130 | 4635 | 7387 | 10533 | 13508 | 16986 | 20480 | 24034 | 27577 | 31256 | 34807 | 38681 | 42491 | 46069 |
| 24 | 646 | 1287 | 2800 | 4580 | 6348 | 8337 | 10418 | 12508 | 14716 | 16832 | 19060 | 21245 | 23627 | 25933 | 28109 |
| 28 | 1097 | 2028 | 4413 | 6966 | 9860 | 12787 | 15895 | 19142 | 22387 | 25620 | 29126 | 32729 | 36125 | 39584 | 43416 |
| 29 | 992 | 1828 | 4015 | 6482 | 9204 | 11966 | 14916 | 17917 | 21134 | 24149 | 27367 | 30477 | 34025 | 37370 | 40620 |
| 30 | 2037 | 4200 | 9418 | 15471 | 21975 | 28992 | 36264 | 43784 | 51328 | 58981 | 66834 | 74959 | 83335 | 91310 | 99145 |
| 31 | 843 | 1642 | 3572 | 5705 | 8166 | 10615 | 13141 | 15898 | 18566 | 21386 | 24179 | 27084 | 29780 | 32861 | 35823 |
| 33 | 1383 | 2547 | 5483 | 8662 | 12074 | 15578 | 19446 | 23314 | 27340 | 31663 | 35692 | 39856 | 44327 | 48108 | 52950 |
| 34 | 695 | 1367 | 2936 | 4756 | 6728 | 8708 | 10820 | 12956 | 15285 | 17540 | 19758 | 22077 | 24538 | 26938 | 29271 |
| 35 | 590 | 1233 | 2688 | 4365 | 6145 | 8087 | 10081 | 12164 | 14111 | 16265 | 18554 | 20642 | 22848 | 25095 | 27299 |
| 38 | 568 | 973 | 2074 | 3277 | 4560 | 5857 | 7262 | 8756 | 10122 | 11713 | 13136 | 14717 | 16219 | 17945 | 19467 |
| 39 | 1080 | 2028 | 4307 | 6925 | 9770 | 12618 | 15808 | 18953 | 22308 | 25495 | 28646 | 32371 | 35578 | 39222 | 42899 |
| 40 | 611 | 1218 | 2667 | 4372 | 6182 | 8147 | 10064 | 12180 | 14286 | 16322 | 18648 | 20783 | 22916 | 25160 | 27477 |
| 42 | 903 | 1743 | 3902 | 6348 | 8940 | 11748 | 14741 | 17665 | 20707 | 23847 | 27093 | 30281 | 33581 | 36656 | 40104 |
| 43 | 1694 | 3455 | 7576 | 12338 | 17715 | 23266 | 28890 | 34880 | 41170 | 46996 | 53406 | 59814 | 66641 | 73182 | 79568 |

Таблица 34. Пилильщик-ткач звездчатый на сосне (личинки)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 112 | 200 | 407 | 640 | 893 | 1142 | 1439 | 1693 | 2000 | 2293 | 2580 | 2884 | 3199 | 3508 | 3799 |
| 2 | 285 | 566 | 1282 | 2079 | 2952 | 3889 | 4843 | 5848 | 6881 | 7932 | 9002 | 10022 | 11108 | 12170 | 13307 |
| 5 | 150 | 284 | 629 | 1011 | 1435 | 1869 | 2321 | 2789 | 3294 | 3767 | 4233 | 4771 | 5298 | 5806 | 6339 |
| 6 | 332 | 679 | 1486 | 2421 | 3415 | 4497 | 5625 | 6791 | 7951 | 9143 | 10342 | 11543 | 12813 | 14117 | 15341 |
| 8 | 203 | 413 | 920 | 1505 | 2123 | 2786 | 3473 | 4182 | 4906 | 5646 | 6389 | 7137 | 7934 | 8726 | 9484 |
| 9 | 338 | 686 | 1569 | 2586 | 3662 | 4821 | 6042 | 7305 | 8596 | 9891 | 11178 | 12556 | 13889 | 15227 | 16583 |
| 10 | 391 | 796 | 1807 | 2971 | 4215 | 5560 | 6926 | 8387 | 9775 | 11340 | 12860 | 14393 | 15943 | 17509 | 19106 |
| 12 | 389 | 776 | 1700 | 2802 | 3977 | 5215 | 6508 | 7811 | 9131 | 10563 | 12059 | 13359 | 14853 | 16362 | 17747 |
| 13 | 98 | 179 | 364 | 574 | 813 | 1059 | 1289 | 1574 | 1838 | 2097 | 2373 | 2638 | 2914 | 3228 | 3531 |
| 15 | 189 | 373 | 802 | 1281 | 1833 | 2364 | 2960 | 3528 | 4140 | 4827 | 5468 | 6084 | 6736 | 7425 | 8025 |
| 16 | 256 | 536 | 1190 | 1939 | 2781 | 3636 | 4549 | 5494 | 6434 | 7390 | 8364 | 9344 | 10396 | 11417 | 12403 |
| 18 | 245 | 475 | 1064 | 1749 | 2458 | 3243 | 4018 | 4897 | 5703 | 6574 | 7447 | 8374 | 9238 | 10123 | 11036 |
| 20 | 278 | 572 | 1242 | 2017 | 2851 | 3730 | 4674 | 5590 | 6525 | 7525 | 8580 | 9536 | 10583 | 11615 | 12609 |
| 22 | 159 | 277 | 586 | 920 | 1306 | 1670 | 2096 | 2504 | 2965 | 3385 | 3819 | 4272 | 4742 | 5167 | 5631 |
| 23 | 196 | 366 | 796 | 1268 | 1808 | 2319 | 2916 | 3516 | 4127 | 4735 | 5367 | 5976 | 6642 | 7296 | 7910 |
| 24 | 111 | 221 | 481 | 786 | 1090 | 1431 | 1789 | 2148 | 2527 | 2890 | 3273 | 3648 | 4057 | 4453 | 4826 |
| 28 | 188 | 348 | 758 | 1196 | 1693 | 2196 | 2729 | 3287 | 3844 | 4399 | 5001 | 5620 | 6203 | 6796 | 7455 |

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 29 | 170 | 314 | 689 | 1113 | 1580 | 2054 | 2561 | 3076 | 3629 | 4146 | 4699 | 5233 | 5842 | 6416 | 6974 |
| 30 | 350 | 721 | 1617 | 2656 | 3773 | 4978 | 6226 | 7518 | 8813 | 10127 | 11475 | 12870 | 14308 | 15678 | 17023 |
| 31 | 145 | 282 | 613 | 980 | 1402 | 1822 | 2256 | 2730 | 3188 | 3672 | 4151 | 4650 | 5113 | 5642 | 6151 |
| 33 | 237 | 437 | 941 | 1487 | 2073 | 2675 | 3339 | 4003 | 4694 | 5436 | 6128 | 6843 | 7611 | 8260 | 9091 |
| 34 | 119 | 235 | 504 | 817 | 1155 | 1495 | 1858 | 2225 | 2624 | 3012 | 3392 | 3791 | 4213 | 4625 | 5026 |
| 35 | 101 | 212 | 462 | 749 | 1055 | 1389 | 1731 | 2089 | 2423 | 2793 | 3186 | 3544 | 3923 | 4309 | 4687 |
| 38 | 97 | 167 | 356 | 563 | 783 | 1006 | 1247 | 1503 | 1738 | 2011 | 2255 | 2527 | 2785 | 3081 | 3342 |
| 39 | 185 | 348 | 739 | 1189 | 1678 | 2167 | 2714 | 3254 | 3830 | 4377 | 4918 | 5558 | 6109 | 6734 | 7366 |
| 40 | 105 | 209 | 458 | 751 | 1061 | 1399 | 1728 | 2091 | 2453 | 2802 | 3202 | 3568 | 3935 | 4320 | 4718 |
| 42 | 155 | 299 | 670 | 1090 | 1535 | 2017 | 2531 | 3033 | 3555 | 4095 | 4652 | 5199 | 5766 | 6294 | 6886 |
| 43 | 291 | 593 | 1301 | 2118 | 3042 | 3995 | 4960 | 5989 | 7069 | 8069 | 9170 | 10270 | 11442 | 12565 | 13662 |
| 29 | 170 | 314 | 689 | 1113 | 1580 | 2054 | 2561 | 3076 | 3629 | 4146 | 4699 | 5233 | 5842 | 6416 | 6974 |
| 30 | 350 | 721 | 1617 | 2656 | 3773 | 4978 | 6226 | 7518 | 8813 | 10127 | 11475 | 12870 | 14308 | 15678 | 17023 |
| 31 | 145 | 282 | 613 | 980 | 1402 | 1822 | 2256 | 2730 | 3188 | 3672 | 4151 | 4650 | 5113 | 5642 | 6151 |
| 33 | 237 | 437 | 941 | 1487 | 2073 | 2675 | 3339 | 4003 | 4694 | 5436 | 6128 | 6843 | 7611 | 8260 | 9091 |
| 34 | 119 | 235 | 504 | 817 | 1155 | 1495 | 1858 | 2225 | 2624 | 3012 | 3392 | 3791 | 4213 | 4625 | 5026 |
| 35 | 101 | 212 | 462 | 749 | 1055 | 1389 | 1731 | 2089 | 2423 | 2793 | 3186 | 3544 | 3923 | 4309 | 4687 |
| 38 | 97 | 167 | 356 | 563 | 783 | 1006 | 1247 | 1503 | 1738 | 2011 | 2255 | 2527 | 2785 | 3081 | 3342 |
| 39 | 185 | 348 | 739 | 1189 | 1678 | 2167 | 2714 | 3254 | 3830 | 4377 | 4918 | 5558 | 6109 | 6734 | 7366 |
| 40 | 105 | 209 | 458 | 751 | 1061 | 1399 | 1728 | 2091 | 2453 | 2802 | 3202 | 3568 | 3935 | 4320 | 4718 |
| 42 | 155 | 299 | 670 | 1090 | 1535 | 2017 | 2531 | 3033 | 3555 | 4095 | 4652 | 5199 | 5766 | 6294 | 6886 |
| 43 | 291 | 593 | 1301 | 2118 | 3042 | 3995 | 4960 | 5989 | 7069 | 8069 | 9170 | 10270 | 11442 | 12565 | 13662 |

