

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНТЕНСИВНОЕ ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

*Учебное пособие для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки
«Лесное дело», «Технологические машины и оборудование»
и «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»*

Петрозаводск
Издательство ПетрГУ
2014

УДК 630.2
ББК 43.4
И73

Авторы-составители:

**В. С. Сюнёв, А. И. Соколов, С. А. Кильпеляйнен,
В. М. Лукашевич, А. Н. Пеккоев, Ю. В. Суханов**

Рецензенты:

О. И. Гаврилова, д-р. с.-х. наук, профессор кафедры
лесного хозяйства и ландшафтной архитектуры;

О. Н. Галактионов, канд. техн. наук,
зам. директора ООО «Лесные технологии»

Интенсивное лесное хозяйство : учебное пособие для студ.
И73 высш. учебных заведений / В. С. Сюнёв [и др.]. — Петрозаводск :
Изд-во ПетрГУ, 2014. — 173 с.

ISBN 978-5-8021-2175-7

Учебное пособие посвящено вопросам ведения лесного хозяйства, связанного с эффективным восстановлением лесных ресурсов и последующим уходом за лесом.

В пособии представлены основные принципы ведения интенсивного лесного хозяйства, современные машины и оборудование, применяемые на рубках ухода, обзор современного программного обеспечения для выполнения лесохозяйственных задач.

Учебное пособие предназначено для студентов лесотехнических вузов.

Пособие подготовлено при поддержке международного научного проекта «Новые трансграничные решения в области интенсификации ведения лесного хозяйства и повышения степени использования топливной древесины в энергетике» по программе приграничного сотрудничества в рамках Европейского инструмента соседства и партнерства «Карелия» (Karelia ENPI CBC) и Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета.

УДК 630.2
ББК 43.4

ISBN 978-5-8021-2175-7

© Сюнёв В. С., Соколов А. И., Кильпеляйнен С. А.,
Лукашевич В. М., Пеккоев А. Н., Суханов Ю. В., 2014
© Петрозаводский государственный университет, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОСТОЯНИЕ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ И НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕХОДА НА ИНТЕНСИВНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ	9
1.1 Необходимость перехода на интенсивные методы лесовыращивания	9
1.2 Биологические особенности основных древесных пород	10
1.3 Методы лесовосстановления	20
1.4 Проектирование работ по лесовосстановлению	22
1.5 Содействие естественному возобновлению леса	23
1.6 Создание лесных культур	28
1.7 Комбинированный метод лесовосстановления	43
1.8 Уход за молодняками	44
1.9 Контроль и оценка качества работ по лесовосстановлению	53
Контрольные вопросы для самоподготовки и закрепления материала	56
2 УХОД ЗА ЛЕСОМ КАК ОСНОВА ИНТЕНСИВНОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА	57
2.1 Общие сведения об уходе за лесом	57
2.2 Основы рубок ухода	64
2.3 Нормативные требования к рубкам ухода	72

2.4 Машины, оборудование и технология их работы на рубках ухода	89
2.5 Пробные площади проходных рубок ухода в технопарке ПетрГУ	98
Контрольные вопросы для самоподготовки и закрепления материала	110
3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ИНТЕНСИВНОМ ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	111
3.1 Роль информационных систем при планировании лесохозяйственной деятельности	111
3.2 Обзор программного обеспечения, применяемого в лесном хозяйстве	133
3.3 Применение программы МОТТИ в учебном процессе лесных специальностей	152
Контрольные вопросы для самоподготовки и закрепления материала	156
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
Проблемы и риски развития интенсивного лесного хозяйства в России	157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	162

ВВЕДЕНИЕ

Анализируя современную государственную систему лесоправления и состояние организации лесопользования в России, можно часто увидеть заявления о необходимости развития «устойчивого управления лесами», повышения «интенсификации лесопользования» и внедрения «интенсивного лесного хозяйства». Перечисленные термины тесно связаны между собой, но в то же время имеют и принципиальные различия.

Под устойчивым лесоправлением понимается формирование и реализация системы мер, регулирующих воздействие на леса, обуславливая достижение и стабильное поддержание их целевой динамики, обеспечивающей непрерывное, неистощительное, многоцелевое лесопользование, сохранение и повышение производительности, устойчивости и биоразнообразия лесов [24]. Устойчивое лесоправление можно представить в виде схемы (рис.).

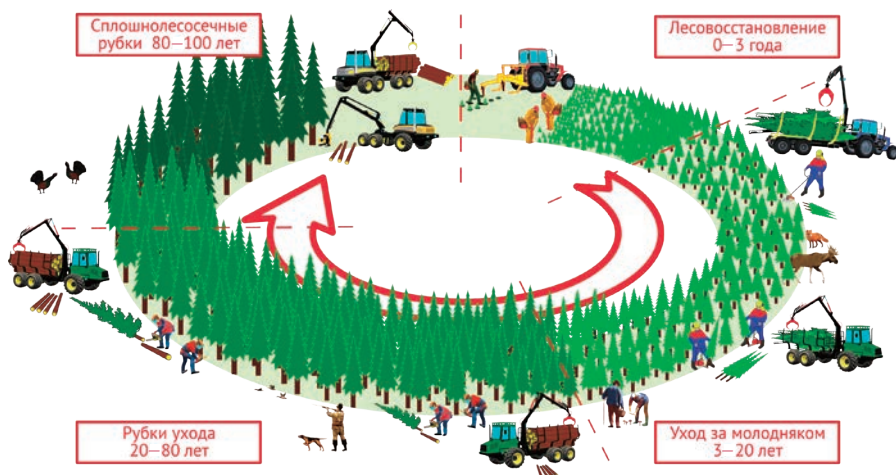


Рис. Лесохозяйственный цикл лесопользования с элементами устойчивого управления (рис. Ю. В. Суханова) [22]

Следуя принципам устойчивого лесоправления, необходимо стремиться к такому ведению лесного хозяйства, где лесопользователь не только получал бы доход, но и создавал условия для поддержания социальной сферы (охота, рыбалка, собирательство, туризм, рабочие

места и др.) и сохранял экологические ценности лесных участков. Важным условием устойчивости является непрерывность лесохозяйственного процесса в долгосрочной перспективе, чтобы последующее поколение могло воспользоваться ресурсами на лесной территории. Лесохозяйственный цикл с элементами устойчивого лесопользования возможен при ведении интенсивного лесного хозяйства.

Существует две принципиально различные модели развития и организации лесопользования. Первый путь — экстенсивный, направленный на освоение новых лесных территорий с минимальным воздействием на последующее восстановление. Второй путь — интенсивный, направленный на лесовыращивание и повышение продуктивности лесов на территории, предназначенной для эксплуатации. Сравнение двух перечисленных моделей ведения лесного хозяйства представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнение экстенсивной и интенсивной моделей
ведения лесного хозяйства [23]**

Позиция	Экстенсивная модель	Интенсивная модель
Принцип	Заготовка древесины в насаждениях, сформировавшихся естественным путем	Планомерное выращивание насаждений с целевой породной и сортиментной структурой
Подход	Минимальное воздействие на насаждение в ходе его роста	Максимальное влияние на формирование насаждения путем проведения лесохозяйственных мероприятий в течение всего цикла лесовыращивания
Цель	Минимизация текущих затрат при лесопользовании	Получение максимального экономического эффекта от ведения лесного хозяйства за оборот рубки
Основные способы лесовосстановления	Пассивные: сохранение подраста при сплошных рубках (как способ с минимальными текущими затратами)	Активные: минерализация почвы с оставлением семенных деревьев, посев семян, посадка сеянцев (выбор способа лесовосстановления определяется исходя из его экономической эффективности)
Рубки ухода	Проводятся с низкой интенсивностью и имеют слабый лесоводственный и экономический эффект. Зачастую вырубается лучшие деревья	Проводятся с высокой интенсивностью в течение всего цикла выращивания насаждения по специальной программе. Вырубается отстающие в росте и фауные деревья, лучшие оставляют
Финальная рубка	Проводится по достижении насаждением определенного возраста	Проводится по достижении насаждением определенного среднего диаметра или возраста

Окончание табл. 1

Позиция	Экстенсивная модель	Интенсивная модель
Исчисление расчетной лесосеки	Проходит без учета: — динамики лесного фонда — выравнивания возрастной структуры — максимального использования прироста	Проходит с учетом: — прогнозирования динамики лесного фонда — выравнивания возрастной структуры — максимального использования прироста
Долгосрочное планирование	Не осуществляется	Является основой для выбора оптимальных параметров лесохозяйственных мероприятий

Анализ развития лесного хозяйства за последнее столетие показывает, что Россия идет в основном по первому пути (экстенсивному) освоения новых территорий. Следствием такого подхода в организации лесопользования является истощение лесных ресурсов, уменьшение площадей экономически доступных лесов и возникновение проблем с обеспечением сырьем предприятий лесопромышленного комплекса [27]. Назревающий кризис указывает на необходимость перехода к другой модели лесопользования с применением принципов интенсивного лесного хозяйства.

В представленном учебном пособии за основу понятия «интенсивное лесное хозяйство» взято определение, предложенное руководителем лесного отдела Гринпис России А. Ю. Ярошенко [21]:

Интенсивное лесное хозяйство — система ведения хозяйства в лесах, позволяющая устойчиво (на протяжении времени выращивания более чем одного поколения деревьев) получать с лесного участка максимально возможное для конкретных лесорастительных условий количество товарной древесины за счет:

- а) эффективного лесовосстановления (минимизации сроков существования непокрытых лесом площадей, формирования молодняков из хозяйственно ценных деревьев с благоприятными наследственными свойствами, предотвращения нежелательной смены пород);
- б) эффективного ухода (поддержания насаждений в состоянии, обеспечивающем максимальный прирост и использование древесины на период оборота рубки);
- в) минимизации потерь (от пожаров, вредителей и болезней, повреждений ветром и других неблагоприятных воздействий).

Важно различать понятия «интенсивное лесное хозяйство» и «интенсивное лесопользование». Интенсивное лесопользование, включающее только увеличение размера пользования с площади, является лишь одним из элементов интенсивного лесного хозяйства. При отсутствии других элементов интенсивного лесного хозяйства (эффективного лесовосстановления, ухода и минимизации потерь) интенсивное

лесоиспользование может обеспечиваться только за счет разорения и истощения лесов [21].

Пособие состоит из трех частей. Над первой частью работали сотрудники лаборатории динамики и продуктивности таежных лесов Института леса КарНЦ А. И. Соколов (д-р с.-х. наук, доцент, зав. лабораторией) и А. Н. Пеккоев (канд. с.-х. наук, научный сотрудник), где отражены вопросы, связанные с воспроизводством лесных ресурсов. Второй раздел посвящен основным понятиям рубок ухода и был написан сотрудниками ПетрГУ: С. В. Сютёвым (д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой) и В. М. Лукашевичем (канд. техн. наук, доцент). В последней части представлен обзор современного программного обеспечения, применяемого в лесном хозяйстве, который выполнили также сотрудниками лесоинженерного факультета ПетрГУ С. А. Кильпелайнен (канд. техн. наук, доцент) и Ю. В. Суханов (канд. техн. наук, ст. преподаватель). В заключении перечислены основные проблемы и риски развития интенсивного лесного хозяйства в России.

СОСТОЯНИЕ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ И НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕХОДА НА ИНТЕНСИВНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

1.1 Необходимость перехода на интенсивные методы лесовыращивания

Таежные леса в значительной степени определяют экологическую ситуацию на Земле (обеспечение кислородом, закрепление углерода, регулирование климата и водного режима, природная очистка вод и др.), служат средой обитания многочисленных животных и птиц, производят разнообразную продукцию, потребляемую человеком, являются экологически чистым источником энергии. Важно, что пользующаяся всесторонним спросом и востребованная в больших объемах лесопромышленным комплексом древесина является возобновляемым ресурсом. Поэтому необходимо, наряду с сохранением больших массивов лесов, обеспечить растущие потребности в качественной древесине, в первую очередь хвойных пород.

Однако интенсивные вырубki хвойных лесов на Северо-Западе России и недостаточное внимание к их воспроизводству привели к обеднению генофонда, ухудшению возрастной и товарной структуры древостоев, снижению их продуктивности, что в настоящее время является одной из главных причин кризисной ситуации в лесной отрасли [18]. Так, несмотря на применение современной лесозаготовительной техники, объемы заготовки древесины в Карелии снизились до уровня 1950 г., хотя в тот период почти все работы выполнялись вручную. Положение усугубляется тем, что при ориентации на экстенсивный метод ведения лесного хозяйства оставшийся эксплуатационный запас хвойных

насаждений в Северо-Западном федеральном округе будет вырублен в течение ближайших 20 лет [12]. Освоение новых отдельных участков значительно увеличивает транспортные расходы, но принципиально не решает проблемы. В этих условиях обеспечить устойчивость пользования древесиной можно за счет перехода с экстенсивного на интенсивный путь воспроизводства лесов с учетом почвенно-климатических и социально-экономических условий конкретного региона. Это наглядно демонстрируют достижения соседней Финляндии [6] и подтверждаются результаты исследований, проведенных в Карелии [18, 19].

1.2 Биологические особенности основных древесных пород

Знание биологических особенностей основных древесных пород необходимо для выбора главной и сопутствующей пород, метода лесовосстановления и способов создания лесных культур.

Сосна

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) произрастает в разнообразных климатических и почвенных условиях [13]. Выделяют 5 подвидов сосны обыкновенной. Наибольшее распространение в России имеет подвид сосна лесная, которая произрастает в европейской части России, кроме Крыма и Кавказа.

Сосна в возрасте спелости на песчаных почвах достигает высоты 22—25 м и диаметра ствола 20—30 см. На богатых почвах высота может достигать 40 м при диаметре до 1—1,5 м. В сомкнутых насаждениях ствол прямой, ровный, высоко очищенный от сучьев, на открытых участках — сбежистый и сучковатый, поэтому для лучшей очищаемости от сучьев в культурах сосны следует сохранять примесь лиственных пород, но при этом необходимо контролировать их высоту. Хвоя длиной 4—6 см, расположена по две в пучке. Держится хвоя на побеге 4—5 лет, после чего опадает. Кора в нижней части ствола толстая, чешуйчатая, серо-коричневая, с глубокими трещинами. Чешуйки коры образуют пластины неправильной формы. Кора хорошо защищает ствол от зимних морозов и низовых пожаров. Древесина блестящая, мягкая, смолистая, малоупругая, легко колется. Заболонь широкая, желтовато-белая, ядро буровато-красное. Сосна, выросшая на песчаных дренированных почвах, по сравнению с сосной, растущей на влажных и богатых почвах, отличается мелкослойностью, обладает плотной и смолистой древесиной. Корневая система сосны, как правило, образует стержневой корень, благодаря чему растение обладает хорошей ветроустойчивостью, но в зависимости от почвенных условий и увлажнения может формировать поверхностную корневую систему. Так, на сухих и бед-

ных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод сосна формирует мощную разветвленную поверхностную корневую систему (рис. 1.1).

Рис. 1.1 Поверхностная корневая система сосны, сформировавшаяся на пылеватых песках в условиях сосняка черничного северотаежной подзоны Карелии (фото А. И. Соколова)



На избыточно-увлажненных почвах, где корни испытывают недостаток кислорода, также формируется поверхностный тип корневой системы. Корни сосны в состоянии покоя отличаются устойчивостью к недостатку кислорода в почве, однако в активной фазе роста слабая аэрация почвы может привести к их частному отмиранию и, как следствие, снижению продуктивности древостоя. Плодоносить сосна начинает с 20—30-летнего возраста. Шишки созревают в ноябре—декабре, спустя 20 месяцев после опыления. Обычно они раскрываются с марта по апрель. В мае наблюдается массовый вылет семян. Урожайные годы у сосны повторяются через 4—5 лет. Семена отличаются высокой всхожестью, которая при правильном хранении сохраняется на протяжении 3—6 лет. Всходы сосны довольно устойчивы к продолжительному влиянию высоких и низких температур, но могут пострадать от действия ранних весенних и поздних осенних заморозков. Сосна — порода быстрорастущая, фаза активного роста у которой наблюдается до 40—50 лет. Тем не менее в смешанных сосново-лиственных молодняках необходимо проводить уборку лиственных пород, обгоняющих сосну по высоте, так как она требовательна к свету.

Сосна формирует чистые и смешанные с елью, березой и осиной насаждения. Ель в сосновом древостое часто образует второй сомкнутый ярус, который затрудняет возобновление сосны под пологом. В таком древостое сосна при достижении предельного возраста полностью сменяется елью. Беглый низовой пожар, повреждающий тонкую еловую кору и поверхностную корневую систему, вызывает усыхание ели и создает условия для восстановления сосны, которая вновь занимает лидирующее положение. Общая производительность смешанных сосново-березовых насаждений, где доля березы не более 3



Рис. 1.2 Искривление верхушечных побегов, вызванное сосновым вертуном (фото А. И. Соколова)

единиц состава, на 10—15 % больше, чем чистых сосновых. Береза способствует улучшению почвенных условий и повышает устойчивость сосны к ветровалу. Наличие осины в составе сосновых молодняков крайне нежелательно, так как она является промежуточным хозяином соснового вертуна (*Melampsora pinitorqua* Rostr), который поселяется на главном и боковых побегах сосны, что в конечном итоге приводит к их искривлению (рис. 1.2). При систематическом повреждении верхушечных побегов рост сосны сильно подавляется и в дальнейшем это может привести к ее гибели.

Большой вред сосновым древостоям могут наносить лоси, которые в раннем возрасте откусывают молодые побеги (рис. 1.3), а в последующем обгладывают кору.



Рис. 1.3 Повреждения боковых и главного побегов культур сосны лосем (фото А. И. Соколова)

Сосна поражается многими насекомыми-вредителями. Личинки восточного майского хруща повреждают корни, побеговыюны — почки и побеги, большой сосновый долгоносик — кору и луб, сосновый подкорный клоп — луб и камбий, гусеницы сосновой совки, сосновых пилильщиков, сосновой пяденицы — хвою. Стволы и ветви повреждаются стволовыми вредителями (короедами, усачами, златками), которые селятся преимущественно на физиологически ослабленных деревьях, но после массового размножения переходят и на жизнеспособные деревья. Защита от насекомых-вредителей обеспечивается комплексом профилактических мероприятий (санитарных рубок и рубок ухода), а также истребительными мерами борьбы (с помощью химических средств). Сосна часто страдает от грибных заболеваний. Наиболее опасной и массовой болезнью культур сосны является снежное шютте (фацидиоз), вызванное грибом *Phacidium infestans* Karst., который поражает хвою сосны (рис. 1.4). В наибольшей мере от него страдают посевы, в которых растения располагаются близко, что способствует распространению мицелия гриба в кронах. Кроме того, сосна повреждается грибом шютте обыкновенное (*Lophodermium pinastri* Chev.). Культурные, созданные привозными семенами, нередко поражаются побеговым раком (склеродерриозом), вызываемым грибом *Ascocalyx abietina* Lagerb [5].



Рис. 1.4 Сосна, пораженная
снежным шютте
(фото А. И. Соколова).