Таблица 35. Пилильщик-ткач красноголовый на сосне (личинки)

| № формации | Возраст, лет | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| 1 | 416 | 740 | 1509 | 2371 | 3310 | 4233 | 5334 | 6274 | 7412 | 8500 | 9560 | 10690 | 11856 | 13001 | 14081 |
| 2 | 1058 | 2097 | 4753 | 7707 | 10940 | 14412 | 17948 | 21676 | 25502 | 29397 | 33366 | 37146 | 41168 | 45104 | 49320 |
| 5 | 556 | 1053 | 2332 | 3747 | 5317 | 6928 | 8601 | 10336 | 12208 | 13961 | 15687 | 17684 | 19636 | 21519 | 23494 |
| 6 | 1231 | 2516 | 5508 | 8973 | 12657 | 16667 | 20847 | 25168 | 29469 | 33888 | 38331 | 42781 | 47487 | 52322 | 56859 |
| 8 | 753 | 1530 | 3411 | 5579 | 7870 | 10324 | 12870 | 15501 | 18184 | 20926 | 23680 | 26454 | 29406 | 32343 | 35152 |
| 9 | 1253 | 2543 | 5816 | 9585 | 13571 | 17869 | 22392 | 27075 | 31861 | 36659 | 41430 | 46537 | 51477 | 56437 | 61463 |
| 10 | 1449 | 2951 | 6699 | 11010 | 15622 | 20605 | 25671 | 31085 | 36228 | 42030 | 47664 | 53344 | 59090 | 64895 | 70812 |
| 12 | 1444 | 2876 | 6301 | 10384 | 14742 | 19328 | 24119 | 28949 | 33842 | 39149 | 44694 | 49513 | 55050 | 60642 | 65777 |
| 13 | 362 | 663 | 1350 | 2126 | 3013 | 3923 | 4779 | 5833 | 6813 | 7773 | 8794 | 9778 | 10802 | 11964 | 13087 |
| 15 | 702 | 1381 | 2974 | 4749 | 6795 | 8763 | 10972 | 13075 | 15346 | 17892 | 20265 | 22548 | 24966 | 27518 | 29744 |
| 16 | 950 | 1988 | 4410 | 7185 | 10309 | 13477 | 16861 | 20364 | 23846 | 27389 | 30999 | 34633 | 38531 | 42313 | 45967 |
| 18 | 906 | 1759 | 3943 | 6482 | 9112 | 12018 | 14892 | 18149 | 21139 | 24364 | 27601 | 31037 | 34240 | 37517 | 40902 |
| 20 | 1032 | 2120 | 4604 | 7477 | 10567 | 13826 | 17323 | 20717 | 24184 | 27890 | 31801 | 35345 | 39223 | 43047 | 46734 |
| 22 | 587 | 1025 | 2170 | 3409 | 4840 | 6188 | 7767 | 9281 | 10987 | 12546 | 14154 | 15832 | 17576 | 19150 | 20869 |
| 23 | 725 | 1355 | 2949 | 4701 | 6703 | 8596 | 10809 | 13033 | 15294 | 17549 | 19890 | 22150 | 24615 | 27040 | 29317 |
| 24 | 411 | 819 | 1782 | 2915 | 4040 | 5305 | 6630 | 7960 | 9365 | 10711 | 12129 | 13520 | 15036 | 16503 | 17888 |
| 28 | 698 | 1290 | 2809 | 4433 | 6275 | 8137 | 10115 | 12182 | 14246 | 16304 | 18535 | 20828 | 22989 | 25190 | 27629 |
| 29 | 631 | 1163 | 2555 | 4125 | 5857 | 7615 | 9492 | 11402 | 13449 | 15368 | 17415 | 19395 | 21652 | 23781 | 25849 |
| 30 | 1297 | 2673 | 5993 | 9845 | 13984 | 18450 | 23077 | 27863 | 32663 | 37534 | 42531 | 47701 | 53031 | 58106 | 63092 |
| 31 | 537 | 1045 | 2273 | 3631 | 5196 | 6755 | 8363 | 10117 | 11815 | 13609 | 15386 | 17235 | 18951 | 20912 | 22796 |
| 33 | 880 | 1621 | 3489 | 5512 | 7683 | 9913 | 12375 | 14836 | 17398 | 20149 | 22713 | 25363 | 28208 | 30614 | 33696 |
| 34 | 442 | 870 | 1868 | 3026 | 4281 | 5542 | 6886 | 8245 | 9727 | 11162 | 12573 | 14049 | 15615 | 17142 | 18627 |
| 35 | 376 | 784 | 1711 | 2778 | 3910 | 5146 | 6415 | 7741 | 8980 | 10350 | 11807 | 13136 | 14540 | 15969 | 17372 |
| 38 | 361 | 619 | 1320 | 2085 | 2902 | 3727 | 4621 | 5572 | 6441 | 7454 | 8359 | 9366 | 10321 | 11420 | 12388 |
| 39 | 687 | 1290 | 2741 | 4407 | 6217 | 8030 | 10060 | 12061 | 14196 | 16224 | 18229 | 20600 | 22641 | 24960 | 27300 |
| 40 | 389 | 775 | 1697 | 2782 | 3934 | 5185 | 6405 | 7751 | 9091 | 10387 | 11867 | 13225 | 14583 | 16011 | 17486 |
| 42 | 574 | 1109 | 2483 | 4039 | 5689 | 7476 | 9381 | 11241 | 13177 | 15176 | 17241 | 19270 | 21370 | 23327 | 25521 |
| 43 | 1078 | 2199 | 4821 | 7852 | 11273 | 14806 | 18385 | 22196 | 26199 | 29906 | 33985 | 38063 | 42408 | 46570 | 50634 |

Приложение 5

Масса листьев дуба в зависимости от диаметра дерева на высоте груди

| Степень толщины, см | Масса листьев, кг | Степень толщины, см | Масса листьев, кг |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 10 | 1.93 | 36 | 18.56 |
| 12 | 2.5 | 38 | 20.71 |
| 14 | 3.08 | 40 | 22.85 |
| 16 | 3.78 | 42 | 25.7 |
| 18 | 4.57 | 44 | 28.56 |
| 20 | 5.5 | 46 | 31.42 |
| 22 | 6.43 | 48 | 34.27 |
| 24 | 7.85 | 50 | 37.13 |
| 26 | 9.28 | 52 | 40.69 |
| 28 | 10.71 | 54 | 44.27 |
| 30 | 12.14 | 56 | 47.84 |
| 32 | 14.28 | 58 | 52.12 |
| 34 | 16.42 | 60 | 56.41 |

Приложение 6

Среднее число деревьев сосны на 1 м² при полноте 1.0

| Класс бонитета | Возраст | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Ia | 0.3 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.039 | 0.035 | 0.033 | 0.032 |
| I | 0.4 | 0.23 | 0.16 | 0.12 | 0.09 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.048 | 0.042 | 0.039 | 0.036 | 0.035 |
| II | 0.49 | 0.26 | 0.2 | 0.12 | 0.1 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.054 | 0.049 | 0.046 | 0.041 | 0.039 |
| III | 0.57 | 0.37 | 0.24 | 0.19 | 0.14 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.067 | 0.058 | 0.054 | 0.049 | 0.046 |
| IV | 0.95 | 0.47 | 0.37 | 0.23 | 0.18 | 0.15 | 0.12 | 0.1 | 0.083 | 0.078 | 0.072 | 0.067 | 0.062 |
| V | | 0.71 | 0.48 | 0.37 | 0.28 | 0.24 | 0.18 | 0.17 | 0.144 | 0.117 | 0.105 | | |
| VI | | 1.2 | 1.1 | 0.67 | 0.56 | 0.48 | 0.32 | 0.26 | 0.24 | 0.203 | 0.176 | | |

Приложение 7

Изменение веса здоровых коконов самок и плодовитости обыкновенного соснового пилильщика по фазам вспышки

| Фаза вспышки | Вес коконов, г | | | Число яичек, шт. | | |
|--------------|----------------|---------|-------------|------------------|---------|-------------|
| | максимальный | средний | минимальный | максимальное | среднее | минимальное |
| I, II | 0.19...0.20 | | 0.15...0.16 | 170...180 | | 135...150 |
| III | | | 0.11...0.12 | | | 75...90 |
| IV | | | 0.6-0.7 | 0.025 | 30-35 | |
| | | | | | 0 | |

Приложение 8

Построение плана последовательного учёта с интервальной оценкой плотности популяции

В качестве примера рассмотрим построение последовательного учёта кладок яиц шелкопряда-монашенки. Распределение популяции было аппроксимировано отрицательным биномиальным распределением с $K = 1.896$. Экспонента отрицательного бинома может быть определена с использованием различных уравнений. Самое простое выглядит следующим образом:

$$K = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}}$$

где:

K – экспонента отрицательного бинома (мера скученности);

\bar{x} – среднее выборки;

S^2 – оценка дисперсии.

Обычно выбирается два, три или четыре класса плотности популяции. В данном случае возьмём три степени заражённости: слабая – 0.84 и менее, средняя – 0.85...6.51 и сильная – 6.52 и более яиц на 100 г сырой хвои. Эти классы связывают плотность яиц в данном году с предстоящим объединением насаждений.

Для проверки гипотезы H_0 против альтернативы H_1 нужно разбить выборочное пространство на области.

I блок:

H_0 – плотность популяции 0.84 яйца и менее на пробу;

H_1 – плотность популяции 1.68 яйца и более на пробу.

II блок:

H_0 – плотность популяции 3.26 яйца и менее на пробу;

H_1 – плотность популяции 6.52 яйца и более на пробу.

Т.е. слабая и средняя и средняя и сильная степени заселённости различаются в два раза. Если мы хотим обнаружить меньшие различия между этими значениями, необходимо использовать более узкие зоны неопределенности. И далее:

α – вероятность принять гипотезу H_1 когда H_0 справедливо;

β – вероятность принять гипотезу H_0 , когда H_1 справедливо.

Примем $\alpha = \beta = 0.2$, т.е. вероятность принять неправильную гипотезу составляет 20%.

Для наглядности все предварительные формулы и вычисления сведём в таблицу.

Таблица. Классы заселённости монашенкой и расчёт параметров последовательного учёта

| Постоянные $K = 1.896$ | Параметры при заселённости | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Слабой | Средней | Средней | Сильной |
| | 0.84 | 1.68 | 3.26 | 6.52 |
| $\bar{x} = kp$ | $kp_0 = 0.84$ | $kp_1 = 1.68$ | $kp_0 = 3.26$ | $kp_1 = 6.52$ |
| $k = \bar{x}/p$ | $p_0 = 0.44$ | $p_1 = 0.89$ | $p_0 = 1.72$ | $p_1 = 3.44$ |
| $q = 1 + p$ | $q_0 = 1.44$ | $q_1 = 1.89$ | $q_0 = 2.72$ | $q_1 = 4.44$ |

Границы областей α и $\beta = 0.2$ определяют по формулам:

$$D_0 = Cn + h_0; D_1 = Cn + h_1,$$

где:

C, h_0 и h_1 – константы;

n – число проб.

Константы C, h_0 и h_1 определяются для заданных классов и уровней вероятности по формулам:

$$C = \frac{K \lg(q_1/q_0)}{\lg(p_1 q_0 / p_0 q_1)},$$

$$h_0 = \frac{\lg B}{\lg(p_1 q_0 / p_0 q_1)}, \quad B = \frac{\beta}{1 - \alpha},$$

$$h_1 = \frac{\lg A}{\lg(p_1 q_0 / p_0 q_1)}, \quad A = \frac{1 - \beta}{\alpha}.$$

В рассматриваемом примере имеем:

| Для блока I | Для блока II |
|----------------|----------------|
| $C = 1.19$ | $C = 4.47$ |
| $h_0 = - 3.21$ | $h_0 = - 6.69$ |
| $h_1 = + 3.21$ | $h_1 = + 6.69$ |
| $B = 0.25$ | $A = 4.0$ |

Определяем нижние границы областей графика:

$$D_0 = 1.19n + 3.21, D_1 = 1.19n - 3.21.$$

Для верхних областей графика имеем:

$$D_0 = 4.47n + 6.69, D_1 = 4.47n - 6.69.$$

Подставляя вместо n число наблюдений, построим сетку последовательного учёта, где по горизонтальной оси отложено число проанализированных деревьев, а по вертикальной – число кладок яиц на 100 г сырой хвои нарастающим итогом.

Диагностические признаки главнейших бактериальных болезней

| Название болезни. Вид возбудителя | Поражаемая порода | Диагностические признаки | Последствия поражения |
|--|-------------------|--|--|
| <i>Бактериальная водянка</i> | | | |
| Бактериальная водянка хвойных (бактериальный мокрый рак, темный водослой) (<i>Erwinia nimipres-sularis</i> , <i>Erwinia multivora</i>) и др. | Ель | Характерным признаком водянки хвойных пород является изменение окраски хвои. У пихты и сосны сначала она желтеет, затем становится оранжево-красной или розовато-красной и сероватой (у пихты) и бурой (у сосны), а затем засыхает. У ели хвоя желтеет с концов, буреет, но не краснеет. Пожелтение хвои отмечено также у лиственницы и можжевельника. Изменение окраски хвои может произойти в любой части кроны дерева – вершине, сбоку, снизу, в середине кроны, на отдельных мутовках и ветвях или по всей кроне сразу. Обычно усыхание кроны начинается с вершины, поэтому часто встречаются суховершинные деревья, что особенно характерно для пихт. У сосен иногда бурая хвоя держится крепко, повисая вниз. Древесина ветвей и стволов пораженных деревьев мокрая, с кислым запахом. На поперечном срезе стволов елей и пихт любого возраста видно мокрое ложное ядро, часто темное (темный водослой) почти всегда с неровными более темными краями. В стволе деревьев образуется большое количество жидкости, а также газ. Под давлением газа происходит разрыв годичных колец древесины и коры, образующиеся трещины по внешнему виду напоминают морозобойные. Древесина корней часто тоже мокрая. Поражаются также шишки и семена | Ослабление и усыхание хвойных всех возрастов. Деревья могут усохнуть быстро, в течение одной весны, или медленно – в течение 10 и более лет, при этом деревья обычно суховершиняют. Усыхают отдельные деревья, небольшие группы, иногда заболевание приобретает характер эпифитотий. |
| | Лиственница | На лиственнице симптомы бактериальной водянки имеют несколько характерных черт, обусловленных наличием более толстой коры и ежегодным сбрасыванием хвои осенью. У больных деревьев лиственничного подроста наблюдается в месте поражения искривление ствола, на этом месте или ниже кора растрескивается на большом протяжении с образованием продольных язв, во влажные периоды вегетационного сезона вследствие истечения экссудата отмечается потемнение корковых элементов. На стволе появляется много водяных побегов, примерно у половины пораженных деревьев поражается вершина: верхушечный побег усыхает, остается на дереве, вследствие чего вершина имеет вид «вилки», хвоя на подобных вершинах деформирована, изогнута, с хлорозными пятнами. У старовозрастных деревьев на стволе много вдавленных мокрых язв, крона сильно изрежена из-за отмерших боковых ветвей, у основания которых образуются глубокие продольные трещины. При поперечном срезе ствола четко заметно потемнение нескольких годичных колец, ткани темно-коричневого цвета, влажные, мацерированные. Хвоя имеет светло-желтую окраску уже к середине лета и рано осыпается. Более трети шишек у пораженных деревьев имеют неправильную искривленную форму, меньшие размеры, чем у здоровых, основания чешуек некротизируются, ко времени созревания загнивает основание стержня | |
| | Пихта | На пихте симптомы бактериоза проявляются очень четко. Как правило, на пихтовом подросте отмирает нижняя треть кроны, на стволе много продольных трещин, хвоя имеет ярко-оранжевую окраску. Кора сильно увлажняется, отслаивается на большом протяжении, с образованием язв или вздувается под действием газа, образующегося в результате деятельности бактерий. У средневозрастных деревьев кора отмирает отдельными участками в месте поражения древесины, ткани которой становятся почти черными, сильно увлажняются и распадаются на отдельные волокна. Кора растрескивается на большом протяжении вдоль и поперек ствола, в течение всего вегетационного периода отмечается выделение смолы и экссудата. В результате отмирания боковых побегов образуются так называемые "перетяжки" | |