Сосна, которая оказалась
полностью под снегом, погибла,
а у остальных сохранились
верхушечные побеги

Ель

На Северо-Западе России преобладают еловые древостой, образованные двумя видами — ель европейская [*Picea abies* (L.) Karst.] и ель сибирская [*Picea obovata* Ledeb.]. Также широко распространена ель финская [*Picea* x *fennica* (Regel) Kom.], являющаяся гибридом между названными видами.

Ель европейская — вечнозеленое, прямоствольное дерево [4]. В условиях таежной зоны достигает высоты 25—30 м, диаметра 40—60 см и возраста 250—300 лет. Крона в виде конуса, образуется поникающими или распростертыми ветвями, расположенными мутовчато (рис. 1.5).



Рис. 1.5 22-летние культуры ели, созданные посадкой саженцами высотой 20—30 см под лункообразователь Л-2 на однолетней вырубке ельника черничного (фото А. И. Соколова)

Кора серого цвета, отслаивающаяся тонкими пластинками. Хвоинки расположены по спирали, сидят по одной на листовых подушечках. Хвоя опадает через 6—8 лет. Корневая система поверхностная, из-за этого растения нередко подвергаются ветровалам. Древесина светлого беловатого или желтовато-белого цвета, блестящая, мягкая, с ясными годичными кольцами, мало-смолистая с прямыми волокнами, пригодная для изготовления целлюлозы сульфитным и сульфатным способами. Плодоносить ель начинает с 30—50-летнего возраста. Шишки созревают в сентябре — октябре, а раскрываются в марте — апреле следующего года. Семена хорошо распространяются по снежному насту, что способствует ее расселению. Ель хорошо плодоносит, но в от-

дельные годы семена массово повреждаются насекомыми и грибными болезнями.

Ель — порода теневыносливая и поселяется обычно под пологом леса. В первые годы растет медленно. Из-за поверхностной корневой системы считается ветровальной породой, но на дренированных суглинистых и супесчаных почвах достаточно устойчива к ветровалу, так как в этих условиях у нее от боковых поверхностных корней отрастают вертикальные якорные корни, уходящие в глубь почвы на 1,5—2 м. Ель в молодом возрасте повреждается поздними весенними заморозками и нуждается в защитном пологе. Сила и частота повторяемости заморозков зависят от рельефа местности. Наиболее часто она повреждается вблизи болот и в низинах, куда стекаются холодные воздушные массы. На повышенных элементах рельефа с дренированными почвами и при обеспечении стока масс холодного воздуха культуры ели можно создавать и на открытых участках. Поздневесенние и раннелетние заморозки вызывают наиболее сильные повреждения у ели в зоне до 1,5 м от уровня земли. Произрастание ели с лиственными породами сказывается на ее росте двойственным образом: с одной стороны, под их пологом у нее наблюдается угнетение ростовых процессов, но с другой — ель получает защиту от заморозков [10].

Ель повреждают насекомые, которые вредят ее шишкам и семенам (шишковая огневка, шишковая пяденица, галлицы), хвое (листовертки, хермесы), молодым побегам (моли, жуки-щелкуны, усачи, смолевки), лубу и древесине (короеды, долгоносики, древесинники), корневой системе (корнежилы, щелкуны, совки). Грибными болезнями повреждаются шишки, семена, всходы, молодые побеги, стволы и корни. Данные заболевания, в большинстве случаев, могут провоцироваться недостатком освещенности, избытком влаги в воздухе и почве, чрезмерной густотой древостоя, а также различными видами механических повреждений.

Лиственница

Лиственница (род *Larix*) относится к семейству сосновых (*Pinaceae*) и является одной из наиболее распространенных пород хвойных деревьев в России (рис. 1.6). Наибольшее распространение имеют лиственница европейская (*Larix decidua* Mill.) и сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.).

Рис. 1.6 Культуры лиственницы сибирской, созданные посадкой сеянцев в черничном типе лесорастительных условий (фото А. И. Соколова)



В пределах естественно-го ареала лиственница является деревом первой величины, высотой 30—40 м при диаметре ствола до 1 м. Доживает до 300—400 лет. Крона у молодых деревьев конусовидная. С возрастом приобретает округлую, туповершинную форму с раскидистыми ветвями. Хвоя однолетняя, мягкая, расположена поочередно на удлинённых побегах, а на укороченных — пучками по 20—60 хвоинок. Лиственница ежегодно сбрасывает хвою, обогащая почву мягким гумусом, благодаря чему ее рекомендуют как почвоулучшающую породу. Кора буровато-серая, толстая, особенно у основания, что делает ее устойчивой к низовым пожарам. Древесина имеет красновато-коричневатый оттенок и отличается высокой прочностью и влагостойкостью. Корневая система стержневая, мощная, на богатых почвах — глубинная, а на бедных, избыточно-увлажненных, каменистых почвах, а также в условиях вечной мерзлоты — поверхностная. Плодоношение начинается в возрасте около 15 лет. Опыление происходит весной примерно в момент распускания хвои. Шишки созревают осенью того же года и раскрываются

либо сразу, либо весной следующего года. Семенные годы повторяются с периодичностью 6—7 лет. Семена обладают очень низкой всхожестью, вследствие чего возобновление лиственницы на вырубках естественным путем происходит неудовлетворительно.

Лиственница — светолюбивая, быстрорастущая порода. Отличается морозостойкостью, засухоустойчивостью, что позволяет культивировать ее на открытых пространствах вырубок, однако чистые культуры могут страдать от поздних весенних заморозков. К почве нетребовательна, благодаря чему может расти на сухих и переувлажненных почвах, а также при близком залегании вечной мерзлоты. Наиболее продуктивные древостои образует на хорошо дренированных суглинистых и супесчаных почвах. Благодаря толстой коре лиственница наиболее устойчива к лесным пожарам, что позволяет ей сохранять территорию. В настоящее время она вытесняется елью, которая селится под пологом лиственницы и постепенно переходит в первый ярус.

Лиственница страдает от многих насекомых-вредителей, повреждающих шишки (лиственничная муха, шишковойрка, еловая огневка), хвою (листовертки, пилильщики), стволы (большой и малый сосновый долгоносики). Наиболее опасные грибные заболевания лиственницы — это ступенчатый рак, шютте лиственницы, фузариоз, ржавчина хвои и корневая губка.

Береза

Береза занимает обширный ареал на территории Северного полушария. В России ее многочисленные виды произрастают практически во всех природных зонах [2]. Семейство березовые насчитывает около 140 видов, из них более половины произрастает в России. В таежной зоне европейской части России наибольшее распространение имеют два вида: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), имеющая бугорки на молодых побегах, и береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), получившая свое название из-за опушенных побегов и листьев.

Дерево высокоствольное, достигает в высоту более 20 м. Возраст березы в среднем составляет 80—90 лет, в некоторых случаях доходит до 150 лет и выше. Крона у повислой березы ажурная, развесистая, неправильной формы, у пушистой — широковетвистая, густая и компактная. Листья цельные, по краю зубчатые, яйцевидно-ромбические или треугольно-яйцевидные, перед опаданием желтеют. Кора белая, внешняя часть — береста — обычно легко отслаивается лентами. В нижней части ствола растрескивается. Древесина светлая, цвет желтовато-белый с золотистым или красноватым отливом, обладает легким блеском. Годичные кольца выражены слабо, сердцевидные лучи узкие и видны на радиальном срезе. Древесина березы твердая, однородная по плотности и отличается высокой стойкостью к раскалыванию, но неустойчива к длительному воздействию влаги. Корневая система мощная, пластичная, стержневой корень проростка отмирает довольно быстро, уступая место развитию густой сети боковых и придаточных корней.

Плодоносит ежегодно начиная с 8—15 лет в августе — сентябре, спустя 3 месяца после опыления. Легкие семена березы, имеющие крылатки, могут уноситься ветром на большие расстояния, что способствует ее расселению по вырубкам и гарям. Всхожесть семян составляет в среднем 60 %. Березе свойственно вегетативное размножение, преимущественно за счет спящих почек у корня.

Береза — быстрорастущая и светолюбивая порода. Береза повислая обычно растет на более высоких и сухих местах, а береза пушистая — на сильно увлажненных и даже болотистых местах. Интенсивно растет в молодом возрасте, что может послужить причиной заглушения подраста и культур хвойных пород. К 30—40 годам ее рост замедляется, а семеношение, напротив, увеличивается. В сосново-березовых древостоях при значительной доле березы сосна в большинстве случаев угнетается. В продуктивных условиях местопроизрастания естественное возобновление березы может причинять довольно большой урон культурам хвойных пород, особенно в первые годы. Помимо конкуренции за свет, воду и питательные вещества береза вызывает механические повреждения крон сосны и ели посредством их охлестывания (рис. 1.7).

Рис. 1.7 Охлестывание кроны 11-летних культур ели березой, которое привело к отмиранию верхушечных побегов и потере прироста в высоту (фото А. И. Соколова)



Семена березы могут повреждаться вредителями — березовым семяедом, несколькими видами наездников, большим песчаным медляком, который помимо семян питается также всходами и корнями березы. Корни и стебли молодых растений привлекают многих насекомых — медведку обыкновенную, щелкунов (краснохвостого и волосатого), хрущей (майского, июньского, апрельского). К вредителям листьев относятся березовый северный пилильщик, березовый трип, к вредителям стволов — березовая узкотелая златка, пахучий древооточец. Существует довольно много грибных заболеваний листьев — бурая и черная пятнистость, ржавчина, мучнистая роса. Различные виды грибов вызывают

у березы засыхание ветвей, ведьмины метлы, стволовые гнили (ложный и настоящий трутовик).

Осина

Осина (*Populus tremula* L.) широко распространена в районах с умеренным и холодным климатом. Повсеместно встречается на всей территории России.

Осина — дерево первой величины с ровным колонновидным стволом, достигающим 35—40 м в высоту при диаметре до 1 м [11]. Живет в среднем 80—90 лет, редко 150 лет. Крона неправильной округлой формы. Листья цельные, зубчатые по краю, на длинных черешках. Осенью листья становятся золотистого или красного цвета и опадают. Кора молодых деревьев гладкая, светло-зеленая или серая, ближе к комлю с возрастом растрескивается и темнеет. Древесина рыхлая, белая, иногда с зеленоватым оттенком, однородная, но годовичные кольца можно различить, так как поздняя древесина образует на границе годовичного кольца узкую более плотную полосу. Сухая древесина довольно устойчива к снашиванию и растрескиванию. Корневая система поверхностная, сильно разветвленная, образует корневые отпрыски. Плодоносить осина начинает с 10—12 лет. Цветет до распускания листьев в конце апреля — начале мая. Спустя 3—4 недели после опыления семена созревают, высыпаются и разносятся ветром, но прорастают довольно плохо и быстро теряют всхожесть. На вырубках интенсивно возобновляется вегетативным путем — корневыми отпрысками, которые быстро заглушают лесные культуры и мелкий подрост хвойных пород (рис. 1.8). Следует отметить, что такая осина не представляет ценности, поскольку она полностью поражается сердцевинной гнилью.



Рис. 1.8 Порослевое возобновление осины на однолетней вырубке (слева) ельника черничного и сформировавшийся (справа) 15-летний молодняк (фото А. И. Соколова)

Осина отличается быстрым ростом, поэтому сейчас ей уделяется большое внимание. Разработаны методы микрোকлонального размножения быстрорастущих особей, устойчивых к корневым гнилям, отрабатываются методы ее плантационного лесовыращивания. Осина вегетативного происхождения в первые годы активно растет за счет материнского корня, на котором формируются молодые побеги, которые лишь через 5—7 лет начинают образовывать собственную корневую систему. Семенная осина в отличие от порослевой изначально растет медленно, но со времени догоняет ее в росте. Наиболее интенсивный рост у осины продолжается до 45—50 лет, потом он значительно ослабевает. Осина достаточно светолюбива и требовательна к влаге, но при избыточном увлажнении и плохом дренаже она подвержена загниванию. Плохо растет на бедных и кислых заболоченных почвах. Является устойчивым лесообразователем, и встречается как в чистых, так и смешанных насаждениях. Ель под ее пологом значительно замедляет рост, а сосна либо сильно угнетается, либо погибает. Кроме того, как отмечено ранее, осина является промежуточным хозяином соснового вертуна, поэтому ее присутствие в сосновых древостоях нежелательно.

В зимнее время осина часто повреждается зайцами и лосями, которые обгрызают поросль, ветви и кору деревьев. Из насекомых-вредителей большое распространение имеют осиновый листоед, осинная златка, большой и малый осинового скрипуны, большой серый тополевы усаи и др. Из болезней осина часто страдает от сердцевинной гнили, вызываемой ложным осиновым трутовиком, а также от гнили в нижней части ствола, которую вызывает опенок осенний.

Ольха

Ольха (род *Alnus*) — листопадные деревья или кустарники семейства березовых (*Betulaceae*). Насчитывается около 50 видов. В России наиболее распространены два вида ольхи: серая [*Alnus incana* (L.) Moench.] и черная [*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.], названные так за цвет коры.

Ольха черная — дерево первой величины, высотой до 30—35 м. В первые годы жизни она растет очень быстро, независимо от происхождения, благодаря чему при соответствующих условиях местопроизрастания может образовывать хорошо сомкнутые одноярусные насаждения или двухъярусные — с участием ели во втором ярусе.

Ольха серая — дерево средней величины, высотой до 15—20 м, при диаметре 20—30 см. Форма ствола у ольхи серой не отличается такой стройностью, как у ольхи черной.

Листья у ольхи черной и серой очередные, простые, цельные, зубчатые или лопатно-зубчатые, разнообразной формы. Древесина ольхи в свежесрубленном состоянии белая, но на воздухе приобретает оранжевую окраску. По строению однородная, отличается эластичностью и прочностью. Корневая система поверхностная, хорошо развитая, образует корневые отпрыски. Плодоносить ольха при одиночном стоянии

начинает с 8—10 лет, а в насаждениях — с 30—40 лет. Цветет ранней весной до появления листьев. В сентябре — октябре в шишечках созревают плоды, которые высыплются после их раскрытия в феврале — марте. Плодоношение обильное и почти ежегодное.

Ольха черная естественно произрастает в сырых местоположениях с проточным увлажнением. Ольха серая менее требовательна к плодородию и увлажнению, чем ольха черная, поэтому может расти даже на песчаных почвах и на каменистых россыпях, избегает лишь очень сухих почв и сфагновых болот. Эти виды обладают большой зимостойкостью и светолюбивы. Корни ольхи находятся в симбиозе с азотфиксирующими актиномицетами, поселяющимися на ее корнях. Актиномицеты усваивают молекулярный азот из воздуха. Листья, обогащенные азотом, быстро разлагаются, поэтому ольха способствует улучшению плодородия почвы. Как биомелиорант она часто используется при рекультивации техногенных земель.

Молодые ольшаники часто повреждаются мышами и зайцами. Из насекомых-вредителей наиболее опасны личинки майского и июньского хрущей, синий ольховый листоед, медведки, личинки проволочника, ольховый долгоносик. Из грибных заболеваний наиболее характерно поражение ольховым трутовиком, который вызывает ядрово-заболонную белую волокнистую гниль. В числе других болезней ольхи можно перечислить буковый рак, антракноз, ведьмины метлы, курчавость листьев, мучнистую росу и ряд других, менее характерных для ольховых насаждений.

1.3 Методы лесовосстановления

Своевременное и качественное восстановление леса является одним из основных условий непрерывного и неистощительного лесопользования. Лесовосстановление осуществляется в целях воспроизводства вырубленных, погибших и поврежденных лесов, сохранения биологического разнообразия, повышения продуктивности насаждений, их качества и полезных функций. Оно осуществляется методами естественного, искусственного и комбинированного восстановления лесов.

Естественное лесовосстановление представляет собой процесс восстановления лесной растительности, осуществляемый за счет мер содействия лесовосстановлению: сохранение подроста и тонкомера, обработка («минерализация») почвы, огораживание. Данный метод в России является основным (рис. 1.9). На первом этапе он требует меньше финансовых затрат, чем остальные, но при этом нельзя забывать об уходе за подростом и самосевом.

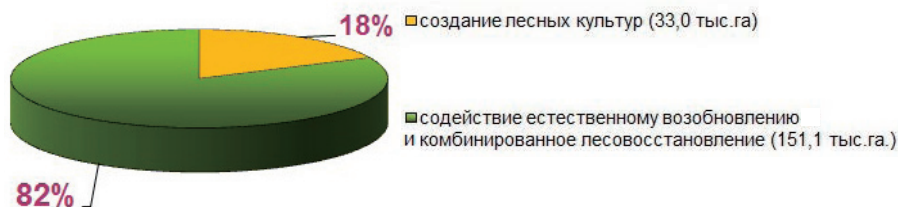


Рис. 1.9 Соотношение площадей естественного и искусственного лесовосстановления в Северо-Западном федеральном округе в 2012 г. [3]

Насаждения, формирующиеся естественным путем, считаются более устойчивыми к вредителям и болезням, чем лесные культуры. Однако естественное лесовосстановление не всегда гарантирует восстановление хозяйственно ценных древесных пород. Период возобновления хвойных пород в условиях таежной зоны растягивается на 5—10 лет и больше. В то же время, по данным финских исследователей [6], задержка с лесовосстановлением в лучших лесорастительных условиях на 5 лет снижает экономическую продуктивность и стоимость древостоя на 20 %. В условиях таежной зоны, с экономической и лесоводственной точек зрения, наиболее приемлемо восстановление сосны на вырубках с песчаными дренированными почвами (сосняки лишайниковые и брусничные) путем обработки почвы в сочетании с оставлением обсеменителей. Однако и в этом случае не исключен вывал отдельных семенных деревьев и биогрупп сосны, что потребует проведения дополнительных мероприятий (рис. 1.10).



Рис. 1.10 Биогруппа семенных деревьев, полностью вываленная ветром (фото А. И. Соколова)

Искусственное лесовосстановление осуществляется путем создания лесных культур посевом или посадкой. Его применяют на вырубках, где в приемлемые сроки не может произойти естественное возобновление целевыми породами. Преимущество искусственного лесовосстановления состоит в том, что при его применении можно задавать целевой состав древостоя, на 5—10 лет сократить период лесовосстановления вырубок. Кроме того, из-за равномерного размещения по лесокультурной площади и меньшей внутривидовой конкуренции деревья растут быстрее, что позволяет в более короткие сроки получить деловую древесину. Применение селекционно-улучшенного посевного и посадочного материала дает возможность сохранить генофонд ценных хвойных пород и повысить продуктивность древостоев. Данный метод более затратный в силу высокой стоимости посадочного материала и лесокультурных работ. Однако при качественном выполнении лесоводственных мероприятий он является эффективным. По данным К. Куусела [6], в Финляндии оборот рубки в ельниках искусственного происхождения составляет 80 лет, в ельниках естественного происхождения, обеспеченных лесоводственным уходом, — 95 лет, а без ухода — 160 лет. При этом относительный выход лесоматериалов соответственно равен 100, 80 и 41 %. Это наглядный пример преимущества интенсивного лесовыращивания перед экстенсивным.

Комбинированное лесовосстановление предполагает сочетание естественного и искусственного методов восстановления лесов. Он может использоваться тогда, когда сохраненного жизнеспособного подростка недостаточно для успешного восстановления целевой породы или он размещен по рубке неравномерно.

Если рубка неоднородна по лесорастительным условиям и наличию жизнеспособного подростка, на ней рекомендуется применять разные методы лесовосстановления.