| Название болезни. Вид возбудителя | Поражаемая порода | Диагностические признаки | Последствия поражения |
|---|-------------------|--|--|
| <i>Бактериальная водянка</i> | | | |
| | Кедр, сосна | У кедра отмирание коры начинается снизу. С пораженных ветвей осыпается хвоя, отслаивается кора с обнажением заболони, на верхних ветвях хвоя слегка увядает, появляются светло-коричневые пятна. Полное отмирание наступает, как правило, через 2...3 года. Наблюдается обильное смолотечение, к концу осени потеки засыхают на стволе | |
| Бактериальная водянка лиственных (бактериальный мокрый рак) (Бактерии рр. <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Coryne-bacterium</i> , <i>Aplanobacterium</i> и др.) | | Характерным признаком водянки лиственных пород является бледный желтоватый цвет листьев, недоразвитие листовой пластинки, появление водяных побегов, усыхание отдельных ветвей или кроны в целом, некрозы коры и истечение из нее экссудата с резким кислым запахом, слизетечение, поражение сосудов, сильное увлажнение древесины и луба с образованием большого количества газа | Угнетение роста, ослабление и усыхание деревьев в любом возрасте, но чаще 20...60-летних. Усыхают отдельные деревья, небольшие группы, иногда заболевание приобретает массовый характер. Быстрое разрушение пораженной древесины |
| Бактериальная водянка дуба (<i>Erwinia multivora</i>) | Дуб | На листьях образуются пятна бурого цвета неправильных очертаний, на коре – черные, слегка выпуклые сливающиеся пятна. Пятна, разрастаясь, сливаются, кора становится темно-бурой, почти черной. Ранней весной или поздней осенью из-под коры выступает бурый, чернеющий на воздухе экссудат. Пораженные дубки суховершиняют, появляются раковые раны у основания веток с внутренней стороны, дубки становятся карликовыми, кустистыми, с большим количеством почек на ветках. На поперечном срезе видны пятна различных размеров, расположенные по сосудам колец. Интенсивное поражение дерева сопровождается сильным увлажнением древесины и луба и образованием большого количества газа. Поражаются также корни. Древесина становится бурой, мокрой, с резким кислым запахом, на шейке корня образуются мокрые гнилые раны с размочаленным лубом. Бактерии развиваются в тканях дуба в состоянии покоя дерева – осенью, теплой зимой и весной. Летом в период наибольшей активности камбия дерева не поражаются. В распространении заболевания особое значение имеют насекомые (златки, усачи и др.), которые являются биологическими переносчиками инфекции. | |
| Бактериальная водянка, мокрый некроз (<i>Erwinia multivora</i> и др. виды бактерий) | Береза | Внешними признаками болезни у старых деревьев является сильно изреженная крона с наличием в ней сухих ветвей. На живых ветвях листва мелкая, недоразвитая, желтоватого цвета. Ниже усыхающей кроны по стволу появляются водяные побеги, которые также вскоре отмирают. На белой коре ствола появляются красные, как кровь, мелкие пятна от выступившей из мокрого луба жидкости. Вскоре пятна становятся черными. Красных и черных пятен на стволе может быть очень много, расположены они в основном в нижней части ствола. Под пятном луб мокрый, темно-бурого цвета, с кислым запахом. У молодых берез, так же как и у старых, усыхают ветви, красные и черные пятна на коре отсутствуют. У основания усохших веток почти всегда с одной стороны могут быть вдавленные раковые раны, достигающие в длину 1 м. Раковые раны могут быть в любой части ствола. В толще луба темно-бурые пятна, впоследствии сливающиеся. Распространение их вглубь до камбия происходит только в осенний и весенний период. Когда кора отмирает и буреет, она становится мокрой так же, как и древесина ствола. | |

| Название болезни. Вид возбудителя | Поражаемая порода | Диагностические признаки | Последствия поражения |
|---|-------------------|--|-----------------------|
| <i>Бактериальная водянка</i> | | | |
| Бактериальная водянка (<i>Erwinia multivora</i>) | Липа, граб | У липы в нижней части стволов образуются вдавленные раковые раны с отмершей корой и мацерированным лубом в ней. Из трещин коры и вдавленных ран вытекает сок и засыхает в виде черного потека или пятна. Древесина темно-бурая, насыщена влагой. У граба, особенно у молодых деревьев, кора на стволах становится мокрой и отмирает. Снаружи она покрыта жидкостью бурого цвета, которая затем чернеет и засыхает. Часто при этом появляются продольные трещины в коре и древесине, из которых вытекает жидкость. Размеры такого поражения могут быть различны – иногда до 1 м по оси ствола и с охватом до 1/3 окружности. Такое поражение наблюдается обычно весной | |
| Бактериальная водянка, бактериальный мокрый рак, бактериальное бурое слизетечение, коричневое слизетечение (<i>Erwinia multivora</i>) | Осина, тополь | Характерными внешними признаками начальной стадии болезни являются изреженность (ажурность) крон, мелкие красноватые листья, часто небольшие вдавленные раковые раны, вначале прикрытые корой. Они могут сливаться, образуя длинные вытянутые язвы на стволе. Ранней весной на коре ветвей и стволов больных деревьев появляются продольные трещины, из которых выступает бесцветный или янтарного цвета, темнеющий на воздухе экссудат. Кора отмирает, растрескивается и свисает лоскутами, что является характерным признаком заболевания. Древесина красно-бурого цвета. Пораженные кора и древесина мокрые, при надавливании из них вытекает жидкость. Под влиянием жизнедеятельности бактерий происходит мацерация тканей луба и древесины, в древесине накапливается газ. У старых деревьев болезнь может приобретать хроническую форму: из года в год на таких деревьях отмечается обильное выделение экссудата на стволах и усыхание отдельных ветвей | |
| Бактериальная водянка бактериальный мокрый рак (<i>Erwinia nimipressulstris</i> , <i>Erwinia multivora</i>) | Ильмовые породы | У больных деревьев в области заболони в ядре появляются темно-коричневые штрихи, которые могут сливаться и образовывать кольца в древесине стволов и ветвей. Пораженная древесина насыщена соком с кислым запахом. Большое количество жидкости и газа, скапливающееся в стволе, вызывает разрыв коры и древесины. Из таких трещин и других повреждений ствола и веток вытекает бесцветный экссудат, темнеющий на воздухе. При подсыхании на коре образуется серо-белый налет. Сок токсичен для молодых побегов и листьев, под его влиянием отмирает камбий вокруг трещин и кора отделяется от ствола. Поселяющиеся бактерии и дрожжи превращают сок в слизистую пенообразную массу вокруг ран. У пораженных деревьев отмечается увядание листьев, молодых побегов и веток, скручивание и преждевременное опадение листьев, побурение и закупорка сосудов. При хронической форме болезни листья желтеют или коричневеют и могут оставаться на дереве на протяжении нескольких недель. Преждевременное сбрасывание листьев приводит к отмиранию веток и деревьев | |
| Бактериальная водянка (<i>Erwinia multivora</i>) | Клен (рис. 8) | Наиболее характерным и точным признаком заражения является наличие в стволе, ветвях и побегах мокрой древесины, которая на свежем срезе имеет бурый цвет и кисловатый запах, но затем она приобретает синеватую, синевато-черную или даже черную окраску, такой же цвет и у отмершей древесины. Из трещин коры вытекает жидкость бурого цвета, которая вскоре засыхает в виде черной пленки или потека | |

| Название болезни. Вид возбудителя | Поражаемая порода | Диагностические признаки | Последствия поражения |
|---|---------------------------|--|---|
| <i>Бактериальная водянка</i> | | | |
| Бактериальная водянка, слизетечение, бактериальный мокрый рак (<i>Erwinia nimipressulstris</i>) | Бук | На коре стволов и ветвей, а также корней появляются длинные некротические полосы с многочисленными небольшими продольными трещинами, сливающимися и достигающими нескольких метров. Летом кора трескается, открывается рана, поражаются все живые элементы коры и древесины. Внутренние пораженные участки темно-коричневые, мокрые, с кислым запахом, всегда пропитаны водой. Жидкость вытекает наружу, образуя черные потеки на коре с резким кислым запахом. Экссудат токсичен и убивает камбий на некотором расстоянии от раны, вследствие чего кора отделяется от древесины. При сильном поражении ствола наблюдается преждевременное опадение листьев и изреживание кроны. Усыхание деревьев начинается с отдельных веток, независимо от их расположения. Бледный желтоватый цвет листьев – внешний признак внутренней пораженное™ деревьев. Поражаются также орешки бука. Важную роль в распространении инфекции играют насекомые, особенно узкотелая златка и буковая тля | Чаще поражаются деревья в, возрасте. 20...60 лет |
| <i>Раково-язвенные заболевания</i> | | | |
| Опухолевидный рак <i>Corynebacterium, Erwinia nimipressulstris</i> | Сосна, пихта, лиственница | Наиболее часто заболевание встречается на лиственнице и сосне, причем чаще на подросте, чем на средневозрастных деревьях. На лиственничном подросте чаще в средней части ствола и выше образуются наросты, превышающие диаметр ствола в 2 и более раза, в большинстве случаев кора растрескивается, образуются сухие или незначительно засмоленные язвы. На поперечном срезе пораженные ткани темно-коричневого цвета, в больших наростах наблюдается образование полостей, поражение охватывает большую часть древесины. На ветвях, у основания которых образуются опухоли, хвоя к середине вегетационного периода подвядает и желтеет. Иногда концы некротизируются до 1/3 длины от вершины. Симптомы заболевания у сосны очень сходны с таковыми у лиственницы. На ветвях соснового подроста образуются округлые наросты, достигающие 4...5 см в диаметре, а иногда и больше. Они разрастаются из года в год, со временем в центре образуются пустоты. За счет образования большого числа наростов на боковых ветвях крона изреживается. По мере увеличения наростов, через 5 и более лет после заражения пораженные ветви начинают засыхать. На пихте на боковых ветвях развиваются большие развороченные язвы, окаймленные каллюсом. На стволах ели наросты не имеют четких границ, ствол постепенно утолщается и искривляется в месте поражения тканей древесины | Угнетение роста, снижение прироста древесины, деформация стволов, ослабление, реже усыхание деревьев. Образование очагов дереворазрушающих грибов |
| Опухолевидный поперечный рак <i>Pseudomonas quercina</i> | Дуб | Первые признаки заболевания появляются на двухлетних побегах в виде выпуклых эллиптических наростов. Наросты медленно разрастаются в поперечном направлении, становятся все более выпуклыми, а кора все более твердой. Наблюдаются изменения в анатомии клеток и ткани, происходят изменения и в коре. Луб в пораженной части в 1.5...4 раза толще, чем у непораженной коры. Различают открытый и закрытый тип поражения дуба поперечным раком, на одном дереве могут встречаться оба типа. Разрастание раковых образований происходит в течение многих лет и всегда в поперечном направлении. По мере разрастания образуется поперечная трещина, которая постепенно увеличивается и приобретает вид надлома. Кора на поверхности нароста становится трещиноватой, отмирает и затем отваливается. В связи с медленным развитием болезнь не вызывает массового и быстрого усыхания дубов. Усыхание происходит только при полном окольцовывании опухолью ствола или ветвей. Отмечена связь между пестрой дубовой тлей и образованием поперечного рака | Поражаются деревья в молодом возрасте до 20...30 лет |

| Название болезни. Вид возбудителя | Поражаемая порода | Диагностические признаки | Последствия поражения |
|---|------------------------|--|---|
| <i>Бактериальная водянка</i> | | | |
| Опухолевидный рак <i>Pseudomonas rimifaciens</i> , <i>P. cerasi</i> , <i>P. syringae</i> ; <i>Aplanobacterium populi</i> , <i>Erwinia cancerogena</i> | Тополь, отдельные виды | Ранней весной и в начале лета вокруг пораженных почек и у основания веток образуются небольшие сырые волдыри, которые открываются трещинками, а затем – язвами. Язвы бывают двух типов: маленькие (1...3 см), узловатые, "закрытые язвы" и наиболее типичные – большие (1...15 см), удлинённые, "открытые язвы". Наиболее интенсивное развитие опухолей и язв наблюдается в мае и почти полностью прекращается в августе. Из язв на месте листовых рубцов, треснувших волдырей, пораженных почек вытекает вязкий, липкий, мутный экссудат, более жидкий во влажную погоду, сначала беловатый или серый, затем на воздухе приобретающий коричневую окраску. Экссудат образуется ранней весной при распускании почек, к осени его количество уменьшается. Древесина под пораженным участком светло-красная, луб темно-серый, окрашен частично. На поперечном разрезе кора и часть камбия полупрозрачны. При быстром прогрессировании болезни образуется некроз, ветви усыхают, при медленном – формируется пробковый валик, который разрастается годами. У сильно пораженных деревьев преждевременно опадают листья, неравномерно усыхает верхушка кроны и боковых ветвей | Изреживание кроны, снижение прироста, ослабление и усыхание деревьев; неустойчивость деревьев к ветровалу, стимуляция развития дереворазрушающих грибов |
| Бактериальный рак <i>Pseudomonas fraxini</i> , <i>P. savastanoi</i> | Ясень | Заболевание начинается с появления на ветвях и стволах небольших продолговатых или округло-овальных вздутых коры, в центре которых появляется трещина. Из года в год трещины расширяются и удлиняются, возникают новые и в результате формируются специфические многолетние раковые язвы. В центре язвы кора растрескивается и шелушится при утолщении, образуются грубо-шероховатые наросты из коры. В центре наростов кора полностью опадает; древесина обнажается. По периферии язвы лубяная часть коры слегка желтеет или краснеет, на срезе коры всегда заметна узкая (3-6 мм) цветная извилистая полоска, окаймляющая язву. На поперечных разрезах пораженной и отмирающей коры заметны темно-бурые, коричневые, поперечные или продольные полосы или пятна, видны также пустоты, которые в весенне-летний период заполнены мутно-серой, липкой, слизистой жидкостью без запаха. Язва ежегодно как бы углубляется и погружается в толщу ствола, ветви и стволы деформируются, деревья имеют характерный болезненный вид. Поражаются деревья всех возрастов. При сильном развитии болезни молодые деревья в возрасте 5...7 лет и сеянцы (саженцы) погибают. Переносчиками болезни могут быть личинки ясеневой паутинной моли, малый ясеневый лубоед | Ослабляется рост дерева, развиваются сухобочины, а при окольцовывании ствола и ветвей раковыми язвами деревья частично или полностью усыхают. Снижается выход и сортность деловых сортиментов |

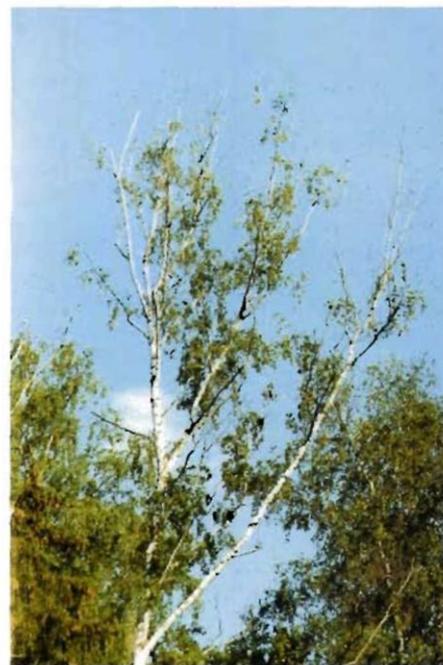
Категории состояния основных лесобразующих пород



1



2



3



4



5



6

Категории состояния березы повислой и березы пушистой:

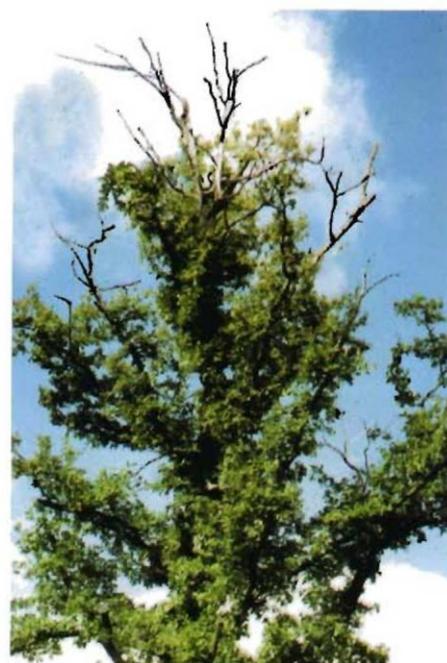
- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



5



6

Категории состояния дуба черешчатого:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



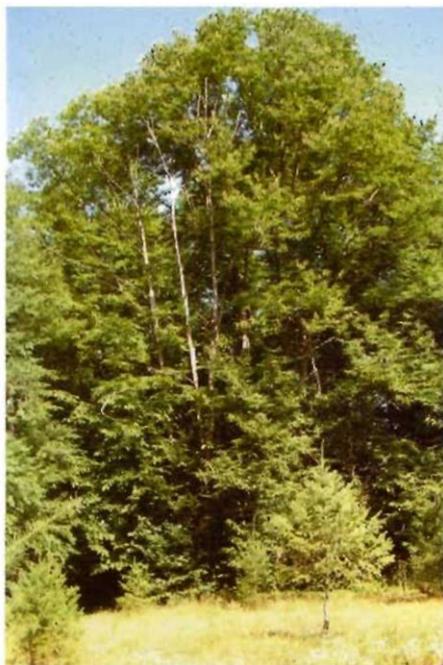
5



6

Категории состояния ели обыкновенной:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



5



6

Категории состояния каштана съедобного:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



5



6

Категории состояния кедра сибирского:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