1.4 Проектирование работ по лесовосстановлению

Проектирование лесовосстановительных работ включает подбор участков по данным учета лесного фонда, обследование их в натуре, разработку проектов лесовосстановительных мероприятий и отвод участков [16].

При обследовании участков в натуре уточняются особенности лесорастительных условий, определяются встречаемость и количество жизнеспособного подростка целевых пород, наличие и состояние источников обсеменения, доступность вырубки для лесокультурной техники, выявляются очаги болезней и вредителей, намечаются места для временного хранения посадочного материала. Выбор методов лесовосстановления проводится в соответствии с требованиями Правил лесо-

восстановления, исходя из типов лесорастительных условий и наличия жизнеспособного подроста.

Главная порода выбирается из местных лесообразующих пород на основе оценки соответствия ее биологических особенностей лесорастительным условиям участка с учетом экономических условий. Она должна выходить в верхний ярус и формировать высокопродуктивные насаждения.

В зависимости от лесорастительных условий рекомендуются следующие методы лесовосстановления и главные породы:

- лишайниково-брусничная группа типов леса (почвы — песчаные и супесчаные, сухие и свежие) — мерами содействия естественному возобновлению, целевая порода — сосна;
- кислично-черничная группа (почвы — супесчаные и суглинистые свежие и влажные) — лесовосстановление созданием лесных культур или мерами содействия; целевые породы — ель, сосна, береза;
- типы леса на избыточно увлажненных почвах (долгомошный, травяно-болотный, сфагновый; почвы — песчаные, супесчаные и суглинистые сырые и мокрые оторфованные) — создание лесных культур после гидролесомелиоративных работ, целевые породы — ель, сосна, береза, ольха черная. При невозможности проведения осушения их нередко вынуждены оставлять под естественное заращивание, но это ведет к существенному снижению продуктивности и качества древостоев.

Технологии лесовосстановительных работ на вырубках, применительно к типам лесорастительных условий, устанавливаются в зависимости от густоты и встречаемости жизнеспособного подроста целевых пород, размеров лесосеки, размещения источников обсеменения, степени повреждения напочвенного покрова, а также экономических условий.

1.5 Содействие естественному возобновлению леса

1.5.1 Общие сведения по СЕВ

Содействие естественному возобновлению леса (СЕВ), в отличие от естественного заращивания, — управляемый процесс восстановления насаждений главных пород на вырубках (рис. 1.11). Он предусматривает применение сопутствующих и специальных мер, направленных на улучшение условий для появления самосева главных древесных пород и ухода за их подростом. Согласно Правилам лесовосстановления [14], к мерам содействия естественному возобновлению в настоящее время относят сохранение подроста и молодняка (высота более 2,5 м) главных лесных пород и уход на ними, обработку («минерализацию») почвы, огораживание площадей.



Рис. 1.11 Возобновление сосны от семенных деревьев на вырубке сосняка черничного среднетаежной подзоны Карелии (фото А. И. Соколова)

снижает потребность в освещении культур, создает благоприятные условия для появления самосева под пологом древостоя.

Сопутствующие мероприятия, являющиеся элементами организации рубок главного пользования, включают: размещение лесосек длинной стороной поперек господствующих ветров; выбор ширины лесосек, обеспечивающей налет семян от стен леса, или оставление источников обсеменения; проведение лесосечных работ в сроки и по технологиям, способствующим восстановлению леса на всей территории вырубки. Наиболее важное значение среди сопутствующих мероприятий имеет оставление источников обсеменения.

К содействию естественному возобновлению следует также отнести подсушивание осины, которое проводится заранее до рубки древостоя. При химической подсушке раствор арборицида вводят в зарубки на стволе дерева в период вегетации не ранее чем за полгода до рубки. Механическую подсушку выполняют путем «окольцовывания» ствола дерева бензопилой (рис. 1.12) или снятием коры шириной не менее 30 см. При механической подсушке дерево отмирает медленно, поэтому ее проводят за 3—4 вегетационных сезона до рубки. Подсушивание осины предотвращает массовое появление корневых отпрысков, резко



Рис. 1.12 Осина, усохшая после «окольцовывания» бензопилой (фото А. И. Соколова)

К ним относят единичные семенники, семенные группы, куртины, полосы и стены леса, если в них есть семенные деревья целевых пород. Источники обсеменения должны быть расположены по площади лесосеки равномерно, а расстояние между группами семенников с учетом разлета семян не должно превышать 100 м. Одиночные семенные деревья оставляют в количестве 20 шт./га и более (рис. 1.13).



Рис. 1.13 Одиночные семенники сосны на вырубке сосняка черничного (фото А. И. Соколова)

1.5.2 Сохранение подроста

Сохранение жизнеспособного подроста целевых пород при лесозаготовках является наиболее действенным мероприятием по естественному возобновлению хвойных пород на сплошных вырубках таежной зоны [16]. Для сосны оно весьма эффективно в условиях северной подзоны тайги на песчаных почвах, особенно ее заполярной части, где из-за недостатка тепла урожаи семян крайне редки и низки, а невысокая полнота материнских древостоев позволяет подросту сосны длительное время сохраняться жизнеспособными и быстро адаптироваться к условиям вырубки.

Жизнеспособный подрост и молодняк сосны и ели имеют конусовидную симметрично развитую крону протяженностью не менее 1/3 ствола, живой верхушечный побег, хвою зеленого цвета, равномерное охвоение ветвей, прямой ствол без признаков гнили и механических повреждений [14]. Растущий на валежной древесине подрост считают жизнеспособным, если валежная древесина разложилась, а корни подроста проникли в минеральную часть почвы.

Подрост хвойных пород, который по своим биологическим требованиям не соответствует лесорастительным условиям участка и не может

образовать продуктивное насаждение, не сохраняется. Например, нецелесообразно сохранять подрост ели на сухих песчаных почвах. Кроме того, не сохраняют подрост хвойных пород, имеющийся под пологом высокополнотных древостоев (с полнотой 0,8 и больше), так как он гибнет в условиях открытой вырубki.

После рубки древостоя необходимо проводить оправку сохраненного подростa. Наклоненным экземплярам придают вертикальное положение и отаптывают почву вокруг стволика. Заваленный порубочными остатками подрост освобождают, вырубают лиственные деревья, затеняющие хвойные, и сильно поврежденный подрост.

Подрост всех древесных пород подразделяется по высоте на три категории крупности: мелкий — до 0,5 м, средний — 0,6—1,5 м и крупный — более 1,5 м. Подлежащий сохранению молодняк учитывается вместе с крупным подростом. При наличии подростa разных высот его учет следует производить с распределением на группы по высоте. Для определения количества подростa применяются коэффициенты пересчета мелкого и среднего подростa в крупный. Для мелкого подростa применяется коэффициент 0,5, среднего — 0,8, крупного — 1,0. Если подрост, смешанный по составу, то оценка возобновления производится по главным древесным породам.

По густоте подрост делят на следующие категории: редкий — до 2 тыс., средней густоты — 2—8 тыс., густой — более 8 тыс. растений на 1 га. В зависимости от встречаемости подростa (отношение количества учетных площадок с растениями к общему количеству учетных площадок, заложенных на пробной площади или лесосеке, выраженное в процентах) его делят на три категории: равномерный — встречаемость свыше 65 %, неравномерный — встречаемость 40—65 %, групповой (не менее 10 шт. мелких или 5 шт. средних и крупных экземпляров жизнеспособного и сомкнутого подростa) (рис. 1.14).



Рис. 1.14 Сохраненный групповой подрост на свежей вырубке ельника черничного (фото А. Н. Пеккоева)

При отводе лесных насаждений в сплошную рубку выделяются участки леса площадью более 1 га, на которых имеются подрост и молодняк в количестве, достаточном для обеспечения естественного восстановления леса, и участки, где после завершения рубок требуются меры по лесовосстановлению.

1.5.3 Обработка почвы

Обработка («минерализация») почвы целесообразна при наличии источников обсеменения на бедных песчаных почвах, где создание лесных культур экономически менее эффективно [16]. Основной преградой для появления самосева здесь является лесная подстилка, которая сильно нагревается и быстро пересыхает, что препятствует прорастанию семян, вызывает усыхание проростков и всходов. Обработку почвы проводят полосами, бороздами и площадками в годы с урожайностью семян не менее 3 баллов. Работы планируют на вторую половину лета, чтобы снизить зарастание обработанной почвы травой. В условиях северо- и среднетаежной подзон на вырубках сосняков лишайниковых и брусничных на песчаных почвах, где минерализованные полосы и площадки не зарастают несколько лет, работы можно проводить в течение всего лета и независимо от урожая семян в текущем году. На сухих песчаных почвах механическая обработка выполняется узкими полосами или мелкими площадками. На свежих супесчаных и суглинистых почвах, где интенсивно разрастаются травы, ширина полос должна составлять от 0,5 м в северной подзоне до 1 м и более в южнотаежной подзоне. В условиях избыточного увлажнения требуется создание микроповышений.

При механической обработке почвы не допускается повреждение корневых систем у семенных деревьев. Общая площадь обработанной («минерализованной») поверхности почвы составляет в лишайниковой группе типов леса 10—15 %, брусничной — 20—30 %, черничной — 25 % и кисличной — 30 % от площади участка.

1.5.4 Огораживание площадей

Огораживание вырубок для содействия естественному возобновлению леса выполняется при угрозе уничтожения подроста хозяйственно ценных пород животными. Это дорогостоящее мероприятие и применяется крайне редко.

1.6 Создание лесных культур

1.6.1 Сроки создания лесных культур

В условиях таежной зоны сроки создания лесных культур значительно ограничиваются климатическими условиями. Продление лесокультурного периода позволяет рациональней использовать людей и технику. С этой целью наиболее перспективно применение посадочного материала с закрытой корневой системой. Следует также использовать возможность для продления сроков хранения семян и саженцев с открытой (ледники, снежные хранилища) и закрытой корневой системой (холодные склады), полнее учитывать особенности рельефа и почв. Лесокультурные работы надо начинать сразу, как сойдет снег и станет возможной обработка почвы. Весной посев и посадку сначала проводят на участках с песчаными почвами, затем переходят на супесчаные, потом — на суглинистые и в последнюю очередь — на деланки с оторфованными почвами. В более ранние сроки можно начинать посадку на склонах южной экспозиции. При создании культур посадкой сначала высаживают березу (до появления листьев), затем сосну и в конце ель. Осенние посадки (август — начало сентября) дают удовлетворительные результаты на песчаных и супесчаных почвах. На суглинистых и глинистых почвах они не рекомендуются из-за выжимания корневой системы семян из почвы в период ее замерзания и оттаивания. В условиях северотаежной подзоны, при очень коротком вегетационном периоде, на вырубках сосняков лишайниковых и брусничных с песчаными почвами можно проводить осенние посевы сосны. Их начинают после массового созревания плодов брусники и проводят до замерзания почвы. Для повышения сохранности семян в почве их обрабатывают фунгицидами, а для лучшего удержания химиката используют растворы пленкообразователей. Однако риск вымерзания семян при этом сохраняется. При ранне-летних посевах (июнь) всходы в условиях короткого лета не успевают одревеснеть и осенью в массе вымерзают. Учитывая данное обстоятельство, а также постоянный дефицит семян сосны, массовый отпад в посевах от снежного шютте, в условиях северотаежной подзоны при необходимости создания лесных культур следует ориентироваться на посадку сеянцами с закрытой корневой системой.

1.6.2 Обработка почвы

После сплошной рубки леса резко меняются экологические условия. Повышается температура почвы, усиливаются ее суточные колебания в верхних горизонтах, может появиться дефицит влаги в поверхностном слое, в который заделываются семена при посеве. Вследствие удаления древесного полога увеличивается поступление в почву атмосферных осадков, прекращается расход влаги на транспирацию. В условиях ельников черничных влажных это может привести к заболачиванию вырубков. Из-за насыщения влагой ухудшается аэрация

почвы и ее тепловой режим, что отрицательно влияет на жизнедеятельность и рост корней деревьев, устойчивость их к ветровалу. Повышение скорости разложения лесной подстилки, поступление в почву с порубочными остатками органического вещества, усиление притока света и тепла способствуют интенсивному разрастанию травяного покрова, который конкурирует с культурами за свет, влагу и питательные вещества, а также оказывает механическое воздействие, заваливая древесные растения опадом отмершей травы, что ведет к гибели не только посевов, но и посадок. Поэтому главной задачей обработки почвы является создание оптимальных условий для приживаемости и роста лесных культур. Желательно, чтобы она обеспечивала выращивание устойчивых и продуктивных насаждений с минимальными затратами труда и средств.

С помощью правильного выбора способа обработки почвы можно улучшить ее тепловой режим и аэрацию, активизировать микробиологическую активность, обеспечить плотность, благоприятную для роста корней, улучшить режим питания целевых пород, ослабить отрицательное влияние травянистой растительности, снизить повреждаемость культур насекомыми-вредителями [7, 20]. Основными факторами, определяющими выбор способа обработки почвы, являются ее водный и тепловой режимы, плодородие и механический состав, а также метод закладки культур (посев, посадка) и вид посадочного материала. Качественная обработка почвы облегчает и ускоряет посадку, повышает грунтовую всхожесть семян, дает возможность применять более дешевые способы создания лесных культур. Обработку почвы на вырубках можно проводить механическим, химическим и огневым способами (термическая обработка).

Механическая обработка почвы

В условиях таежной зоны в основном применяют частичную обработку почвы, при которой площадь обрабатываемых полос обычно не превышает 25—30 % общей площади вырубки, а на остальной сохраняется напочвенный покров. Ее проводят путем создания полос, площадок, пластов, гребней, гряд, валов, холмиков, борозд, ямок. Для этой цели используют различные покровосдиратели, лесные бороны, плуги, фрезы, а также специальные машины, совмещающие обработку почвы с посадкой семян (саженцев) (рис. 1.15).

Частичная обработка позволяет сохранить потенциальное плодородие почвы по сравнению со сплошной, при которой из-за необходимости корчевки пней и быстрой минерализации органического вещества содержание углерода и азота в обрабатываемом слое снижается на 14—31 % [8]. В условиях Карелии и Мурманской области, где отмечается высокая каменистость почв, наиболее приемлемой оказалась обработка дренированных почв путем удаления подстилки полосами или площадками. Такая обработка не нарушает капиллярный подъем влаги, улучшает температурный и водный режимы прорастания семян, замедляет зарастание посевных мест травянистой растительностью, снижает опасность поражения семян и проростков патогенными грибами.

Обеднение почвы элементами питания компенсируется более ранним и обильным микоризообразованием. Обработка почвы путем удаления подстилки больше соответствует сосне, а не ели, которая требует более плодородных почв и значительно лучше растет на микроповышениях.



Рис. 1.15 Обработка почвы лесной бороной ТТС-Дельта
(фото А. И. Соколова)

При создании культур посевом на вырубках сосняков лишайниковых и вересковых с бедными сухими почвами в первую очередь необходимо улучшить водный режим их верхних горизонтов. Из-за недостатка влаги прорастание семян здесь часто задерживается и проростки семян и всходы могут засохнуть, а в засушливые годы часть всходов нередко появляется на второй год. В этих условиях перемешивание подстилки с минеральными горизонтами почвы при посеве не рекомендуется из-за ухудшения водного режима в результате нарушения капиллярного подъема влаги и снижения грунтовой всхожести семян. При создании культур посевом здесь оптимальная ширина полос с удаленной подстилкой составляет 5—10 см. Увеличение ширины обрабатываемых полос до 0,5—1,0 м (дисковый покровосдиратель ПДН-1, лесная борона ТТС-Дельта) ухудшает условия прорастания семян и укоренение всходов. Следует отметить, что в настоящее время при механизированной обработке почвы требования к удалению лесной подстилки (покровосдиранию) не соблюдаются, поскольку диски покровосдирателей заглубляются на глубину до 15 см. При пересыхании почвы такие микроповышения засыпаются песком, что снижает приживаемость посевов.

При посадке корневые системы сеянцев размещаются в более глубоких горизонтах почвы, лучше обеспеченных влагой. В данном типе лесорастительных условий песчаные почвы не зарастают травой, поэтому при толщине лесной подстилки не более 3 см можно проводить посадку стандартных сеянцев без обработки почвы.

На вырубках сосняков брусничных с песчаными и супесчаными почвами подстилку удаляют полосами шириной от 0,3 м в северной и среднетаежной подзонах и увеличивают до 0,5—1,0 м в южнотаежной, где более благоприятные условия для разрастания травянистой растительности.

В среднетаежной подзоне на вырубках ельников и сосняков черничных и кисличных со свежими супесчаными и легкосуглинистыми завалуненными почвами, где применение плугов затруднено, обработку проводят путем удаления подстилки (площадками) шириной 0,7—1,0 м. В северотаежной подзоне ширину полос уменьшают до 0,5 м. В данных условиях возможна механизированная обработка почвы лунками для посадки саженцев ели с компактной корневой системой. При недостатке тепла и питания обработка почвы дискретными микроповышениями высотой 20—30 см с перемешиванием органогенных и минеральных горизонтов наиболее благоприятно сказывается на росте лесных культур. Хороший результат здесь может показать применение лесопосадочных машин, совмещающих механическую обработку почвы с автоматизированной посадкой (рис. 1.16). Но высокая стоимость работ и невысокая производительность сдерживают их широкое применение в России.



Рис. 1.16 Обработка почвы на вырубке
с одновременной посадкой сеянцев лесопосадочной машиной
(фото А. И. Соколова)

В этих условиях на свежих вырубках, где встречаемость камней в верхнем 20-сантиметровом горизонте не превышает 50 %, обработку почвы можно проводить с помощью лункообразователей Л-2 (Л-2У), которые готовят лунки для посадки крупномера (рис. 1.17).

Следует помнить, что применение лункообразователей на злаковых типах вырубков эффективно только в случае использования крупномерного посадочного материала с компактной корневой системой.

Переросшие сеянцы, имеющие слаборазвитую корневую систему, которая в основном состоит из скелетных корней, а также стандартные сеянцы использовать не рекомендуется, так как они неконкурентоспособны против травянистой растительности, что значительно увеличивает потребность в уходах, отрицательно сказывается на сохранности и росте культур.

В процессе работы лункообразователя с края лунки формируется комок почвы, состоящий из подстилки и минеральных горизонтов почвы, используемый для заделки корневых систем саженцев. При дискретной обработке почвы лунками полностью сохраняется гумусовый горизонт, слабо повреждается лесная подстилка, которая препятствует семенному возобновлению лиственных пород и обеспечивает сохранение влаги в верхних минеральных горизонтах. Механизация технологической операции по подготовке лунок обеспечивает повышение производительности труда сажальщиков в два раза. В процессе работы лункообразователи готовят избыточное количество лунок, что позволяет выбрать из них только пригодные для посадки.



Рис. 1.17 Лункообразователь Л-2У в агрегате с трактором ЛХТ-55
(фото А. И. Соколова)

Во влажных долгомошно-сфагновых условиях требуется создание микроповышений высотой 30—40 см, а для отвода воды сточные борозды располагают по уклону местности. С целью минимального повреждения почвы ее обработку проводят во второй половине лета и осенью в год, предшествующий созданию лесных культур.