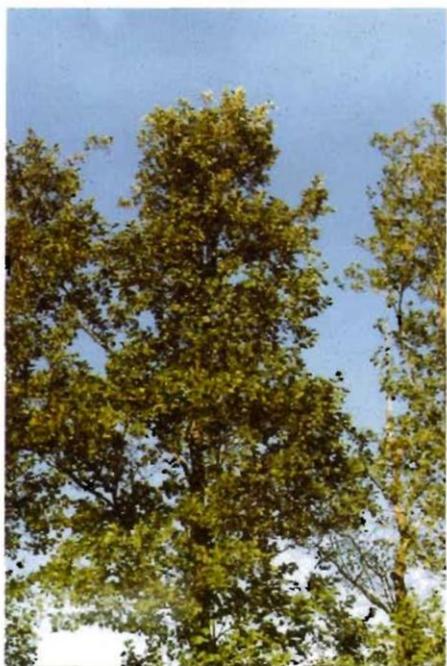
5



6

Категории состояния лиственницы:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



5



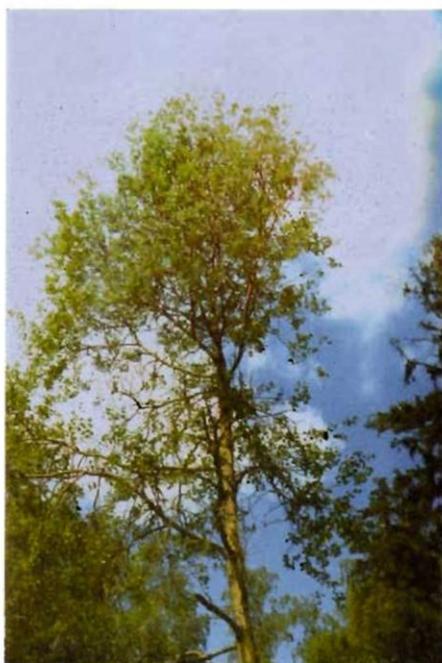
6

Категории состояния ольхи черной:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



3



4



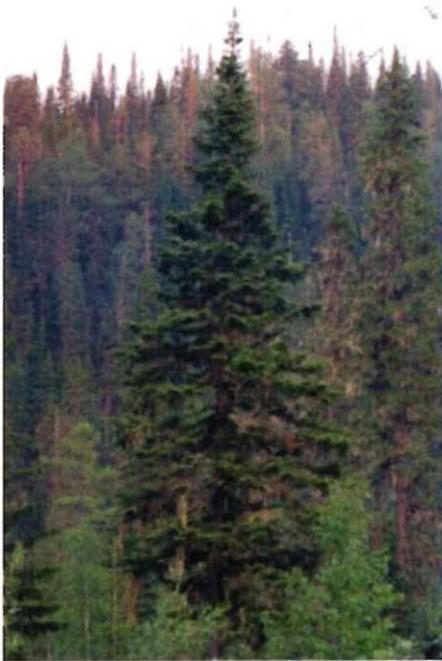
5



6

Категории состояния осины:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



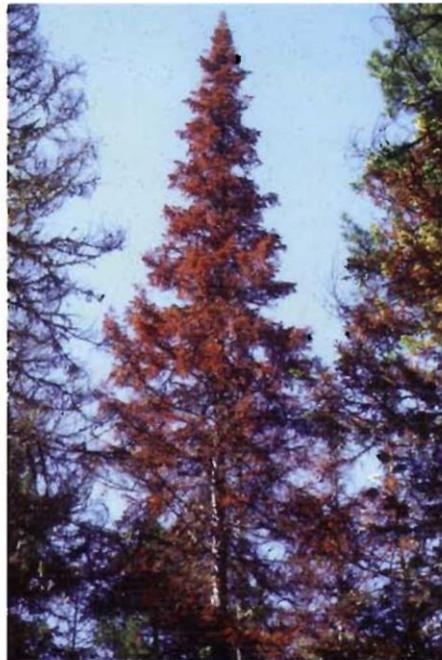
2



3



4



5



6

Категории состояния пихты сибирской:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой



1



2



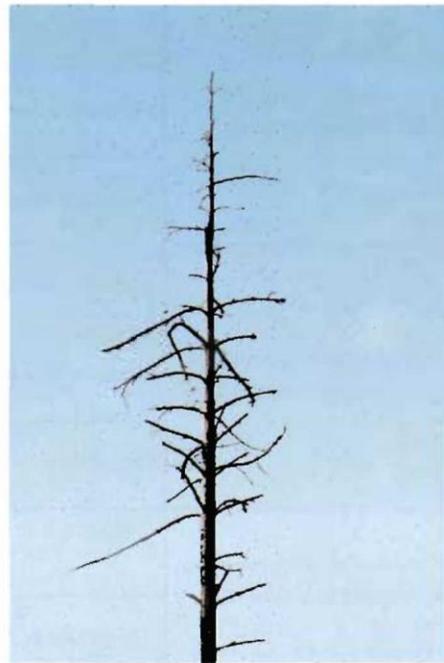
3



4



5



6

Категории состояния сосны обыкновенной:

- 1 – здоровое дерево,
- 2 – ослабленное,
- 3 – сильно ослабленное,
- 4 – усыхающее,
- 5 – свежий сухостой,
- 6 – старый сухостой

Классификация последствий повреждения леса и тяжести их проявления

| Последствия повреждений леса на экосистемном уровне | | | Категория тяжести последствий | |
|---|--|--|-------------------------------|---|
| | | | экологических | экономических |
| Полное усыхание лесов на территории с переходом категории лесопокрытой площади в другую категорию земель | В непокрытую лесной растительностью нелесную площадь с необратимым изменением среды или с длительным (более 100 лет) периодом восстановления | Непродуцирующую (техногенную пустошь, отвал, карьер и пр.) | Катастрофа | Снижение цены земель, ресурсов |
| | | Биологически продуцирующую (болото, прогалина и др.) | Бедствие 1 подкатегории | |
| | В лесонепокрытую лесную площадь, где возможно лесовосстановление | Бедствие 2 подкатегории | | |
| Частичное усыхание древостоев со снижением полноты, запаса и биологической продуктивности и устойчивости насаждений | До степени редины с несохранением лесной среды и значительной утратой ресурсных функций | | Бедствие 2 подкатегории | То же |
| | С сохранением лесной среды и снижением ресурсных функций | | Бедствие 2 подкатегории | Снижение цены ресурсов |
| Снижение прироста растущих деревьев | Не восстановимое | | Нарушение 1 подкатегории | То же |
| | Частично восстановимое | | Нарушение 2 подкатегории | |
| | Восстановимое полностью | | Нарушение 3 подкатегории | |
| Снижение качества (сортности) древесины | До неликвидности | | Нет | Потери в стоимости древесины |
| | Значительное (не менее чем на 2 сорта) | | Нет | |
| | Незначительное (на 1 сорт) | | Нет | |
| Снижение количества и качества семян и плодов | Полное уничтожение урожая, полная потеря всхожести | | Нарушение 1 подкатегории | Потери в стоимости урожая |
| | Частичная потеря урожая, снижение сортности | | Нарушение 2 подкатегории | |
| Снижение количества выхода и качества посадочного материала в питомнике | Полная гибель сеянцев и саженцев | | Нарушение 1 подкатегории | Нерациональные расходы на выращивание |
| | Частичная гибель и снижение качества посадочного материала | | Нарушение 2 подкатегории | |
| Усыхание лесных культур | Полная гибель молодых растений | | Нарушение 1 подкатегории | Нерациональные расходы на создание и уход за культурами |
| | Частичная гибель молодых растений и дополнение культур | | Нарушение 2 подкатегории | |

Классификация последствий повреждения вредителями и поражения болезнями деревьев и насаждений

| Повреждаемые органы дерева | Последствия | | | Оценка влияния на баланс CO ₂ на основании последствий экосистемного уровня |
|---|---|---|--|---|
| | 1-го порядка (дерева) | 2-го порядка (популяций деревьев) | 3-го порядка (экосистемы) | |
| Генеративные органы | Частичная или полная потеря урожая плодов и семян, снижение их качества | Замедление или перерывы в появлении потомства повреждаемых видов | Изменение породного состава и возрастной структуры насаждения | Не подлежит оценке |
| Почки, побеги, ветви, стволы и корни молодых растений | Изменение формы кроны, задержка роста, нарушение целостности тканей и процессов жизнедеятельности, снижение запаса пластических веществ, снижение или прекращение прироста, усыхание отдельных побегов и ветвей в кроне, сухостойность, снижение продуктивности и устойчивости дерева, увеличение вероятности вторичного поражения другими видами вредителей и болезней, снижение качества древесины в будущем, при высокой и/или многократной степени повреждения (поражения) полное прекращение роста и гибель растения | Снижение прироста, частичное или полное усыхание популяции молодых деревьев повреждаемых (поражаемых) видов | Изменение породного состава и возрастной структуры насаждения; увеличение времени существования не покрытых лесной растительностью лесных площадей; удлинение периода достижения насаждением максимальной экологической продуктивности | Не подлежит оценке |
| Листья и хвоя | Дефолиация или нарушение целостности тканей, нарушение процессов жизнедеятельности, снижение запаса пластических веществ, снижение или прекращение прироста, усыхание отдельных побегов и ветвей в кроне, сухостойность, снижение продуктивности и устойчивости дерева, увеличение вероятности его вторичного поражения другими видами вредителей и болезней, при высокой и/или многократной степени повреждения полное прекращение роста и гибель дерева | Снижение прироста и запаса древесины, частичное или полное усыхание популяции деревьев повреждаемых (поражаемых) видов | Изменения состава и структуры*, снижение полноты и запаса насаждения; увеличение запаса фитодетрита, увеличение освещенности подпочвенной среды и зеленой массы подлеска и травяного покрова; увеличение поступления элементов питания в почву | Снижение количества депонируемого углерода; увеличение эмиссии углекислого газа при разложении фитодетрита; увеличение почвенного дыхания |
| Стволы и корни деревьев | Нарушение целостности тканей и процессов жизнедеятельности, снижение запаса пластических веществ, снижение или прекращение прироста, продуктивности и устойчивости дерева, усыхание отдельных побегов и ветвей в кроне, сухостойность деревьев, деформация стволов, увеличение вероятности вторичного поражения дерева другими видами вредителей и болезней, снижение качества древесины, при высокой степени повреждения полное прекращение роста и гибель дерева | Снижение прироста и запаса древесины, частичное или полное усыхание популяции деревьев повреждаемых (поражаемых) видов, уменьшение запаса ликвидной древесины, снижение её качества | Изменения состава и структуры*, снижение полноты и запаса насаждения, увеличение запаса фитодетрита, увеличение освещенности подпочвенной среды и зеленой массы подлеска и травяного покрова | Снижение количества депонируемого углерода; увеличение эмиссии углекислого газа при разложении фитодетрита |

* Изменение структуры насаждения после биотических нарушений заключается в изменении нормального соотношения деревьев разных категорий состояния, вследствие чего меняется средневзвешенная охвоенность, облиственность, индекса состояния насаждения.

Приложение 13

Число хвое- и листогрызущих вредителей, приходящихся в среднем на одно дерево или 1 м² поверхности подстилки и почвы в насаждении и угрожающих ему 100%-м объеданием хвои или листвы (по Ильинскому, 1965)

| Виды и фазы вредителей | Число вредителей, в среднем, шт. | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| | на одно дерево в возрасте, лет | | | | | | | | | | на 1 м ² |
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | |
| Яиц монашенки | 200 | 400 | 550 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | |
| Гусениц соснового шелкопряда | 70 | 100 | 150 | 250 | 300 | 400 | 500 | 700 | 800 | 1000 | 40 |
| Гусениц сибирского шелкопряда | 40 | 60 | 90 | 150 | 180 | 240 | 300 | 420 | 480 | 600 | 28 |
| Куколок-самок сосновой совки | 6 | 12 | 16 | 24 | 32 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 4 |
| Куколок-самок сосновой пяденицы | 10 | 15 | 24 | 36 | 48 | 60 | 75 | 90 | 105 | 125 | 6 |
| Куколок-самок соснового бражника | 0.8 | 1.2 | 1.8 | 3 | 3.6 | 4.5 | 5.7 | 6.3 | 9.4 | 11.7 | 0.5 |
| Коконов-самок обыкновенного соснового пилильщика | 20 | 35 | 55 | 75 | 100 | 130 | 160 | 200 | 250 | 300 | 13 |
| Коконов-самок рыжего соснового пилильщика | 25 | 45 | 70 | 100 | 130 | 170 | 210 | 270 | 330 | 400 | 17 |
| Эонимф красноголового или звездчатого ткача | 50 | 90 | 140 | 200 | 260 | 340 | 420 | 540 | 660 | 800 | 35 |
| Яиц непарного шелкопряда | 150 | 350 | 550 | 800 | 1000 | 1300 | 1700 | 2200 | 2800 | 3300 | |
| Зимних гнезд златогузки | 1.5 | 3.0 | 5.0 | 8.0 | 10.0 | 13.0 | 17.0 | 22.0 | 28.0 | 33.0 | |
| Яиц кольчатого шелкопряда | 300 | 700 | 1100 | 1600 | 2000 | 2600 | 3400 | 4400 | 5600 | 6600 | |
| Яиц ивовой волнянки | 200 | 450 | 800 | 1100 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 4000 | 5000 | |
| Куколок-самок зеленой дубовой листовертки | 10 | 35 | 50 | 70 | 100 | 130 | 170 | 220 | 280 | 350 | |
| Куколок-самок краснохвостого шелкопряда | 0.4 | 0.9 | 2.2 | 3.2 | 4.7 | 6.2 | 7.6 | 9.0 | 10.8 | 12.3 | 0.4 |
| Куколок-самок зимней пяденицы | 4.5 | 12.0 | 25.0 | 40.0 | 60.0 | 75.0 | 95.0 | 115 | 135 | 150 | 5.0 |
| Куколок-самок пяденицы обдирало | 2.3 | 6.0 | 12.0 | 20.0 | 30.0 | 40.0 | 48.0 | 55.0 | 70.0 | 80.0 | 3.0 |
| Куколок-самок тополевой пяденицы шелкопряда | 1.1 | 2.5 | 6.0 | 10.0 | 15.0 | 18.0 | 24.0 | 28.0 | 32.0 | 40.0 | 1.2 |
| Куколок-самок бурополосой пяденицы шелкопряда | 1.7 | 3.8 | 8.0 | 14.0 | 20.0 | 25.0 | 31.0 | 38.0 | 43.0 | 55.0 | 1.6 |
| Куколок-самок фруктовой, желтоусой и волосистой пядениц-шелкопрядов | 2.2 | 5.0 | 12.0 | 20.0 | 30.0 | 36.0 | 48.0 | 56.0 | 64.0 | 80.0 | 2.5 |
| Куколок-самок лунки серебристой | 0.7 | 1.4 | 4.4 | 6.4 | 9.5 | 12.5 | 16.0 | 20.0 | 23.0 | 26.0 | 1.0 |
| Куколок-самок дубовой хохлатки | 0.5 | 1.2 | 3.0 | 4.2 | 6.3 | 8.3 | 10.5 | 13.2 | 16.2 | 19.3 | 0.7 |

Приложение 14

Плотность гусениц 1-го возраста на 100 г хвои или листвы, соответствующая различным степеням объедания (по модели Ф.Н. Семевского)

| Виды хвое- и листогрызущих насекомых | Плотность гусениц при объедании, % | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Сосновый шелкопряд* | 0.41 | 0.82 | 1.23 | 1.64 | 2.05 | 2.46 | 2.87 | 3.28 | 3.69 | 4.18 |
| Монашенка* | 1.39 | 2.79 | 4.18 | 4.53 | 6.97 | 8.37 | 9.76 | 11.15 | 12.15 | 13.94 |
| Сосновая совка | 2.81 | 5.61 | 8.42 | 11.20 | 14.03 | 16.04 | 19.64 | 22.45 | 25.26 | 28.08 |
| Сосновая пяденица | 7.42 | 14.83 | 22.25 | 29.67 | 37.08 | 44.50 | 51.91 | 59.33 | 66.75 | 74.17 |
| Обыкн. сосновый пилильщик | 16.89 | 33.78 | 50.67 | 67.56 | 84.40 | 101.30 | 118.20 | 135.10 | 152.00 | 168.90 |
| Рыжий сосновый пилильщик | 12.53 | 25.06 | 37.59 | 50.12 | 62.65 | 75.18 | 87.71 | 100.20 | 112.80 | 125.30 |
| Красноголовый ткач-пилильщик | 9.13 | 18.26 | 27.38 | 36.51 | 45.64 | 54.77 | 63.89 | 73.03 | 82.15 | 91.28 |
| Звездчатый ткач-пилильщик | 2.55 | 5.09 | 7.65 | 10.19 | 12.74 | 15.29 | 17.84 | 20.39 | 22.94 | 25.49 |
| Непарный шелкопряд | 1.97 | 3.94 | 5.91 | 7.87 | 9.84 | 11.81 | 13.78 | 15.75 | 17.72 | 19.69 |
| Златогузка* | 4.39 | 8.78 | 13.18 | 17.57 | 21.96 | 26.36 | 30.74 | 35.14 | 39.53 | 43.92 |
| Кольчатый шелкопряд | 2.83 | 5.66 | 8.50 | 11.33 | 14.16 | 16.99 | 19.82 | 22.66 | 25.49 | 28.32 |
| Зеленая дубовая листовертка | 22.80 | 45.70 | 68.60 | 91.40 | 114.30 | 137.20 | 160.00 | 182.90 | 205.80 | 228.60 |
| Зимняя пяденица | 23.29 | 46.59 | 69.88 | 93.17 | 116.47 | 139.76 | 163.05 | 186.35 | 209.64 | 232.94 |
| Пяденица-обдирало | 7.23 | 14.68 | 22.02 | 29.37 | 36.71 | 44.05 | 51.39 | 58.73 | 66.07 | 73.42 |
| Сосновый бражник | 1.21 | 2.42 | 3.65 | 4.84 | 6.06 | 7.27 | 8.48 | 9.69 | 10.90 | 12.10 |
| Углокрылая сосновая пяденица | 14.75 | 29.51 | 44.27 | 59.02 | 73.78 | 88.53 | 103.30 | 118.00 | 132.80 | 147.50 |
| Дубовая хохлатка | 2.04 | 4.02 | 6.11 | 8.14 | 10.18 | 12.22 | 14.25 | 16.29 | 18.32 | 20.36 |
| Лунка серебристая | 1.42 | 2.84 | 4.26 | 5.68 | 7.09 | 8.52 | 9.94 | 11.35 | 12.77 | 14.19 |
| Ильмовый ногохвост | 3.86 | 7.72 | 11.58 | 15.44 | 19.30 | 23.17 | 27.03 | 30.89 | 34.75 | 38.61 |
| Обыкновенная гарпия | 0.63 | 1.25 | 1.88 | 2.50 | 3.01 | 3.76 | 4.38 | 5.01 | 5.63 | 6.26 |
| Двухцветная хохлатка | 7.34 | 14.68 | 22.02 | 29.37 | 36.71 | 44.05 | 51.39 | 58.73 | 66.07 | 73.42 |
| Дубовый походный шелкопряд | 5.09 | 10.20 | 15.29 | 20.39 | 25.49 | 30.58 | 35.68 | 40.78 | 45.88 | 50.98 |
| Краснохвост | 7.84 | 15.69 | 23.53 | 31.38 | 39.22 | 47.07 | 54.91 | 62.75 | 70.60 | 78.44 |
| Ивовая волнянка | 7.34 | 14.68 | 22.02 | 29.37 | 36.71 | 44.05 | 51.39 | 58.73 | 66.07 | 73.42 |
| Пяденица шелкопряда волосистая | 7.34 | 14.68 | 22.02 | 29.37 | 36.71 | 44.05 | 51.39 | 58.73 | 66.07 | 73.42 |