СевНИИЛХом разработана группировка почв по условиям увлажнения, в которой выделены следующие ряды [1]: автоморфный (дренированные почвы), полугидроморфный (периодически или длительно переувлажненные почвы), гидроморфный (постоянно переувлажненные почвы). На основе ее можно рекомендовать следующие способы обработки почвы при создании лесных культур на вырубках (табл. 1.1).

Таблица 1.1
Группировка вырубок по условиям увлажнения почв в целях лесовосстановления

№	Тип леса до рубки	Тип вырубок	Почвы	Способ обработки почвы
I. Автоморфный ряд увлажнения				
1	Лишайниковый, вересковый	Лишайниковые, вересковые	Подзолы железистые песчаные на глубоких песках	Покровосдирание узкими полосами или мелкими площадками. Возможна посадка без обработки почвы
2	Брусничный и черничный свежий	Свежие вырубки или слабозадерновые луговиковые, вейниковые, кипрейнопаловые, задерновые луговиковые и вейниковые	Подзолы песчаные и супесчаные глубокие и среднелегатия суглинка свыше 70 см)	Покровосдирание. Боронование
3	Черничный свежий	Свежие вырубки или слабозадерновые луговиковые, вейниковые, кипрейнопаловые, задерновые луговиковые и вейниковые	Подзолистые, суглинистые и супесчаные на тонкопесчаных (30—50 см) или маломощных (50—70 см) двучленных наносах	Боронование. Создание микроповышений
4а	Кисличный и травяные	Кипрейные, крупнотравные	Дерново-слабоподзолистые, подзолистые, дерново-карбонатные супесчаные и легкосуглинистые	Создание микроповышений. Боронование
II. Полугидроморфный ряд увлажнения				
4б	Травяной	Крупнотравные	Дерново-глеевые, торфяно-перегнойные глеевые легко- и среднесуглинистые	Создание микроповышений с прокладкой дренажных борозд
5	Черничный влажный, долгомошный	Долгомошные	Болотно-подзолистые и торфяно-глеевые переходные суглинистые и супесчаные на тонкопесчаных двучленных наносах (мощность торфа до 30 см)	Микроповышения с прокладкой дренажных борозд
III. Гидроморфный ряд увлажнения				
6	Травяно-болотный, сфагновый	Таволговые, сфагновые, кустарничково-сфагновые	Дерново-глеевые, перегнойно-торфянисто-глеевые низинные, торфяно-перегнойно-глеевые, торфяные переходные и верховые	Прокладка осушительной сети и создание микроповышений

Химическая обработка почвы



Рис. 1.18 35-летние культуры сосны, созданные посадкой двулетних сеянцев на вырубке ельника черничного по полосам, обработанным гербицидами (фото А. И. Соколова).

Первоначальная густота 2,5 тыс. шт./га. Состав древостоя 10С+Е, ед Б, Ол. Густота 1,25 тыс. шт./га. Средняя высота 13 м, средний диаметр 17 см, запас 213 м³/га

Химическую обработку почвы целесообразно проводить в условиях зеленомошной и сложной групп лесорастительных условий на участках с плодородными почвами, не требующих изменения их водного режима (рис. 1.18), на каменистых почвах, где механическая обработка почвы проблематична, на крутых склонах, не доступных для техники.

При химической обработке почвы не требуется дорогостоящая корчевка пней, а каменистые включения и корневые лапы не являются помехой для работы тракторных опрыскивателей. Преимущество химической обработки почвы состоит в том, что она обеспечивает сохранение естественного сложения генетических горизонтов, устраняет аллелопатическое влияние злаков, предотвращает навал отмершей травы на культуры, ускоряет разложение дернины, улучшает минеральное питание растений, обеспечивает сохранение вла-

ги в верхнем слое почвы, что способствует развитию мощной корневой системы и росту надземной части саженцев. Химическую обработку почвы проводят на сформировавшихся задернелых вырубках. В этот период завершен вылет наиболее опасного для культур хвойных пород вредителя — большого соснового долгоносика. В результате снижается ущерб, наносимый им посадкам, и отпадает необходимость в защитных профилактических обработках инсектицидами. Химическую обработку почвы обычно проводят за год до посадки. За это время корни трав отмирают, что существенно облегчает заделку корневых систем саженцев.

СПбНИИЛХом рекомендуется применять двух- или трехкомпонентные смеси гербицидов [раундап (2,7—4,0 л/га) + арсенал (0,5—1,0 л/га) + анкор-85 (75—100 г/га); раундап, 4 л/га + анкор-85, 150 г/га; раундап,

4 л/га + арсенал 1,5 л/га]. Это позволяет не только подавлять нежелательную травянистую растительность (в первую очередь злаки), но и ее семенное возобновление.

Обработку проводят полосами с помощью ранцевых моторных опрыскивателей, а на больших площадях рациональней использовать тракторные. При химической обработке почвы, а также при уходах за культурами допускается применять те препараты, которые включены в «Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации». Указанный список ежегодно обновляется.

Термическая обработка почвы

В России термическая обработка почвы из-за опасности возникновения пожаров сейчас не используется. Хотя имеется большой опыт по применению управляемого огня и были разработаны специальные технические средства для термической обработки почвы на вырубках. В настоящее время как у нас, так и за рубежом интерес к ней возрастает и ведутся научные исследования в данном направлении. Следует отметить, что в России неконтролируемое воздействие огня на почву в результате лесных пожаров ежегодно отмечается на больших площадях.

Воздействие огня на почву на разных типах вырубок неоднозначно. На бедных сухих песчаных почвах сосняков лишайниковых происходит потеря гумуса, ослабление капиллярного подъема воды, снижение влагоемкости. В результате этого ухудшаются их физико-химические и биологические свойства. Отрицательное влияние огневого воздействия на почву максимально возрастает при повторных палах, уничтожающих значительную часть лесной подстилки.

На вырубках сосняков и ельников брусничных в результате частичного прогорания лесной подстилки улучшаются условия для прорастания семян и роста сеянцев. Однако при повторных палах, уничтожающих лесную подстилку, отмечается ухудшение водного режима и снижение плодородия почвы.

На вырубках сосняков и ельников черничных и кисличных с супесчаными и суглинистыми почвами лесная подстилка прогорает частично. Почва обогащается доступными формами фосфора и калия, кислотность ее снижается до нейтральной или слабощелочной, активизируется бактериальная флора, поэтому усиливаются процессы азотфиксации и нитрификации. Все это способствует разрастанию иван-чая, который вытесняет злаки, что благоприятно сказывается на возобновлении и росте хвойных пород.

1.6.3 Первоначальная густота

Первоначальная густота культур определяется лесорастительными условиями, биологическими особенностями культивируемой породы, видом посадочного материала и уровнем ведения лесного хозяйства.

На вырубках таежной зоны первоначальная густота культур на свежих, влажных и переувлажненных почвах при посадке сеянцами составляет не менее 3 тыс. шт./га, а на сухих почвах — не менее 4 тыс. шт./га. При посадке культур саженцами, а также сеянцами с закрытой корневой системой высотой не менее 12 см допускается снижение густоты посадки до 2 тыс. шт./га.

При выборе исходной густоты культур могут быть два подхода, которые имеют свои достоинства и недостатки. Первый — это создание культур стандартными сеянцами густотой 3 тыс., шт./га и более с последующим дорастиванием 1/3 лучших деревьев на пиловочник, остальные при рубках ухода вырубаются на балансы и биотопливо. Такой подход обоснован тем, что деревья в лесных культурах растут неодинаково. Это в значительной мере связано с их наследственными свойствами, что хорошо видно на примере культур ели, созданных посадкой сеянцев и выращенных без затенения лиственными породами (рис. 1.19). С увеличением исходной густоты культур ускоряется смыкание крон и формирование лесной среды, появляется возможность получения дополнительной продукции при рубках ухода.

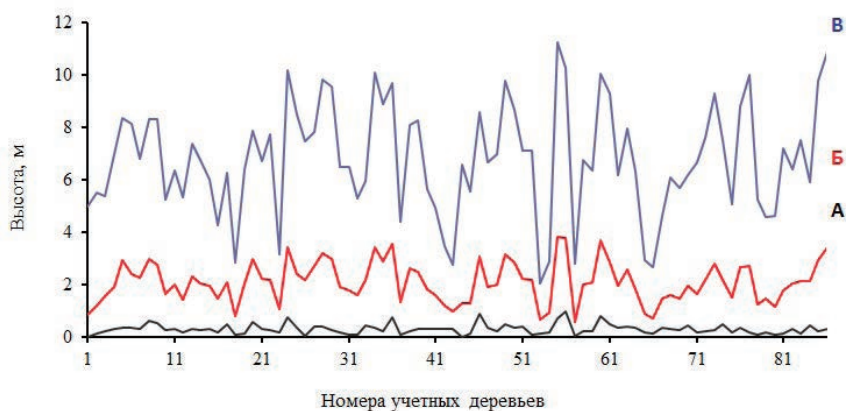


Рис. 1.19 Дифференциация деревьев по высоте в 24-летних культурах ели при отсутствии затенения лиственными породами.

Высота культур в возрасте: А — 4 года, Б — 14 лет, В — 24 года

Второй подход основан на использовании отборного крупномерного посадочного материала. В данном случае отбор саженцев проводится в лесном питомнике. Благодаря этому за счет снижения густоты сокращаются объемы работ по посадке, ускоряется рост деревьев в толщину, повышается устойчивость их к ветровалу и снеголому, сокращается потребность в агротехнических уходах, поскольку саженцы устойчивей, чем сеянцы к навалу травы, и быстрее растут.

Густота и размещение посадочных мест зависят от лесорастительных условий, древесной породы, вида посадочного материала и хозяйственного назначения будущих насаждений. Расстояние между рядами культур сосны составляет 3—4 м (на сухих и бедных почвах — 2—3 м), в культурах ели — 3—5 м, в культурах лиственницы — 4—5 м. При использовании двухрядных почвообрабатывающих орудий ширина узких междурядий может снижаться до 1,4—2,0 м. Исходя из густоты культур и средней ширины междурядий устанавливается шаг посадки (посева).

1.6.4 Создание лесных культур посевом

Основными объектами для создания культур посевом являются вырубки с легкими песчаными и супесчаными почвами, на которых не происходит интенсивного развития травянистой растительности и застоя влаги [15]. Посевом создают преимущественно культуры сосны. Посевы ели, которые требуют более плодородных и влажных почв, имеют низкую грунтовую всхожесть семян, в первые годы растут медленно, повреждаются заморозками, гибнут от навала отмершей травы, применять не рекомендуется. Преимущество посева заключается в том, что он больше соответствует естественному возобновлению, посевы более долговечны, чем посадки, они легко поддаются механизации и совместимы с обработкой почвы, корневая система древесных растений не деформируется, отпадает необходимость в лесных питомниках. Но при посеве происходит большой расход семян, увеличивается потребность в агротехнических уходах, существует вероятность выжимания сеянцев морозом и повреждения заморозками, а также поедание семян мышами.

Для посева используют стандартные семена местной заготовки, но при их недостатке допускается приобретать семенной материал в соответствии с «Лесосеменным районированием основных лесообразующих пород». Посевы, создаваемые привозными семенами с нарушением правил их переборки, сильно повреждаются грибными заболеваниями и часто полностью гибнут. Норма высева семян I класса качества в зависимости от их массы и лесорастительных условий составляет для сосны 0,40—0,65 кг/га, для ели — 0,50—0,60 кг/га. При использовании семян II класса качества она увеличивается на 30 %, а III класса — на 70 % [16].

Механизированный посев проводится одновременно с обработкой почвы. Это обеспечивает благоприятные условия для сохранения влаги в ее верхнем слое, куда высевают семена. Попадая в почву, семена активно начинают поглощать влагу, в основном данный процесс происходит в течение первых суток. Если в этот период возникает дефицит влаги, что случается в рыхлых песчаных почвах, то семена сохраняют свою жизнеспособность. Такой прием иногда используют в лесных питомниках при подготовке семян ели к посеву. В последующий период запускаются биохимические процессы прорастания семян, и если наступает

засуха, то они погибают, поэтому посевы семян на вырубках с сухими песчаными почвами желательно начинать сразу как оттаяла почва.

При ручном посеве для обеспечения заданной нормы высева семян используются заранее приготовленные мерки или ручные сеялки. За каждым рабочим закрепляют намеченные для посева ряды (полосы). Перед началом посева и в конце его ряд культур необходимо отмечать цветными лентами или колышками, чтобы не допускать пропусков. Мастер должен постоянно следить, чтобы это требование выполнялось.

1.6.5 Создание лесных культур посадкой

Виды посадочного материала

Правильный выбор вида посадочного материала позволяет в значительной степени снизить отрицательное влияние ряда экологических факторов (травянистая растительность, энтомовредители, заморозки) на лесные культуры [143]. На Северо-Западе России наиболее широко применяются 2—3-летние сеянцы сосны и ели, а также 1—2-летние тепличные сеянцы с открытой и закрытой корневой системой. На злаковых вырубках, основном лесокультурном объекте, при крайне ограниченном количестве и низком качестве уходов культуры, созданные таким посадочным материалом, растут медленно, страдают от навала травы, что отрицательно сказывается на их сохранности.

Значительное повышение устойчивости посадок здесь достигается применением крупномерного посадочного материала (саженцев), который лучше противостоит заглушению травянистой растительностью, меньше нуждается в агротехнических уходах. Такие культуры обладают хорошим ростом и раньше смыкаются, чем посадки стандартными сеянцами. Основной недостаток посадочного материала с открытой корневой системой связан с быстрой потерей влаги корневой системой. Подсыхание корней ведет к снижению приживаемости посадок, а в последующем отрицательно влияет на их рост. Это можно преодолеть, используя посадочный материал с закрытой корневой системой (рис. 1.20).



Рис. 1.20 Двухлетние сеянцы ели с закрытой корневой системой (фото А. И. Соколова).

Высота линейки от уровня почвы составляет 30 см

Преимущество такого посадочного материала заключается в значительном сокращении сроков выращивания, наиболее полном использовании дефицитных семян хвойных пород, возможности точного планирования потребности в посадочном материале, корневая система его сохраняется и не теряется при выкопке, как у сеянцев с открытой корневой системой, процесс посадки менее трудоемок, расширяются сроки посадки, повышается приживаемость культур, улучшается их рост (рис. 1.21).

Хранение посадочного материала

Подсыхание сеянцев в период от выкопки до посадки — одна из наиболее распространенных причин снижения приживаемости культур и ухудшения их роста [15]. Поэтому за соблюдением правил хранения посадочного материала должен вестись постоянный контроль.

В настоящее время посадочный материал с открытой корневой системой в основном перевозится в ящиках. Выкопанные сеянцы сразу укладывают корнями на влажный мох, а затем обкладывают им сеянцы вдоль стенок ящика. Кузов машины, в котором перевозится посадочный материал, необходимо закрывать тентом. При длительной остановке машину ставят в тень. При доставке на предприятие сеянцы помещают в ледник, из которого партиями отправляют к месту посадки.

Если посадочный материал планируется сразу доставлять на лесокультурную площадь, то желательно подготовить места для его хранения. Их готовят в зимний период, когда ведется расчистка дорог от снега. Для этого в затененных местах (у густых стен леса, крутых склонов северной экспозиции) бульдозером сгребают и уплотняют снег, делая бурты высотой около 1 м. Сверху их присыпают слоем опилок или прикрывают хвойной лапкой, что значительно задерживает таяние снега.



Рис. 1.21 Культуры сосны, созданные посадочным материалом с закрытой корневой системой (фото А. И. Соколова)

Посадочный материал помещают в снег. Пониженные температуры тормозят ростовые процессы и сеянцы дольше сохраняются в хорошем состоянии, что позволяет несколько увеличить период посадки.

Короткое время можно хранить ящики с сеянцами и саженцами под пологом леса на влажных оторфованных местах, но не в воде. Наиболее трудоемкий способ — это прикопка. Место для прикопки должно быть затененным, прохладным и влажным.

Чтобы во время посадки корни сеянцев не подсыхали, на дно тары (ведра, подноски) и по ее стенкам укладывают слой влажного мха, сверху сеянцы укрывают влажной тканью.

Сеянцы с закрытой корневой системой доставляют на лесокультурную площадь в специальных контейнерах. Перед отправкой из питомника сеянцы поливают. Для временного хранения кассеты (поддоны) с сеянцами выгружают на ровную площадку в затененном месте. Не следует хранить сеянцы в низинах, где возможны ночные заморозки. Во избежание быстрого пересыхания субстрата кассеты плотно прижимают друг к другу, а крайние с боков присыпают землей или укрывают мхом. Нельзя складировать кассеты с сеянцами друг на друга. При сухой погоде сеянцы периодически поливают, а перед посадкой торфяной субстрат увлажняют. Торфяной субстрат достаточно увлажнен, если при несильном сжатии рукой из него сочится вода.

Защита лесных культур от повреждения энтомовердителями

Посадки и мелкий подрост сосны, ели и лиственницы на свежих вырубках сосновых и еловых древостоев могут сильно повреждаться энтомовердителями. Наиболее опасным вредителем культур хвойных пород является большой сосновый долгоносик. В процессе питания жуки выгрызают кору на стволике саженца до древесины. Это ведет к усыханию побегов, потере прироста, ослаблению растений, а при полном «окольцовывании» стволика — к их гибели. Энтомовердители наиболее сильно повреждают культуры, созданные посадочным материалом, выращенным в теплицах. Саженцы открытого грунта также подвергаются нападению жуков, но обладают большей устойчивостью. Наибольший вред большой сосновый долгоносик наносит на рубках чистых хвойных древостоев, особенно на легких хорошо прогреваемых почвах. С продвижением на север повреждаемость культур и подроста снижается. Здесь суровые климатические условия существенно сдерживают развитие и распространение насекомых. Поэтому повреждаемость самосева и подроста большим сосновым долгоносиком минимальна.

Повреждения лесных культур и подрост хвойных пород большим сосновым долгоносиком отмечаются в течение трех лет после рубки древостоя, но наибольший урон обычно наблюдается первые два года. Для снижения ущерба от энтомовердителей и уменьшения затрат на дополнение культур на рубках сосновых древостоев с легкими песчаными почвами, слабозарастающими травянистой растительностью, посадку желательно планировать на третий год после рубки. Посадки могут подвергаться нападению большого соснового долгоносика и более дли-

тельный период, если вблизи находятся свежие вырубки хвойных насаждений. Снизить ущерб в данных лесорастительных условиях можно также путем замены посадок посевами или оставлением обсеменителей сосны в сочетании с обработкой почвы.

Существует ряд механических способов снижения повреждаемости саженцев энтомовредителями, но наиболее эффективным пока остается химический. С этой целью используют препараты, которые включены в действующий Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Наиболее рационально и безопасно профилактическую обработку саженцев пиретроидами проводить в теплично-питомнических комплексах, оборудованных специальными устройствами для превентивной защиты посадочного материала от энтомовредителей. При его отсутствии посадочный материал с закрытой корневой системой обрабатывается с помощью моторных опрыскивателей. Данный способ можно использовать и для саженцев с открытой корневой системой, но тут есть вероятность, что часть растений в тюках или ящиках будет обработана недостаточно. При работе с пестицидами необходимо строго соблюдать установленные меры безопасности.