| Виды хвое- и листогрызущих насекомых | Плотность гусениц при объедании, % | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Пушистая пяденица | 37.86 | 75.73 | 113.60 | 113.60 | 227.19 | 265.05 | 302.91 | 340.91 | 340.78 | 378.60 |
| Дубовая углокрылая пяденица | 5.49 | 10.99 | 16.49 | 21.99 | 27.49 | 32.99 | 38.49 | 43.99 | 49.49 | 54.95 |
| Американская белая бабочка | 2.15 | 4.30 | 6.45 | 8.61 | 10.76 | 12.91 | 15.06 | 17.21 | 19.36 | 21.50 |
| Листовертка боярышниковая | 27.11 | 54.21 | 81.32 | 108.43 | 135.33 | 162.64 | 189.75 | 216.86 | 243.97 | 271.00 |

*Для указанных вредителей прогноз дан по количеству зимующих гусениц 2-3 возрастов.

**Для монашенки в ельниках экологическую плотность, приведенную в таблице нужно увеличить на 25%.

***При исчислении таблицы принято, что хвоя или листва на деревьях не повреждена. При повреждении хвои или листвы нужно на соответствующий процент снизить запас зеленой массы на дереве или ветви при расчете экологической плотности.

Приложение 15

Плотность гусениц 1-го возраста на 100 г хвои или листвы, соответствующая различным степеням объедания (по модели А.В. Голубева)

| Виды хвое- и листогрызущих насекомых | Плотность гусениц при объедании, % | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| | Число гусениц 1-го возраста на 100 г зеленой массы*** | | | | | | | | | |
| Сосновый шелкопряд* | 0.48 | 1.06 | 1.64 | 2.34 | 3.18 | 4.2 | 5.52 | 7.38 | 10.56 | 21.1 |
| Монашенка' | 1.09 | 2.39 | 3.68 | 5.27 | 7.15 | 9.45 | 12.42 | 16.6 | 27.76 | 47.5 |
| Сосновая совка | 1.98 | 4.36 | 6.72 | 9.62 | 13.05 | 17.25 | 22.67 | 30.3 | 43.36 | 86.7 |
| Сосновая пяденица | 5.24 | 11.51 | 17.74 | 25.41 | 34.48 | 45.59 | 59.89 | 80.07 | 114.5 | 229.1 |
| Обыкн. сосновый пилильщик | 13.7 | 28.92 | 44.58 | 63.85 | 86.64 | 114.54 | 150.49 | 201.18 | 287.8 | 575.6 |
| Рыжий сосновый пилильщик | 11.59 | 25.43 | 39.13 | 56.13 | 76.17 | 100.7 | 132.3 | 176.86 | 253.0 | 506.0 |
| Красноголовый ткач-пилильщик | 7.37 | 16.18 | 24.94 | 35.72 | 48.47 | 64.1 | 84.19 | 112.54 | 161.0 | 322.0 |
| Звездчатый ткач-пилильщик | 1.99 | 4.37 | 6.73 | 9.64 | 13.08 | 17.29 | 22.72 | 30.37 | 43.44 | 86.89 |
| Непарный шелкопряд | 1.53 | 3.37 | 5.20 | 7.45 | 10.1 | 13.35 | 17.55 | 23.46 | 33.56 | 67.12 |
| Златогузка- | 4.37 | 9.60 | 14.79 | 21.19 | 28.76 | 38.02 | 49.96 | 66.78 | 95.54 | 191.1 |
| Кольчатый шелкопряд | 2.21 | 4.85 | 7.48 | 10.71 | 14.58 | 19.21 | 25.24 | 33.74 | 48.27 | 96.54 |
| Зеленая дубовая листовертка | 16.16 | 35.49 | 54.7 | 78.34 | 106.3 | 1140.53 | 184.66 | 246.85 | 353.16 | 706.29 |
| Зимняя пяденица | 16.46 | 36.15 | 55.73 | 79.82 | 108.3 | 143.17 | 188.12 | 251.47 | 359.78 | 719.53 |
| Пяденица-обдирала | 5.19 | 11.39 | 17.57 | 25.16 | 34.14 | 45.13 | 59.31 | 72.28 | 113.43 | 226.85 |
| Сосновый бражник | 0.86 | 1.88 | 2.89 | 4.15 | 5.63 | 7.45 | 9.79 | 13.08 | 18.72 | 37.44 |
| Углокрылая сосновая пяденица | 10.43 | 22.91 | 35.31 | 50.58 | 68.63 | 90.72 | 119.2 | 159.35 | 227.98 | 455.94 |
| Дубовая хохлатка | 1.44 | 3.16 | 4.87 | 6.98 | 9.47 | 12.52 | 16.45 | 21.98 | 31.46 | 62.91 |
| Лунка серебристая | 1.00 | 2.2 | 3.39 | 4.86 | 6.6 | 8.73 | 11.47 | 15.33 | 21.93 | 43.86 |
| Ильмовый ногохвост | 2.73 | 5.99 | 9.24 | 13.23 | 17.96 | 23.74 | 31.19 | 41.69 | 59.65 | 119.3 |
| Обыкновенная гарпия | 0.44 | 0.97 | 1.49 | 2.15 | 2.15 | 2.91 | 3.85 | 5.06 | 6.76 | 19.35 |
| Двухцветная хохлатка | 5.19 | 11.39 | 17.57 | 25.16 | 34.14 | 45.15 | 59.31 | 79.28 | 113.42 | 226.85 |
| Дубовый походный шелкопряд | 3.97 | 8.73 | 13.46 | 19.28 | 26.16 | 34.58 | 45.43 | 60.73 | 86.88 | 173.77 |
| Краснохвост | 6.71 | 14.74 | 22.72 | 32.54 | 44.15 | 58.36 | 76.68 | 102.51 | 146.66 | 293.31 |
| Ивовая волнянка | 5.19 | 11.39 | 17.57 | 25.16 | 34.14 | 45.14 | 59.31 | 19.28 | 113.42 | 226.8 |
| Пяденица шелкопряда волосистая | 3.24 | 7.12 | 10.97 | 15.72 | 21.32 | 28.19 | 37.04 | 49.52 | 70.85 | 141.69 |
| Пушистая пяденица | 21.07 | 46.28 | 71.33 | 102.17 | 138.63 | 183.26 | 240.79 | 321.9 | 460.5 | 921.0 |
| Дубовая углокрылая пяденица | 3.88 | 8.54 | 13.16 | 19.12 | 25.58 | 38.81 | 44.23 | 59.39 | 84.97 | 169.93 |
| Американская белая бабочка | 2.14 | 4.70 | 7.25 | 10.38 | 14.09 | 18.62 | 24.47 | 32.71 | 46.8 | 93.59 |
| Листовертка боярышниковая | 19.15 | 42.07 | 64.85 | 92.88 | 126.03 | 166.59 | 218.9 | 292.62 | 418.6 | 837.3 |

Редактор: М. Ф. Федоров

Подписано в печать 23.11.2004.
 Формат 60x90/8. Объем 25.0 печ. л.
 Бумага мелованная. Печать офсетная.
 Тираж 2000 экз. Заказ № 959

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии ЗАО «Полицентр»