Сроки посадки

Лучший срок посадки — весна. В этот период активно идут процессы корнеобразования, в почве сохраняется достаточный запас влаги, наиболее благоприятны температурные условия. Все это обеспечивает высокую приживаемость саженцев. Весной сеянцы и саженцы следует пересаживать на лесокультурную площадь до распускания почек. Посадка тронувшимися в рост саженцами часто ведет к усыханию или обламыванию верхушечных побегов, что отрицательно влияет на приживаемость культур. Продлить сроки посадки можно путем замедления снеготаяния в питомнике (укрытие гряд с елью опилками), консервации посадочного материала (хранение в ледниках, холодильниках, снежных буртах), использования посадочного материала с закрытой корневой системой.

Качество и эффективность осенних посадок (август — сентябрь) во многом зависит от погодных и почвенных условий. Ориентировочно о наступлении сроков посадки можно судить по пожелтению отдельных листьев на березах и осинах. Однако при сухой и теплой погоде посадки следует начинать только после выпадения обильных дождей, поскольку при недостатке влаги в почве приживаемость культур резко снижается. Завершаются осенние посадки до окончания листопада. На тяжелых глинистых и суглинистых, а также торфянистых почвах осенние посадки проводить не следует из-за опасности выжимания корневых систем растений из почвы кристаллами льда.

Посадка леса на вырубках

В весенний период на лесокультурные работы принимается много временных рабочих, поэтому необходимо организовать их обучение основным правилам и навыкам ведения работ по посеву и посадке.

Рабочие должны быть ознакомлены со способами создания лесных культур на тех типах вырубках, где им предстоит работать, с правилами хранения посадочного материала в период посадки; обучены организации самоконтроля, уходу за инструментом. Особое внимание следует обратить на выбор посадочного места. Если место не соответствует требованиям посадки, то это может привести к ухудшению роста и даже гибели культур. Поэтому главное не равномерное размещение культур по площади вырубки, а выбор таких мест, где гарантирована высокая приживаемость саженцев. Место для посадки выбирают выше среднего уровня почвы для данного микроучастка. Лунка должна быть такой глубины, чтобы корни свободно размещались в ней и была возможность их расправить. Нельзя допускать скручивания корней, особенно сосны, которое ведет к снижению устойчивости дерева и кривизне ствола.

На дренированных песчаных и супесчаных почвах, где нет застоя влаги, посадку ведут по полосам с удаленной подстилкой. На вересково-паловых и лишайниковых вырубках, где одной из основных причин снижения приживаемости культур является дефицит влаги, посадку стандартных сеянцев можно вести без обработки почвы. В этом случае сохранившаяся подстилка препятствует испарению влаги с верхних слоев почвы. Здесь целесообразна посадка сеянцами с закрытой корневой системой. На суглинистых и оторфованных почвах с временным



Рис. 1.22 Ель, высаженная в борозду, из-за временного переувлажнения почвы имеет бледную, короткую хвою, обладает слабым ростом и повреждается заморозками (фото А. И. Соколова)

избыточным увлажнением нельзя проводить посадку по бороздам (полосам с удаленной подстилкой) (рис. 1.22). Лучшим местом для посадки здесь являются микроповышения. При посадке по пластам следует следить, чтобы они плотно прилегали к почве и не были чрезмерно рыхлыми. При необходимости почву на микроповышениях нужно дополнительно уплотнить ногой. Не следует вести посадку в рыхлую лесную подстилку или где под слоем подстилки находится слой порубочных остатков и много воздушных пустот. В таких местах растения быстро погибают из-за недостатка влаги.

На каменистых почвах, где трудно обеспечить качественную заделку корней

при вертикальной посадке под меч Колесова, можно применять косую посадку под лопату или мотыгу. Хорошие результаты здесь дает посадка сеянцами с закрытой корневой системой. Их высаживают под посадочную трубу, диаметр которой должен соответствовать размеру торфяного брикета. Перед посадкой ограничитель глубины на посадочной трубе устанавливают таким образом, чтобы верхний край торфяного брикета был ниже уровня почвы на 2 см (при посадке по микроповышениям — на 4 см). Рабочий заглубляет острие трубы в почву ногой. Нельзя это делать с помощью удара, как при посадке мечом, иначе можно сломать инструмент. Педалью открывают щеки на конце трубы и опускают в нее сеянец. Затем, поворачивая трубу вокруг оси, вытаскивают ее из почвы и отряхивают землю. Почва вокруг сеянца уплотняется ногой. Особую осторожность нужно соблюдать при посадке тронувшихся в рост сеянцев, так как неодревесневшие побеги легко ломаются. В процессе работы рабочий одновременно выбирает следующее подходящее место для посадки и при переходе к нему вытаскивает следующий сеянец из подноски. Производительность на посадке сеянцев с закрытой корневой системой составляет до 1200—1300 шт. за рабочий день.

1.7 Комбинированный метод лесовосстановления

Комбинированное лесовосстановление проводят, если сохраненный подрост на вырубке размещен неравномерно или если его количество меньше установленного для естественного возобновления путем сохранения подроста, но больше, чем требуется «Правилами лесовосстановления для искусственного лесовосстановления». Перед началом работ проводят обследование вырубки. Отмечают места, где подрост отсутствует или он редкий, поэтому дополнительно требуется посадка культур.

При комбинированном методе лесовосстановления на задернелых вырубках целесообразно проводить химическую обработку почвы площадками осенью, предшествующей году посадки. На свежих вырубках посадку проводят вручную крупномерными саженцами высотой не менее 30 см. Общее количество подроста и высаженных саженцев должно соответствовать требованиям, предъявляемым к лесным культурам для конкретных лесорастительных условий. Комбинированный метод позволяет снизить потребность в посадочном материале, сократить период лесовосстановления, предотвратить нежелательную смену породного состава, сохранить генофонд хвойных пород, создать мозаичность и улучшить условия для обитания птиц и зверей. Но при комбинированном методе возникают сложности с механизированной обработкой почвы и проведением агротехнических уходов при посадке по необработанной почве, так как в случае зарастания посадочных мест травой найти их сложнее, чем в рядовых культурах.

1.8 Уход за молодняками

Цель ухода состоит в поддержании желательного породного состава формирующегося насаждения за счет улучшения условий светового и почвенного питания хозяйственно ценных пород путем устранения конкурентного влияния нежелательной растительности. В связи с существенными зональными различиями длительности периода возобновления и формирования насаждений разных пород традиционное разделение ухода за молодняками на осветления и прочистки, строго ограниченные возрастными рамками, нецелесообразно. Более важными являются этапы формирования древостоя и соответствующие им мероприятия, направленные на устранение конкретных причин, препятствующих успешному выращиванию целевых пород. Исходя из этого в условиях таежной зоны уход за молодняками подразделяют на агротехнический и лесоводственный [16].

1.8.1 Агротехнический уход

Агротехнический уход проводится в первые годы формирования насаждения, когда еще не завершено образование сомкнутого полога крон деревьев и они могут испытывать угнетение со стороны живого напочвенного покрова и поросли лиственных пород.

Объектами агротехнического ухода являются: лесные культуры; самосев на участках с обработкой почвы — с давностью до 5 лет, не считая года ее проведения; сохраненный при рубке самосев и мелкий подрост на вырубках 3 лет и старше при его встречаемости не менее 40 %. К агротехническому уходу относятся: уничтожение растений живого напочвенного покрова и второстепенной древесно-кустарниковой растительности, затеняющей главные породы, предотвращение заваливания травой, оправка выжатых морозом семян и внесение удобрений.

Известно, что после сплошной рубки древостоев на их месте формируются вырубки. Тип вырубки связан с исходным типом леса, так как она формируется на тех же почвах и элементах рельефа. Динамика развития травяного покрова и его видовой состав зависят от почвенно-климатических условий, породного состава и сомкнутости крон древостоев, особенностей рельефа, воздействия лесозаготовительной техники, поэтому потребность в агротехнических уходах во многом определяется спецификой лесорастительных условий конкретного участка (рис. 1.23).

Для планирования мероприятий по лесовосстановлению все вырубки, близкие по лесорастительным условиям и требующие проведения одинаковых лесохозяйственных мероприятий, объединены в отдельные группы. В свою очередь, их можно разделить на две категории. В первой из них не наблюдается значительных изменений в напочвенном покрове (лишайниковый, лишайниково-вересковый, кустарничково-

зеленомошный и кустарничково-луговиковый, осоково-долгомошный, осоково-сфагновый и болотно-кустарничковый типы вырубок). Например, на вырубках сосняков лишайниковых, вересковых и брусничных разрастание напочвенного покрова на обработанных полосах идет медленно. Он не оказывает вредного влияния на культуры, а даже может выполнять ряд полезных функций. Редкий травяной и кустарничковый покров препятствует выжиманию корневых систем из почвы, снижает ее температуру и испарение влаги, что благоприятно сказывается на укоренении всходов и росте сеянцев, поэтому агротехнические уходы (прополки) здесь нецелесообразны. Бедность и сухость почв, слабое развитие живого напочвенного покрова являются основными причинами замедленного роста сосны и массового поражения ее снежным шютте (фацидиозом). Поэтому на лишайниковых, лишайниково-вересковых и кустарничково-зеленомошных вырубках часто требуется санитарный уход и уничтожение очагов болезни.



Рис. 1.23 Приток света и тепла способствует разрастанию кустов вейника лесного на однолетней вырубке елово-лиственного древостоя (фото А. И. Соколова).

Основную массу вейник лесной накапливает на 3-й год после рубки древостоя, и культуры ели, созданные посадкой мелкими сеянцами, будут завалены опадом сухой травы, и без своевременного агротехнического ухода они погибнут

Во второй категории группы типов вырубок отмечается интенсивное развитие травянистой растительности (рис. 1.24). Травянистые растения являются конкурентами культур хвойных пород за свет, влагу, элементы питания, они изменяют физические свойства почвы, оказывают механическое воздействие на стволы молодых сосен и елочек. Выделяемые в процессе жизнедеятельности и вымываемые после отмирания трав вещества могут содержать ингибиторы роста. Отдельные виды способствуют развитию болезней хвои. Все это ведет к снижению сохранности лесных культур и ухудшению роста главной

породы. Но травянистая растительность играет и большую положительную роль. Интенсивное развитие трав на вырубках является следствием устранения конкуренции со стороны древесных пород, увеличения притока тепла и света к почве и обогащения почвы продуктами разложения лесной подстилки и древесных остатков. Такая реакция экосистемы на рубку древостоя приводит к снижению потери органического вещества и гумуса, накоплению и закреплению элементов питания в верхних горизонтах почвы. Травянистая растительность вырубок может предохранять ель от побивания заморозками и от выжимания корневых систем из почвы. Сохранность лесных культур в значительной степени зависит от видового состава растительности вырубок (типа вырубки). Наиболее опасны злаки, подавление которых в первые годы жизни культур должно быть основной целью агротехнического ухода. Наиболее интенсивно злаки развиваются на 2—5-й год после рубки и в этот период уход за культурами на злаковых и широколиственных вырубках крайне необходим. Иван-чай при проективном покрытии менее 50 % и древесные породы в первые пять лет могут оказывать положительное влияние, являясь конкурентами злаков и ослабляя навал трав на саженцы. Поэтому агротехнический уход обычно проводят полосами вдоль рядов культур или вокруг саженцев с таким расчетом, чтобы оставшаяся травянистая растительность не могла завалить культуры.



Рис. 1.24 Интенсивное развитие злаков на вырубке ельника черничного
(фото А. И. Соколова)

Низкая полнота древостоев и увеличение в их составе лиственных пород способствует разрастанию трав, особенно светолюбивых злаков, под пологом деревьев. После рубки таких древостоев травянистая растительность развивается интенсивней, чем после вырубки чистых высокополнотных ельников. На зарастание посевных мест травянистой растительностью большое влияние оказывает способ обработки почвы. Полосы (площадки) с полностью удаленной лесной подстилкой зарастают значительно медленнее, чем при неполном ее удалении или при обработке путем перемешивания подстилки с минеральными го-

ризонтами. В последних случаях уход необходимо начинать раньше и в большем объеме. В условиях таежной зоны отрицательное влияние травянистой растительности на лесные культуры проявляется при проективном покрытии трав более 25 %. Агротехнический уход за культурами нельзя откладывать, если проективное покрытие достигает 30 % [17]. Количество уходов зависит от условий местопроизрастания (типа вырубки), метода и способа лесовосстановления и биологических особенностей целевой породы. В одних и тех же условиях посевы требуют большего количества уходов, чем посадки. Применение саженцев сводит потребность в агротехнических уходах к минимуму. Посадки по микроповышениям быстрее выходят из-под полога трав, чем посадки по бороздам или по полосам с удаленной подстилкой.

Агротехнические уходы проводят механическим или химическим методом. При механическом методе травянистая растительность и поросль лиственных пород срезается моторизированными или ручными инструментами. На вырубках с высоким травостоем осенью проводят ее обминание вокруг посевных (посадочных) мест, чтобы исключить навал травы со снегом на саженцы в зимний период.

При химическом способе уничтожение нежелательной растительности проводится путем опрыскивания ее растворами гербицидов полосами шириной 2,0—2,5 м вдоль рядов культур или вокруг биогрупп хвойных пород. Во избежание повреждения хвойных пород обработку начинают после закладки верхушечной почки и одревеснения побегов. Для обработки применяются моторные ранцевые или тракторные опрыскиватели. Период защитного действия однократной обработки — до 2 лет. Химический уход должен проводиться с соблюдением требований экологической безопасности, в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами. Допускается применение химических средств, официально разрешенных для применения в лесном хозяйстве России.

Применение удобрений назначается исходя из хозяйственной необходимости улучшения роста лесных культур или молодняков естественного происхождения. Оно не является обязательным мероприятием и рекомендуется только в северотаежной подзоне на вырубках с сухими бедными почвами для ускорения роста культур 2—5 лет выращивания и снижения отпада от снежного шютте (фацидиоза).

Потребность в оправке сеянцев и саженцев часто возникает на участках с глинистыми, суглинистыми и пылеватыми супесчаными почвами при посадке в минеральные горизонты. В результате пучения почвы в зимний период корневые системы поднимаются вверх (корни при этом нередко обрываются), а после оттаивания льда и оседания почвы они оказываются на поверхности. В большей мере этому подвержены осенние посадки сеянцами с закрытой корневой системой. В данных условиях посадку следует проводить по микроповышениям из смешанных органоминеральных горизонтов и исключить осенние сроки посадки.



Рис. 1.25 Культуры ели, заросшие березой (фото А. И. Соколова).

Уход здесь необходим, поскольку в дальнейшем отрицательное влияние березы на ель будет усиливаться

если они не находят реализации. Отсутствие или низкая интенсивность лесоводственных уходов за молодняком в конечном итоге ведет к смене хвойных пород лиственными в наиболее продуктивных типах лесорастительных условий (рис. 1.26).

1.8.2 Лесоводственный уход

Лесоводственный уход за молодняками (осветления и прочистки) проводят в период от смыкания крон до начала отпада и очищения ствола от сучьев (этап чащи). Он направлен на улучшение породного состава и качества выращиваемого насаждения, улучшения роста главной породы путем подавления нежелательной древесной растительности и регулирования густоты древостоев (рис. 1.25).

Уход в этот период необходим, поскольку хвойные испытывают наиболее сильное конкурентное влияние со стороны лиственных пород, кроме того, он наименее трудоемок. С возрастом трудоемкость увеличивается и в перегущенных древостоях возникают проблемы с размещением вырубленных деревьев,



Рис. 1.26 54-летние культуры сосны, созданные посевом на вырубке ельника черничного (слева) без ухода и (справа) с применением лесоводственных уходов (фото А. Н. Пеккоева).

*Посевы сосны без ухода — состав 9Б1С+Е, запас 282 м³/га;
с применением лесоводственных уходов — состав 10С, запас 394 м³/га*

В смешанных молодняках в основном применяется комбинированный метод, сочетающий выборку нежелательных особей из различных частей полога; в чистых — обычно назначается низовой, с удалением отставших в росте, больных и поврежденных деревьев. При отборе деревьев намечают в первую очередь лучшие деревья, за которыми ведут уход, после чего определяют вспомогательные и нежелательные экземпляры.

Способ ухода в молодняках в зависимости от выборки деревьев по площади может быть равномерным, групповым, коридорным и куртинным. При уходах за рядовыми лесными культурами чаще применяют коридорный способ, но на участках с плодородными почвами, где негативное влияние лиственных пород на хвойные проявляется наиболее сильно, может назначаться сплошной. Уход в молодняках выполняют в основном с помощью мотокусторезов или ручного инструмента (рис. 1.27). Для подавления лиственных пород в междурядьях могут использоваться тракторные катки-осветлители или кусторезы.



Рис. 1.27 15-летние посадки ели и сосны после осветления с помощью мотокустореза (фото А. И. Соколова)

Следует отметить, что на участках с каменистыми почвами применение катков-осветлителей неэффективно. Для сплошного подавления лиственных пород целесообразно использовать химический метод. Он также эффективен и при коридорном уходе, поскольку уничтожается поросль лиственных деревьев в рядах лесных культур, что в дальнейшем облегчает разреживание древостоев.

В первые два десятилетия сосна отстает от березы в росте по высоте, поэтому в данный период необходимо обеспечить ее защиту от заглушения лиственными породами. В смешанных молодняках уход за сосной проводят в период смыкания крон независимо от общей сомкнутости полога. Во избежание появления лишней поросли вырубают или обезвершинивают только экземпляры, равные или превышающие сосну по высоте. В условиях южно- и среднетаежной подзон на плодородных почвах при опасности повторного заглушения сосны возможна полная уборка лиственных пород. Густые группы сосны разреживают преимущественно при повторном приеме ухода (обеспечивая в них расстояние между деревьями не менее 1,0 м), поскольку это, во-первых, способствует очищению стволов от сучьев, а во-вторых, в этот период возможно повреждение культур лосями.

При наличии на 1 га не менее 500 групп или отдельных перспективных экземпляров сосны, способных после ухода успешно конкурировать с березой и расти с ней в одном пологе, лиственные удаляют не на всей площади, а только около групп или отдельных перспективных экземпляров сосны в радиусе не менее 1,5 м, предотвращая ее заглушение.

В чистых молодняках сосна требует ухода только при чрезмерной сомкнутости крон (0,8 и более, при густоте свыше 5 тыс. шт./га), вследствие которой усиливается отпад и снеговал. Уход начинают при достижении сосной высоты 3—5 м, когда опасность повреждения лесом менее вероятна. В первую очередь вырубают деревья с толстыми сучьями («волки»), поврежденные вертуном, лесом, с наметившимися дефектами ствола (кривизна, пасынок, двойчатка). Общую густоту снижают до 2—3 тыс. шт./га. В северотаежной подзоне в перегущенных молодняках, сформировавшихся на сухих песчаных почвах, во избежание отрицательных последствий чрезмерного разреживания возможно оставление после первого ухода большего количества деревьев (до 5—7 тыс. шт./га). Березу и ольху при уходе оставляют, если они не мешают росту сосны, а осину удаляют полностью.

В лесных культурах, созданных площадками, при уходе оставляют в группах не более трех деревьев при высоте до 3 м и по одному при высоте более 3 м. В рядовых культурах обеспечивают расстояние между деревьями в ряду более 1,0 м. В посевных гнездах оставляется только один лучший экземпляр.

Ель в молодняках с примесью лиственных до 30 % обычно не нуждается в лесоводственном уходе. Исключение составляют формирующиеся из предварительного возобновления перегущенные насаждения на свежих плодородных почвах, где разреживание необходимо через 20—25 лет после рубки материнского древостоя, а также лесные

культуры, где отдельные лиственные деревья охлестывают кроны или затевают ель.

При уходе оставляют наиболее крупные, технически ценные экземпляры с хорошим приростом, обеспечивая расстояние между деревьями не менее 1,0 м. Лиственные, затевающие или охлестывающие ель вырубают полностью.

При опасности поражения корневой губкой еловые молодняки разреживают до расстояния между деревьями не менее 2 м. Ольху оставляют, при необходимости понижают высоту. Работы следует проводить зимой или летом в сухую жаркую погоду, так как осенью повышается риск распространения болезни.

В смешанных елово-лиственных молодняках на свежих плодородных почвах уход начинают при сомкнутости крон 0,6 и выше и наличии не менее 500 отдельных перспективных экземпляров или групп елового подростка на гектаре. При уходе на всей площади удаляются лиственные, затевающие или охлестывающие ель, а примесь сосны сохраняется.

На избыточно увлажненных минеральных почвах (долгомошный, влажный черничный типы) сохраняют до 30—40 % лиственных с целью повышения устойчивости насаждений.

В местах, подверженных заморозкам (обширные понижения рельефа, участки по границам с болотами и др.), формирование еловых древостоев с преобладанием ели можно начинать после достижения елью высоты не менее 3—4 м.

Двухъярусные лиственно-еловые молодняки, в которых лесоводственный уход ранее не проводился, необходимо радикально разреживать, оставляя в зависимости от лесорастительной зоны и условий местопроизрастания 0,7—1,5 тыс. шт./га березы, не оказывающей непосредственного угнетающего влияния на ель (рис. 1.28).



Рис. 1.28 Культуры ели после разреживания верхнего полога березы оправились от угнетения и в дальнейшем сформируют второй ярус (фото А. И. Соколова)

Береза может играть роль главной породы в случае неудачи предыдущих мероприятий по возобновлению хвойных или при ведении специализированного хозяйства на фанерный краж. В последнем случае целенаправленный уход за ней организуют на участках со свежими супесчаными и суглинистыми почвами (типы кисличный, разнотравный, черничный свежий). Его начинают при достижении высоты березы более 5 м, удаляя деревья с признаками болезней и дефектами формы ствола. Порослевую березу удаляют, оставляя при необходимости в гнездах не более одного экземпляра.

В смешанных молодняках с преобладанием березы на сухих, влажных и сырых почвах основной целью ухода является улучшение состава в пользу хозяйственно ценных пород. При наличии примеси сосны и ели вокруг них вырубает лиственные в радиусе 2 м. Примесь ели в составе молодняков черничной группы типов леса может быть увеличена повторными уходами за счет последующего возобновления.

Интенсивность и периодичность ухода зависят от густоты и состава молодняка, состояния целевой породы, типа лесорастительных условий и регламентируются «Правилами ухода за лесами». На участках, где выполнялся агротехнический уход, разреживание целевых хвойных пород обычно проводят в возрасте 10—15 лет, когда культуры достигнут высоты 3 м. Выполненный своевременно и достаточно интенсивно, он повышает рентабельность первого коммерческого прореживания. Если встречаемость лучших деревьев главной породы составляет более 60 %, то целесообразно сплошное удаление нежелательных пород с оставлением лиственных в местах, где отсутствуют хвойные деревья. Необходимость повторного лесоводственного ухода уточняется при натурном осмотре участков в ходе очередной инвентаризации. В зависимости от соотношения скорости роста целевых пород и нежелательной растительности может потребоваться до 3 повторных приемов, пока формирующийся молодняк не будет переведен в категорию хозяйственно ценных насаждений.

Организация работ определяется в основном наличием трудовых ресурсов, средств механизации и транспортной доступностью участков. При отсутствии сбыта древесины, вырубаемой при лесоводственном уходе в молодняках, срубленные деревья оставляют у пня, при необходимости разделявая их на отрезки длиной не более 2 м для лучшего приземления. С целью подготовки насаждений к будущим приемам механизированных рубок ухода может быть организована прорубка коридоров шириной 3 м через 12—15 м между ними. В смешанных молодняках в полосе 20 м вдоль дорог и линий электропередач, по границам с пожароопасными участками, а также около озер и рек при уходе обеспечивают преобладание лиственных пород.

1.9 Контроль и оценка качества работ по лесовосстановлению

Учет результатов при различных методах лесовосстановления включает текущий контроль качества, техническую приемку выполнения технологических операций, инвентаризацию участков в конце первого, третьего и пятого годов, а также при переводе участков в земли, покрытые лесной растительностью [16].

Учеты результатов проведенных мер содействия естественному возобновлению леса ограничиваются технической приемкой выполненных работ и инвентаризацией молодняков при переводе участков в земли, покрытые лесной растительностью.

Ежедневный контроль. При рядовой посадке в зависимости от густоты культур и ширины междурядий предварительно рассчитывают заданное количество растений на 10 погонных метров ряда. В процессе работы саженщик периодически проверяет соответствие количества высаженных растений проектному. В конце рабочего дня руководитель проводит контроль правильности выбора каждым рабочим места для посадки (посева), густоты культур и качества посадки на 5—10 учетных отрезках, расположенных равномерно по закультивированной площади. Качество заделки корневых систем проверяют, слегка потянув за ствол саженца. Обращают внимание на то, чтобы посадка не проводилась в микропонижения, где возможен застой воды, а также в толстый слой подстилки или кучи хлама, где растения гибнут от усыхания.

Определение густоты культур и подроста при комбинированном методе лесовосстановления осуществляют рабочие вместе с руководителем работ. Через равные промежутки закладывают по 5 круговых учетных площадок по 50 м² или 100 м² (рис. 1.29). На них подсчитывают количество высаженных растений и подроста, и умножив его на переводной коэффициент (см. гл. 5.1), определяют густоту хвойных пород. Этот же способ учета применяется при создании культур посадкой по необработанной почве.

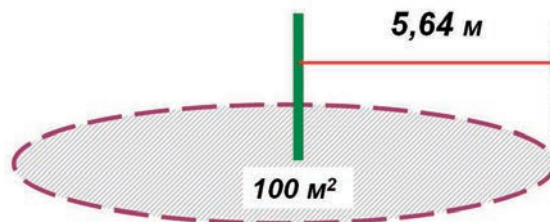


Рис. 1.29 Густоту хвойных пород определяют на круговых учетных площадках

Техническая приемка выполнения технологических операций проводится не позднее 20 дней после их завершения [9]. При этом на пробных площадях (учетных отрезках) сопоставляются фактические

параметры проведенных технологических операций (сроки проведения, объем, площадь и др.) с установленным для данного участка «Проектом лесовосстановления».

Для оценки качества посева техническую приемку производят после появления всходов, учитывая их количество и состояние.

При технической приемке участков с проведенной оправкой сохраненного подроста подсчитывают количество жизнеспособных прямоствольных экземпляров высотой от 0,5 до 1,5 м, а также глазомерно оценивают состав, качество и объем выполненной работы (изреживание густых групп, вырубка нежелательных деревьев, освобождение от порубочных остатков и т. п.).

Для оценки результатов ухода за подростом целевых пород производят его пересчет с разделением на незатененные (проведен уход) и затененные (уход не проведен) растения.

При содействии естественному возобновлению путем обработки («минерализации») поверхности почвы на участке определяют площадь «минерализованной» поверхности почвы в процентах от общей площади, а также оценивают глазомерно наличие и состояние источников обсеменения.

Инвентаризацию участков естественного лесовосстановления, где применялась «минерализация» поверхности почвы, проводят на пробных площадях периодически (1—2 года, 5 лет), до момента отнесения молодняков в земли, покрытые лесом. При этом на пробных площадях ведут учет жизнеспособного подроста и молодняка с разделением его на категории: по высоте, густоте и встречаемости (см. гл. 5.1). Учетные работы проводятся методами, обеспечивающими определение их количества и жизнеспособности с ошибкой точности определения не более 10 %. Между площадками на визирах и лентах пересчета необходимо соблюдать заранее определенные расстояния. На участках площадью до 5 га закладывают 30 учетных площадок, при площади от 5 до 1 га — 50 и свыше 10 га — 100 площадок. При инвентаризации фактические параметры молодняков сопоставляют с нормативами, указанными в «Правилах лесовосстановления». Молодняки, соответствующие по густоте и высоте нормативам, переводят в покрытые лесом земли. При несоответствии нормативам проводят мероприятия по улучшению состояния деревьев главных пород (агротехнический уход, комбинированное или искусственное лесовосстановление) и назначают дату очередного обследования. Если в результате естественного лесовосстановления растения главных пород размещаются неравномерно, то мероприятия по дополнению планируют вне зависимости от их количества.

Инвентаризация лесных культур выполняется с целью оценки их состояния, определения необходимости в проведении дополнения или ухода, а также возможности перевода в категорию покрытых лесом земель или хозяйственно ценных насаждений.

При инвентаризации устанавливаются количество (тыс. шт./га) и встречаемость (%) жизнеспособных деревьев целевых пород, средние

высоты деревьев целевых и нежелательных пород, а также соотношение между средними высотами целевых и сопутствующих пород.

На участках искусственного лесовосстановления с 15 сентября по 30 октября определяют приживаемость культур 1—3-го года, а на 5-й год — сохранность. Оценка приживаемости (сохранности) лесных культур определяется отношением числа посадочных (посевных) мест с сохранившимися растениями к общему числу посадочных (посевных) мест, выраженных в процентах.

Густота и размещение культивируемых растений определяются на пробных площадях или учетных отрезках рядов лесных культур, расположенных через равные расстояния по диагонали лесного участка. Пробные площади должны захватывать по ширине не менее 4 рядов главной породы, считая от центра междурядий, и полный цикл смешения пород. На лесных участках размером до 3 га учитывается не менее 5 % площади или количества посадочных (посевных) мест, от 4 до 5 га — не менее 4 %, от 6 до 10 га — не менее 3 %, от 11 до 50 га — не менее 2 %, от 50 до 100 га — не менее 1,5 %, 100 га и более — не менее 1 %. Процент может быть увеличен в зависимости от состояния и характера культивируемых лесных растений.

По результатам инвентаризации культур первого года с целью восстановления первоначальной густоты весной второго года проводится дополнение культур. Его назначают в культурах с приживаемостью от 25 до 85 %. На участках, где отпад культур неравномерный, дополнение проводится при любой приживаемости культур. Предварительно устанавливают причины отпада, чтобы не повторить ошибки. На вырубках, зарастающих травянистой растительностью, для дополнения культур используют крупномерные саженцы, а там, где зарастание травой отсутствует, — сеянцы. Культуры с приживаемостью менее 25 % считаются погибшими и подлежат списанию.

Оценка наличия и состояния целевых или второстепенных пород при инвентаризации молодняков любого происхождения может быть выполнена методом закладки круговых площадок. При рядовом размещении культур более приемлем метод учетных отрезков.

По итогам инвентаризации принимается решение целесообразности проведения ухода за молодняками с целью предотвращения затенения и охлестывания крон деревьев целевых пород, оптимизации густоты и породного состава, а также возможности перевода молодняков в покрытые лесом земли.

Инвентаризацию участков комбинированного лесовосстановления проводят методами, используемыми при инвентаризации участков естественного и искусственного лесовосстановления. По результатам инвентаризации оценивается качество комбинированного лесовосстановления с учетом запроектированных показателей.

Инвентаризацию участков лесовосстановления на этапе формирования устойчивых древесных насаждений (15—20 лет) проводят для оценки качества сомкнувшихся лесных культур и естественных

молодняков. При этом определяют количество и встречаемость жизнеспособных деревьев целевых пород, их средние высоты, а также состав насаждения. Указанные показатели определяются с помощью закладки учетных площадок, учетных лент или пробных площадей по принятым в лесной таксации методикам. Количество главных (целевых) пород и доля их участия в составе насаждения сравнивается с нормативными показателями, установленными для лесных культур и естественных молодняков удовлетворительного качества.

Контрольные вопросы для самоподготовки и закрепления материала

1. *Какие методы лесовосстановления применяют в таежной зоне?*
2. *Назовите преимущества и недостатки восстановления леса путем сохранения подростa.*
3. *Назовите способы обработки почвы на вырубках, их преимущества и недостатки.*
4. *В каких лесорастительных условиях следует применять посадку, а в каких — посев?*
5. *В чем преимущества и недостатки посадки?*
6. *С какой целью проводят агротехнические уходы?*
7. *Какие применяют способы подавления травянистой растительности в лесных культурах на вырубках?*

2.1 Общие сведения об уходе за лесом

Уход за лесом — это комплекс мероприятий по выращиванию леса в целях повышения и улучшения его продукции, увеличения размера лесопользования и лучшего использования леса как фактора окружающей среды [43].

Согласно Российскому лесному законодательству, возраст рубки составляет от 80 до 140 лет, в зависимости от территориального расположения лесного участка, преобладающей породы, категории лесов по целевому назначению и бонитета [44]. Без целенаправленного воздействия на лесообразовательные процессы к моменту назначения древостоя в рубку получается лесной участок с таксационными показателями, характерными для данных лесорастительных условий. Ведение лесопользования по принципам интенсивного лесного хозяйства позволит улучшить характеристики лесов и контролировать процесс лесовыращивания в соответствии с поставленными целями. При планировании и внедрении в существующую систему лесопользования элементов интенсификации возникает несколько ключевых вопросов (рис. 2.1).

В первую очередь встает вопрос о том, что возможно сделать за период выращивания древостоя, чтобы улучшить показатели лесного участка к моменту организации на нем лесозаготовительных работ спелых и перестойных насаждений. Затем необходимо определить, когда выполнять выбранные мероприятия и как часто проводить их в период формирования древостоя. Одним из важнейших вопросов является оценка степени воздействия на лесной участок, то есть определить, с какой интенсивностью проводить мероприятие по уходу за лесом. Также

важно, отвечая на перечисленные вопросы, оценивать возможные негативные последствия на окружающую среду, затраты на лесовыращивание и лесоводственную эффективность проведенных мероприятий.



Рис. 2.1 Ключевые вопросы при планировании ухода за лесом

Правила ухода за лесом [39] содержат следующие виды мероприятий: рубки ухода, гидролесомелиорация, реконструкция малоценных насаждений, внесение удобрений, обрезка сучьев деревьев, уход за плодоношением древесных пород (в частности, кедра), уход за опушками, уход за подлеском и др.

Рубки ухода являются наиболее распространенным видом ухода за лесом и осуществляются путем механического изреживания древостоя машинами и оборудованием. Развитие древостоя сопровождается отмиранием части стволов (естественный отпад). При рубках ухода удаляются в первую очередь худшие деревья. Эффект рубок ухода основан на том, что при изреживании древостоя до допустимого предела через некоторое время происходит восстановление запаса древостоя на меньшем количестве стволов. При этом средний объем хлыста и средний диаметр ствола в древостое становятся больше [32]. Виды рубок ухода, методы и способы их проведения, а также нормативы более подробно отражены в разделах 2.2—2.4.

Агротехнический уход направлен на устранение конкуренции со стороны разросшейся травянистой растительности (более подробно см. раздел 1.8). Наиболее распространен механический способ, включающий opravку семян и саженцев, скашивание травы в междурядьях культур осенью (рис. 2.2. а) или отаптывание травы вокруг саженцев (рис. 2.2. б).



Рис. 2.2 Агротехнический уход за лесом
(фото предоставлено Лесным центром Финляндии)
а — скашивание, б — отаптывание

Гидролесомелиорация включает систему мероприятий по регулированию водного режима земель лесного фонда, направленную на улучшение их использования. В таежной зоне рассматривается в основном осушение за счет обустройства системы инженерных сооружений и устройств в виде водосборных осушительных канав и каналов (рис. 2.3).



Рис. 2.3 Гидролесомелиорация: а — лесомелиоративная канава
(фото А. Н. Пеккоев); б — строительство мелиоративной сети
(фото А. Н. Пеккоева) [46]

Осушение повышает продуктивность лесов за счет увеличения глубины корнеобитаемого слоя минеральной почвы или торфа, ускоренной минерализации органического вещества и увеличения доступности элементов минерального питания, улучшения условий аэрации корней деревьев [146]. При проектировании мероприятий по осушению заболоченных земель следует учитывать не только увеличение запаса насаждений, но и роль болот в регулировании гидрологического режима территорий. Часть болот, преимущественно на водоразделах и в истоках рек, необходимо оставлять нетронутыми в качестве гидрологического запаса [47].

Удобрение лесов осуществляется путем внесения минеральных и органических удобрений для дополнительного обеспечения деревьев питательными веществами в целях повышения продуктивности и устойчивости лесных насаждений. Сильнее всего рост деревьев на минеральных почвах сдерживает недостаток доступного азота, а на осушенных

торфяниках — дефицит фосфора и калия. Воздействие удобрения продолжается в сосняках 6—8 лет, в ельниках — 8—10 лет [41]. Удобрение лесов осуществляется с использованием наземных (рис. 2.4а, б), а на значительных по площади участках — авиационных (рис. 2.4в) способов.



Рис. 2.4 Внесение удобрений: а — ручное разбрасывание (фото Микко Рийкиля [41]); б — рассеивание машинами (фото В. М. Лукашевича); в — рассеивание удобрений вертолетами (фото Erkki Oksanen/Metla).

Комплексный уход направлен на сочетание проведения рубки ухода и внесения удобрений [37]. Такой уход увеличивает дополнительный прирост древесины при сравнении с проведением только рубок ухода. Эффект достигается за счет активизации процессов разложения органического вещества в почве, включая подстилку. Удобрения следует вносить после разреживания древостоя, лучше весной после схода снегового покрова (аммиачную селитру) или осенью до промерзания почвы и выпадения снега (мочевину). При неблагоприятных погодных условиях (засуха, выпадение обильных, затяжных дождей) внесение удобрения целесообразно отложить до следующего года. По мнению финских исследователей, экономически самыми выгодными объектами внесения удобрений являются средневозрастные ухоженные древостои

и приспевающие хвойные древостои на минеральных почвах [41]. Необходимо отдавать предпочтение высокопродуктивным древостоям Ia—III классов бонитета. В малопродуктивных древостоях (особенно на бедных легких и сухих почвах) может наблюдаться первоначально весьма заметный, но в конечном счете кратковременный положительный эффект от внесения удобрения. Низкотоварность и малый запас древостоя понижают результативность ухода и делают его экономически не всегда выгодным. В связи с этим лучшими объектами для комплексного ухода следует считать чистые и смешанные хвойные насаждения зеленомошной группы типов леса (сосняки и ельники брусничные, черничные и кисличные) [37].

При химическом уходе регулирование состава лесных насаждений осуществляют путем наземного опрыскивания крон деревьев [37] гербицидами, инъекций их в стволы нежелательных деревьев, подлежащих удалению (см. раздел 1.5.1), а также путем внесения гербицидов в почву (см. раздел 1.6.2).

Применение химического ухода не допускается (в том числе в научных целях): в лесах, расположенных на землях особо охраняемых природных территорий, за исключением территорий биосферных полигонов; в лесах, расположенных в водоохраных зонах; в зеленых зонах и лесопарках. Выбор химических препаратов и выполнение работ по химическому уходу за лесами и удобрению лесов осуществляется в соответствии с действующим законодательством и согласно списку пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [148].

Обрезка сучьев и ветвей может служить важным дополнением к рубкам ухода при интенсивном ведении лесного хозяйства. Сучковатость — довольно значимый порок,



Рис. 2.5 Химический уход: а — уход за культурами ели с применением ранцевого опрыскивателя [37]; б — обработка пней лиственных пород (фото Tuomas Heiramo/Metla)

снижающий качество древесного сырья, необходимого для фанерного производства, получения высокосортных пиломатериалов, продукции ЦБП. Обрезка сучьев увеличивает бессучковую зону ствола, улучшает его форму. В результате повышается сортность и, следовательно, ценность древесины. Обрезка сучьев на растущих деревьях производится в хвойных насаждениях для получения древесины высшего качества, в мягколиственных — для предупреждения образования внутренней гнили и выращивания высококачественных сортиментов, у дикорастущих плодовых деревьев, а также кедра — для усиления плодоношения.



Рис. 2.6 Обрезка сучьев: а — на карельской березе (фото Erkki Oksanen/Metla); б — в хвойном насаждении (фото Erkki Oksanen/Metla [41])

Обрезка сучьев производится у 400—700 лучших деревьев на 1 га, выделяемых обычно в качестве целевых деревьев, удалением нижних мертвых сучьев и части живых ветвей (1—2 мутовки), затененных и ослабленных. Обрезка намечается в возрасте прореживания и повторяется по мере появления новых мертвых сучьев и ослабленных ветвей [39]. Сучья могут обрезаться специальными механическими обрезчиками, ножовками, секаторами (рис. 2.6).

Реконструкция малоценных насаждений представляет собой комплекс мероприятий (рубки реконструкции, создание лесных культур, другие мероприятия), направленных на коренное преобразование в течение одного класса возраста лесных насаждений путем полной или частичной замены. Малоценными являются насаждения, не отвечающие

экономическим, экологическим целям и не имеющие в своем составе деревьев хозяйственно ценных пород в количестве, достаточном для формирования рубками ухода (в т. ч. и с содействием естественному лесовозобновлению) ценных насаждений, соответствующих данным лесорастительным условиям и целевому назначению участка леса [39]. В эксплуатационных лесах реконструкция проводится с целью замены малопродуктивных и низкокачественных древостоев (низкополнотных, неудовлетворительного состава, низкотоварных и т. п.) древостоями хозяйственно ценных пород. В защитных лесах реконструкция проводится с целью замены насаждений, утрачивающих свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции, на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных лесов и выполняемых ими полезных функций. Реконструкция осуществляется путем сплошной или частичной вырубki малоценного древостоя за один или несколько приемов с последующим лесовосстановлением различными способами.

Уход за плодоношением древесных пород проводится в первую очередь в орехово-промысловых зонах кедровых лесов (Сибирь, Дальний Восток) и направлен на формирование орехоносных лесных насаждений, создание благоприятных условий для их плодоношения и своевременное омоложение. Формирование кедровых орехоносных насаждений осуществляется путем систематического сильного разреживания верхнего полога с целью осветления кедра и формирования у него развитой кроны, обеспечивающей раннее, обильное и постоянное плодоношение. В процессе ухода из деревьев сопутствующих пород оставляются только те, которые способствуют формированию крон, стволов или усилению целевых признаков отбора объектов ухода в насаждении (плюсовых деревьев) [39].

Уход за опушками леса направлен на повышение устойчивости и защиты их от вредного воздействия ветра на лесные насаждения, находящиеся на границе с большими безлесными пространствами. При проведении ухода за опушками формируют древостой сложной многоярусной формы из устойчивых деревьев с низко опущенными кронами и кустарниками под их пологом [39].

Уход за подлеском производится с целью усиления его положительного влияния, проявляющегося в защите почвы от задержания, иссушения, предотвращения эрозии, а также с целью ослабления отрицательного влияния подлеска, заглушающего деревья главных пород в молодняках, создания благоприятных условий для лесовосстановления ценных древесных пород. В зависимости от выполняемой роли подлесок сохраняется и омолаживается, полностью вырубается или разреживается с разной интенсивностью. Уход за подлеском совмещается по возможности с очередной рубкой ухода за лесом [39].

2.2 Основы рубок ухода

2.2.1 Цели и задачи рубок ухода

Целями рубок ухода за лесом являются: улучшение породного состава; повышение качества и устойчивости лесных насаждений; сохранение и усиление защитных, водоохранных, санитарно-гигиенических и других полезных свойств леса; сокращение сроков выращивания технически спелой древесины; рациональное использование ресурсов древесины [39]. Основной эффект от рубок ухода наглядно показан на рис. 2.7.

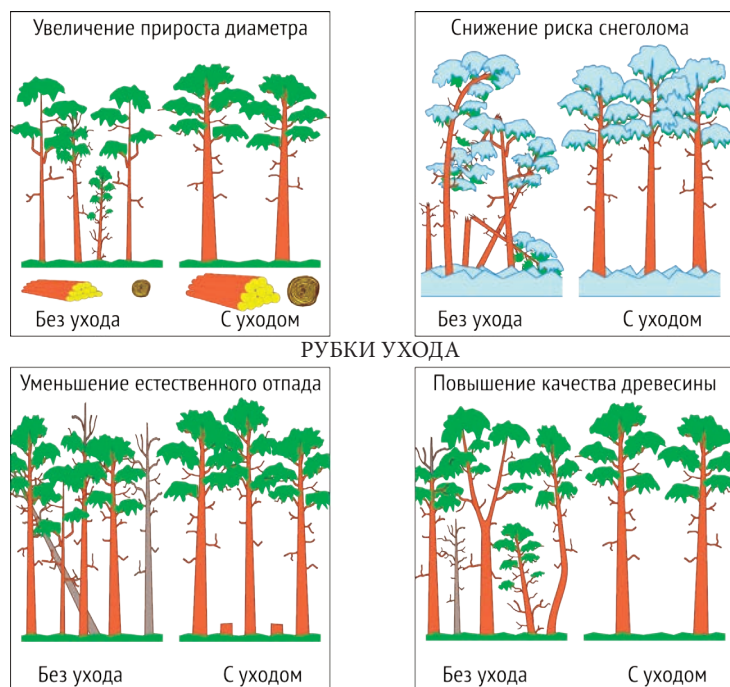


Рис. 2.7 Эффект от рубок ухода (рис. Skogforsk [45])

Своевременное и качественное проведение рубок ухода позволяет:

- сформировать лесной участок с древесиной улучшенного качества и более высокими таксационными показателями;
- контролировать густоту в загущенных древостоях и создавать благоприятные условия для дальнейшего роста оставляемых деревьев;
- повысить устойчивость древостоев к воздействию внешних неблагоприятных факторов (ветра, снега, насекомых, грибных заболеваний, пожаров);

- убрать угнетенные и поврежденные деревья, которые в дальнейшем перейдут в отпад, что будет способствовать улучшению санитарного состояния леса;
- ускорить сроки созревания технически спелых древостоев, повысить общий размер пользования на единицу площади, в том числе за счет использования древесины для энергетических нужд;
- способствовать повышению урожайности лесных ягод, грибов, а также усилению смолопродуктивности деревьев.

Также уход за лесом может быть осуществлен в рекреационных целях как для повышения привлекательности лесных участков, так и для снижения рекреационной нагрузки на них. Первая задача решается за счет благоустройства территории и требует обычно разреживания, вторая — за счет создания плотных опушек, зарослей [43].

2.2.2 Принципы отбора деревьев в рубку при уходе за лесом

Решение задач рубок ухода достигается путем отбора ценных древесных пород, который основан на применении классификации деревьев по их хозяйственно-биологическим признакам. Оставление деревьев производится по отдельным группам, в которых прежде всего отбирают лучшие деревья, затем по отношению к ним намечают вспомогательные и, наконец, подлежащие рубке (нежелательные) [39].

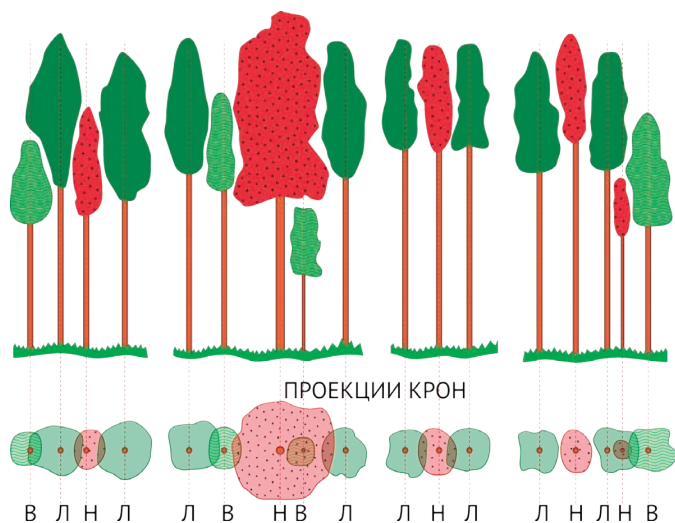


Рис. 2.8 Классификация деревьев для отбора в рубку ухода:
Л — лучшие, В — вспомогательные, Н — нежелательные

Лучшие деревья должны быть здоровыми, иметь прямые, полно-древесные, достаточно очищенные от сучьев стволы, хорошо сформированные кроны, семенное происхождение и отбираются преимущественно из деревьев целевой породы. В сложных лесных насаждениях такие деревья могут находиться в любом ярусе древостоя. Наиболее ценными породами в северо-западной части России являются сосна, ель и береза. К вспомогательным относятся деревья, способствующие очищению лучших деревьев от сучьев, формированию их крон, выполняющие почвозащитные и почвоулучшающие функции. Вспомогательные деревья могут находиться в любой части полога лесных насаждений, но преимущественно во втором ярусе. К нежелательным деревьям (подлежащим рубке) относятся:

- а) мешающие росту и формированию крон лучших и вспомогательных деревьев (охлестывающие их, затеняющие, мешающие нормальному развитию крон и т. д.);
- б) неудовлетворительного состояния (сухостойные, буреломные, снеголомные, отмирающие, поврежденные вредными организмами, животными и иными воздействиями);
- в) с неудовлетворительным качеством ствола и кроны, которое определяется пороками.

Пороки на нежелательных деревьях разделяют на следующие основные группы [32]:

- пороки формы ствола (кривизна, двойная вершина);
- трещины (морозобойная);
- грибные поражения (гнили);
- пороки строения древесины (рак, сухобокость);
- биологические повреждения древесины (червоточина);
- инородные включения (гвозди, камни);
- механические повреждения (обдиры коры, обугленность).

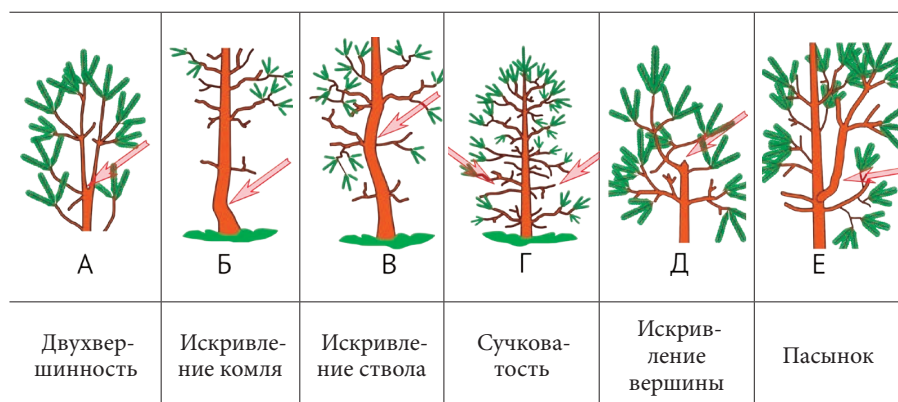


Рис. 2.9 Примеры нежелательных деревьев, подлежащих рубке при уходе за лесом [48]

В зависимости от характера самой задачи могут быть разные подходы к оценке оставляемых и удаляемых деревьев и их размещению. В практике лесоводства порядок отбора оставляемых и вырубаемых деревьев зависит от пространственной структуры древостоя (рис. 2.10), при этом выделяют методы и способы рубок ухода.

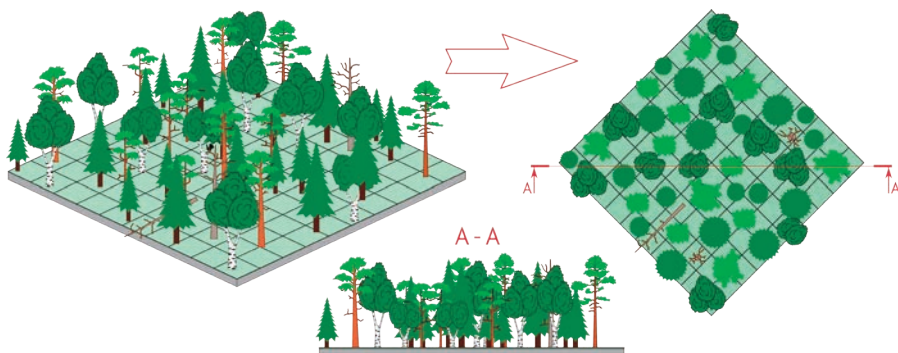


Рис. 2.10 Горизонтальная и вертикальная структура древостоя:

а — древостой в 3D; б — горизонтальная структура; в — вертикальная структура

Методы рубок ухода (низовой, верховой и комбинированный) применимы к вертикальной структуре древостоя.

При низовом методе удаляют в основном деревья меньшего диаметра и высоты, а также больные и поврежденные. На дальнейшее выращивание оставляют деревья средних и высоких ступеней толщины. Низовой метод часто применяется в чистых хвойных насаждениях из светолюбивых древесных пород. Отбор деревьев на выращивание ведется преимущественно из верхней части полога, а в рубку — из нижней.

При верховом методе в основном удаляют наиболее крупные деревья. Используют в смешанных хвойно-лиственных насаждениях, где хвойные отстают в росте по высоте от мягколиственных, в рубку отбираются сначала деревья мягколиственных пород из верхней части полога. В этом случае в рубку отбираются в первую очередь деревья малоценных древесных пород из верхней части полога.

В большинстве случаев применяют комбинированный метод. При таком методе вырубает все деревья, отстающие в росте, фаутные (с пороками) и самые крупные. На дальнейшее выращивание оставляют деревья средних размеров с высоким качеством ствола. При этом формируется более однородный древостой, с которым технологически проще работать в будущем. С точки зрения эффективности рубки ухода и всего цикла лесовыращивания такой метод рубки является наиболее оптимальным. Проведение коммерческих рубок ухода комбинированным методом позволяет формировать древостои с диаметрами стволов, близкими к среднему значению. При этом средний диаметр древостоя после рубки обычно возрастает [32].

Способы рубок ухода применимы к размещению оставляемых и вырубаемых деревьев в горизонтальной плоскости. По пространственному размещению по площади лесного участка вырубаемых и оставляемых деревьев выделяют следующие способы рубок ухода за лесом: равномерная рубка (разреживания), неравномерная рубка (групповая, куртинная, коридорная), схематическая рубка (по определенной схеме без учета признаков и качеств деревьев: коридорами, площадками, полосами). При проведении рубки ухода необходимо стремиться к равномерному размещению деревьев по площади. Нежелательно образование больших просветов в пологе древостоя («окон»), так как это может привести к ветровалу. Уход за молодняками (осветление и прочистка) может осуществляться как способом равномерной рубки деревьев по всей площади, так и неравномерной (группами, коридорами, куртинами). При рубках ухода в лесных культурах часто применяется неравномерный коридорный способ рубок, при котором предусматривается сплошная рубка деревьев коридорами вдоль рядов культур в сочетании с равномерным способом рубки нежелательных деревьев в рядах культур и междурядьях. При неравномерном групповом или куртинном размещении деревьев главных древесных пород по площади лесного участка применяется неравномерный групповой или куртинный способ проведения рубок ухода за лесом [39].

Интенсивность рубки определяется количеством вырубаемой древесины без сухостойных деревьев (выражается в процентах от запаса до рубки), степенью снижения полноты насаждения или сомкнутости полога, а также густотой древостоя (количеством деревьев на единицу площади). Интенсивность рубок ухода за лесом для конкретных насаждений устанавливается в зависимости от целевого назначения лесов, типа лесорастительных условий, состава, возраста, класса бонитета, строения, состояния насаждений и целей ухода.

2.2.3 Типы леса

При выборе показателей интенсивности, методов, способов и видов рубок ухода необходимо в первую очередь учитывать лесорастительные условия. Существует множество различных типологий, но практическое распространение на Северо-Западе таежной зоны России получила классификация по типам леса В. Н. Сукачева.

Классификация типов леса В. Н. Сукачева построена на описании преобладающей породы и живого напочвенного покрова. Наиболее характерными для Карелии типами леса являются сосняки лишайниковые, сосняки черничные, сосняки брусничные, ельники черничные, ельники кисличные [26, 25, 50].

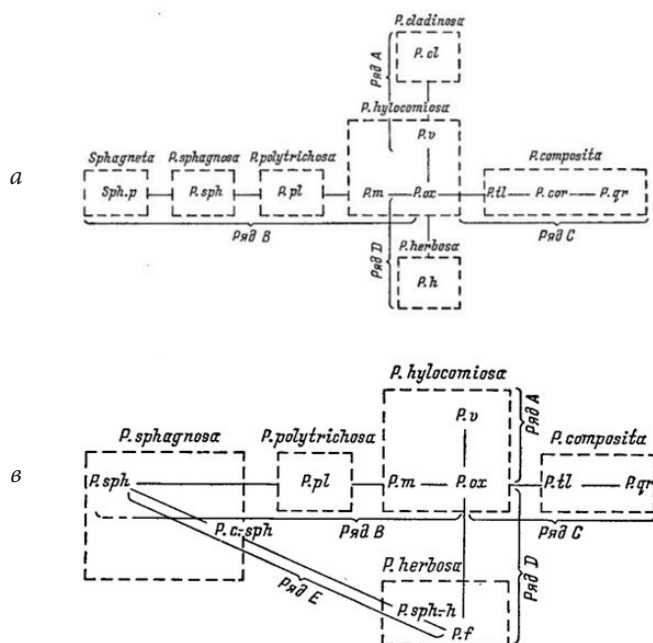


Рис. 2.11 Типы леса по В.Н. Сукачеву [49]:

а — для сосновых (*Pinetum*) насаждений; б — для еловых (*Piceetum*) насаждений (*vacciniolum* (v.) — брусничник; *myrtillosum* (m.) — черничник; *polytrichosum* (pl.) — долгомошник; *oxalidosum* (ox.) — кисличник; *cladinosa* (cl.) — лишайниковый; *tiliosum* (tl.) — липовый; *corylosum* (cor.) — лещиновый; *quercetosum* (qr.) — дубовый; *sphagnosum* (sph.) — сфагновый; *cari-sphagnosum* (c-sph.) — осоково-сфагновый; *sphagnetarinosum* (sph. p.) — сфагновое болото с сосной; *sphagnoso-herbosum* (sph.-h.) — сфагново-травяной; *herbosum* (h.) — травяной; *fontinale* (f.) — приручьевои)

Сосняк лишайниковый (P. s.-Cl.). Почвы — поверхностно-подзолистые песчаные на песках с разной степенью завалуненности. В таких местообитаниях формируются чистые сосняки (10С). В подлеске редкие (единичные) рябина и ива козья. Травяно-кустарничковый ярус развит очень слабо и представлен в основном брусничкой, вереском, черничкой, толокнянкой. В мохово-лишайниковом ярусе обильны лишайники (кладония) и зеленые мхи (плевроциум Шребера, дикранум).

Сосняк брусничный (P. s.-V.v.-i.). Приурочен к озерным и озерно-ледниковым равнинам, к склонам водно-ледниковых образований. Почвы — подзолы иллювиально-железистые, гумусово-железистые песчаные на озерно-ледниковых и песчаных моренных отложениях. В таких местообитаниях, как правило, формируются чистые по составу сосновые древостои. В некоторых местах (например, в нижней части пологих склонов), где лучше условия увлажнения, на ранних стадиях после рубки могут формироваться сообщества с доминированием лиственных пород. Подрост сосны и ели присутствует в умеренном количестве.

В подлеске встречаются рябина и ива козья. Травяно-кустарничковый ярус представлен различными соотношениями брусники, черники, голубики, вереска, вороники. В мохово-лишайниковом ярусе преобладает плевроциум Шребера, небольшими пятнами присутствуют лишайники (кладония).



Рис. 2.12 Сосняки лишайниковые средневозрастные (а) и спелые (б)
(фото А. М. Крышеня)



Рис. 2.13 Сосняки брусничные средневозрастные (а) и спелые (б)
(фото А. М. Крышеня)

Сосняк черничный (Р. s.-V. m.). Почвы — подзолы иллювиально-гумусово-железистые песчаные на озерных и озерно-ледниковых отложениях. В древостое, кроме сосны, часто присутствуют береза и ель. Подрост в зависимости от условий может быть и редким, и обильным, представлен в основном елью с березой и осинкой. Подлесок образован рябиной, можжевельником, ивой козьей и ольхой. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает черника, в меньшем количестве присутствует брусника. На разных стадиях развития сообщества или в определенных условиях также могут доминировать в различном

соотношении луговик извилистый, майник двулистный, костяника, вейник тростниковый, герань лесная, ландыш майский. Мохово-лишайниковый ярус в основном образуют плевроциум Шребера и гилокомиум блестящий.



Рис. 2.14 Сосняки черничные средневозрастные (а) и спелые (б)
(фото А. М. Крышени)

Ельник черничный (Р. а.-V. т.). Почвы — подзолы иллювиально-гумусово-железистые или иллювиально-гумусово-супесчаные, а также пятнисто-подзолистые супесчаные и суглинистые. В древостое, кроме ели, присутствует примесь сосны, березы и осины. Подрост, в основном, еловый, часто угнетен. Подлесок представлен рябиной, ивой козьей и можжевельником обыкновенным. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует черника, также обильны брусника, седмичник европейский, майник двулистный, линнея северная и др. На ранних стадиях развития сообщества в травяном ярусе могут преобладать вейник тростниковый и луговик извилистый. Мохово-лишайниковый ярус образуют зеленые мхи (плевроциум Шребера, гилокомиум блестящий, дикранум и др.).



Рис. 2.15 Ельники черничные средневозрастные (а) и спелые (б)
(фото А. М. Крышени)

Ельник кисличный (Р. а.-О. а.). Почвы — пятнисто-подзолистые и подзолистые супесчаные и суглинистые, относительно богатые. В древостое, кроме ели, единично присутствуют сосна, береза, осина. Подрост представлен елью и часто находится в угнетенном состоянии (в зависимости от полноты насаждения). Подлесок редкий из рябины и можжевельника. В травяно-кустарничковом ярусе обильны брусника, кислица, в умеренном количестве черника, грушанка круглолистная, костяника, седмичник. Моховой покров распределен неравномерно. Его пятна приурочены к участкам более разреженного древостоя и представлены плеврочиумом Шребера и гилокомиумом блестящим.



Рис. 2.16 Ельники кисличные средневозрастные (а) и спелые (б)
(фото А. М. Крышеня)

Тип леса нельзя рассматривать как статичную единицу, так как со временем леса видоизменяются, особенно под воздействием интенсивного лесного хозяйства. В настоящее время развивается динамическая типология, направленная на изучение типов леса с учетом их происхождения, этапов формирования и прогнозирования их дальнейшего естественного развития, а также в условиях антропогенного воздействия.

2.3 Нормативные требования к рубкам ухода

2.3.1 Виды рубок ухода

Основными видами рубок ухода являются осветление, прочистки, прореживания и проходные. Представленная классификация связана с возрастными этапами развития древостоя, периоды проведения которых для европейской части Российской Федерации представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Возрастные периоды рубок ухода для европейской части РФ [39]

Виды рубок ухода за лесом	Возраст лесных насаждений, лет				
	Хвойных семенного и первой генерации порослевого происхождения древесных пород при возрасте		Остальных древесных пород при возрасте рубки		
	более 100 лет	менее 100 лет	более 60 лет	50—60 лет	менее 50 лет
Осветления	до 10	до 10	до 10	до 10	До 5
Прочистки	11—20	11—20	11—20	11—20	6—10
Прореживания	21—60	21—40	21—40	21—30	11—20
Проходные рубки	свыше 60	свыше 40	свыше 40	свыше 30	свыше 20

Установленные по абсолютному возрасту древостоев границы применения видов рубок ухода являются ориентировочными и могут корректироваться при назначении в конкретных насаждениях. Представленная система рубок ухода может делиться на два этапа, в которых осветления и прочистки объединяют в термин либо «уход за молодняками», либо «некоммерческие рубки», а прореживания и проходные — «коммерческие рубки». Некоммерческие рубки (уход в молодняках) обычно проводят в насаждениях в возрасте до 20—25 лет, где получение деловой древесины и прибыли еще пока невозможно. Коммерческие рубки подразумевают получение ликвидной древесины для дальнейшей реализации и возможность окупить затраты на проведение работ. В российской системе лесопользования также присутствуют другие виды рубок ухода, такие как обновления, переформирования, ландшафтные (рис. 2.17).

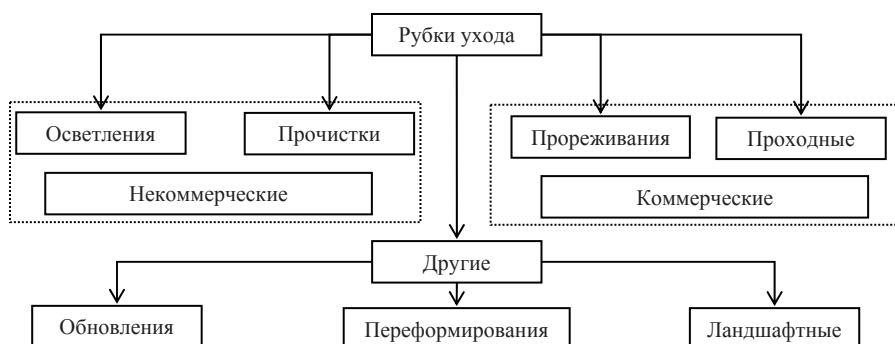


Рис. 2.17 Виды рубок ухода в российской системе лесопользования [39]

Осветление — рубки, направленные на улучшение породного и качественного состава молодняков и условий роста деревьев главной древесной породы [39]. Молодой древостой в начальной стадии своего развития особо нуждается в защите от зарастания конкурирующими растениями, от повреждений заморозками, пожарами, дикими копытными животными и пр. Осветление является начальным этапом серии рубок ухода и назначается обычно в пределах первого десятилетия роста древостоя. Сам термин «осветление» возник исходя из целей проведения этого вида рубок — устранение затенения целевой породы с целью улучшения ее роста и предотвращения ее гибели под пологом нежелательной растительности (см. раздел 1.8).

Прочистки — рубки, направленные на регулирование густоты насаждений и улучшение условий роста деревьев главной древесной породы, а также на продолжение формирования породного и качественного состава лесных насаждений [39]. Прочистки назначают в первую очередь в моменты смыкания молодняка, когда ослабляется опасность многих неблагоприятных факторов окружающей среды, но возрастает внутривидовая (например, в чистых насаждениях) или межвидовая (например, в смешанных насаждениях) конкуренция. В чистых насаждениях в конкуренции выигрывают в первую очередь деревья с хорошими наследственными свойствами и локальным местопроизрастанием. В смешанных насаждениях, кроме среды обитания, также влияют биологические особенности вида, в первую очередь скорость роста дерева.



Рис. 2.18 Насаждения до и после рубок прочистки

При прочистке, так же как и при осветлении, уход производится за наиболее ценными породами, а в пределах породы — за наиболее лучшими экземплярами. Приобретает большое значение регулирование взаимоотношений между молодыми деревьями, оставление перспективных деревьев, их правильное размещение. Выделяя лучшие деревья, необходимо учитывать и их окружение с соседними, рассматривать их в совокупности и определять роль и значение отдельных особей внутри биогруппы.

При проведении прочистки, особенно в смешанных молодняках, важно оставлять определенное количество деревьев нецелевых пород (особенно березы, ольхи) на корню [43, 32]. Наличие различных пород в насаждении делает его более устойчивым, повышает качество хвойных пород деревьев и экологическую среду выращивания древостоя. С экономической точки зрения выращивание смешанного насаждения позволит увеличить ассортимент продукции и быть в будущем более конкурентоспособным в зависимости от ситуации на рынке, особенно с возрастающим спросом на качественные сортаменты мягколиственных пород.

Прореживания — рубки, направленные на создание благоприятных условий для правильного формирования ствола и кроны деревьев [39]. Прореживания проводят в первую очередь в средневозрастных насаждениях, когда обостряется внутривидовая конкуренция, происходит естественное изреживание, и большинство ослабленных деревьев переходит в естественный отпад. Проведение рубок прореживания позволяет увеличить объем лесопользования с единицы площади и создает благоприятные условия для дальнейшего роста древостоя, роста по диаметру, формирования ствола и кроны оставляемых лучших деревьев, целевых пород.



Рис. 2.19 Рубки прореживания

При прореживании необходимо учитывать и правильно выбрать интенсивность первого приема, так как этот вид рубок сильно влияет в целом на древостой и нижние ярусы леса, включая подлесок, напочвенный покров, и на его окружающую среду (меняется световой, тепловой, водный режим, подстилка, условия почвенного питания и др.).

Уход за молодняком в процессе лесовыращивания и первые приемы прореживаний считаются более важным мероприятием, чем последующие рубки ухода, так как его невыполнение или некачественное исполнение определяет дальнейшее формирование древостоя, его продуктивность и качество [40].

Проходные — рубки, направленные на создание благоприятных условий для увеличения прироста у лучших, наиболее ценных (здоровых), прямоствольных и очистившихся от сучьев деревьев [39].



Рис. 2.20 Насаждение до и после проходной рубки

Проходные рубки следуют за прореживанием и проводятся в средневозрастных древостоях с высокой полнотой. Проходные рубки могут проводиться в несколько приемов и завершаются за один класс возраста до возраста рубки спелых и перестойных насаждений. При заготовке оставляют лучшие деревья главных пород, которые по своему состоянию, качеству и форме ствола соответствуют хозяйственным и экологическим целям. Удаляют больные, фаутовые, сухостойные, поврежденные, а также здоровые деревья второстепенных пород, оказывающие отрицательное влияние на лучшие, оставленные на доразращивание. Удаление нежелательных деревьев позволяет увеличить освещенность крон и площадь питания оставляемых деревьев, что ведет к усилению у них процессов фотосинтеза и, как следствие, увеличению прироста древесины.

Российская система лесопользования также включает и другие виды рубок ухода (рис. 2.17). **Рубки обновления** проводят в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях для создания благоприятных условий для роста молодых перспективных деревьев, имеющих в насаждении. **Рубки переформирования** проводят в сформировавшихся средневозрастных и старшего возраста насаждениях с целью коренного изменения их состава, структуры, строения путем регулирования и создания благоприятных условий роста деревьев целевых пород, поколений, ярусов. **Рубки формирования ландшафта** направлены на формирование лесопарковых ландшафтов и повышение их эстетической, оздоровительной ценности и устойчивости.

2.3.2 Нормативы рубок ухода

Назначение насаждений в рубки ухода осуществляется исходя из лесоводственной потребности на основании основных признаков, характеризующих насаждение в определенной группе типов леса: состав и сомкнутость полога, а также полнота и густота древостоя, характер смешения и размещения деревьев по площади при определенном возрасте и высоте образующих пород. В молодняках определяющими признаками являются: состав, сомкнутость, густота, определяемая количеством деревьев на единицу площади, высота главных и второстепенных пород. В средневозрастных и старшего возраста насаждениях — полнота и сомкнутость полога, с учетом густоты и состава древостоев, особенностей смешения пород. Проведение рубок ухода заканчивается в хвойных семенных насаждениях не позже чем за 20 лет до возраста рубки главного пользования, а в мягколиственных порослевых насаждениях — за 10 лет. Повторяемость рубок ухода зависит от состояния насаждения и взаимосвязана с интенсивностью рубки. Чем выше интенсивность отдельных приемов рубки, тем реже повторяемость, и наоборот. В чистых насаждениях повторяемость ниже, чем в смешанных. Согласно правилам ухода за лесом [39], выделяются следующие группы интенсивности рубки: очень слабая — до 10 % от запаса древесины до рубки; слабая — 11—20 %; умеренная — 21—30 %, умеренно-высокая — 31—40 %; высокая — 41—50 %.

Требования к рубкам ухода отражены в правилах ухода за лесом, где нормативы объединены по девяти лесным районам Российской Федерации. В каждой группе определены нормативы режима рубок ухода в зависимости от состава насаждения, типа леса, класса бонитета, вида рубки ухода [39].

Режимы рубок ухода для основных лесообразующих пород распределены по четырем группам, в зависимости от исходного состава насаждений: чистые с примесью лиственных до 2 единиц состава, доля лиственных до 3—5 единиц, доля лиственных до 6—7 единиц, доля лиственных свыше 7 единиц. Для каждой группы определены характерные для данных условий типы леса и параметры назначения в рубку.

Принцип работы с таблицами следующий. В зависимости от возраста древостоя определяется вид рубки ухода (табл. 2.1), затем для конкретного типа леса определяется относительная полнота, назначается интенсивность рубок ухода и ее повторяемость. Например, согласно правилам рубок ухода, в сосновом насаждении в черничном типе леса в возрасте от 21 года до 40 лет можно провести рубку ухода — прореживание, если относительная полнота составляет свыше 0,9 (табл. 2.2). Рубку можно провести интенсивностью 20—25 %, снижая относительную полноту до 0,7. Следующий прием рубок ухода возможен через 10—12 лет, при условии восстановления требуемой относительной полноты.

При использовании нормативов правил ухода за лесом необходимо учитывать, что все параметры рассчитаны в определенных пределах на некоторые средние насаждения и условия, и использовать их лесоводам следует не шаблонно, а с учетом всего многообразия природных особенностей насаждений в конкретных условиях [145].

Существующие требования к рубкам ухода разработаны для большой территории и не учитывают региональных особенностей лесорастительных условий. В то время как результаты многолетних исследований и производственный опыт практиков лесного хозяйства и лесозаготовителей в России свидетельствуют, что для повышения эффективности ведения лесного хозяйства необходимо более детально учитывать специфику естественно-географических и производственных условий отдельных регионов [28, 27, 144]. В связи с этим научно-исследовательскими учреждениями разрабатываются региональные нормативы для ведения лесного хозяйства. Например, для Карелии были разработаны требования к ведению лесного хозяйства, учитывающие специфику лесорастительных условий республики [28]. Основные принципы рекомендаций базируются на следующих положениях:

- а) проведение преимущественно двух приемов рубок ухода за период выращивания древостоя [28]; в качестве предварительного приема в возрасте 8—10 лет может быть применена рубка лиственных пород, заглушающих сосну;
- б) в чистых древостоях (с примесью других пород до 2 единиц) во избежание снижения общей производительности не допускается снижение относительной полноты менее 0,6; в смешанных древостоях возможно ее снижение до 0,5 при условии увеличения доли главной породы;
- в) деревья должны размещаться по площади максимально равномерно, что обеспечивает наибольшую их ветроустойчивость и лучшую форму стволов, формирование эффективно действующего ассимиляционного аппарата, большее использование корнями деятельного слоя почвы;
- г) в простых (однорусных) древостоях приоритет отдается низовому методу ухода и лишь при загущенности деревьев, кроны которых составляют верхнюю часть полога, допускается сочетание верхового и низового методов; в смешанных хвойно-лиственных насаждениях верховой метод сочетается с низовым при загущенности хвойных;
- д) первый прием рубок ухода приурочивается ко времени завершения формирования древостоя и началу самоизреживания, второй — к возрасту, непосредственно предшествующему возрасту количественной спелости;
- е) рубки ухода (промежуточного пользования) проводят в насаждениях I—V классов бонитета и заканчивают в хвойных древо-

стоях за 20, а в лиственных за 10 лет до наступления установленного возраста рубок главного пользования;

- ж) ко второму приему рубки и к возрасту главной рубки относительная полнота древостоя должна быть не менее 0,8;
- з) при проведении второго приема рубок ухода целесообразно оставлять на корню, окольцевав, 3—4 шт./га крупных фауных деревьев, преимущественно дуплистых, равномерно размещенных по территории участка, которые должны служить убежищем для птиц.

Проект включает следующие нормативы рубок ухода для простых (однорусных) древостоев (табл. 2.4) [28].

Таблица 2.4

Нормативы рубок ухода в простых (однорусных) древостоях [28]

Класс боните- та	I прием		II прием		
	Возраст, лет	Густота после рубки, шт./га	Возраст, лет	Густота после рубки, шт./га	Абсолютная полнота после рубки, м ² /га
Сосновый древостой					
I	20—40	950	50—60	500	26—28
II	20—40	1150	50—60	600	23—25
III	20—40	1400	50—60	750	19—21
IV	30—50	1500	60—70	900	17—19
V	30—50	2050	60—70	1250	13—15
Еловый древостой					
I	20—40	1000	50—60	600	23—26
II	20—40	1150	50—60	700	19—22
III	20—40	1450	50—60	900	16—18
IV	30—50	1500	60—70	1100	15—17
V	30—50	2050	60—70	1500	12—14

С точки зрения ведения лесного хозяйства, в том числе и рубок ухода, ельники по сравнению с сосняками являются более сложным объектом. Ель растет медленнее в течение первых 20—25 лет жизни, чувствительна (особенно на стадии формирования древостоя) к поздним весенним заморозкам, более подвержена ветровалу, сильнее страдает от пожаров. Она более теневынослива, но на осветление реагирует не менее эффективно, чем сосна. Особенностью ели по сравнению с сосной является значительно более медленный процесс

дифференциации деревьев в древостое. В результате в перегущенных молодняках рост ели более слабый, по сравнению с древостоями оптимальной густоты [28].

Согласно рекомендациям проекта правил рубок ухода, первый прием рубки проводится в древостоях I—III классов бонитета в возрасте 20—40 лет, в древостоях IV—V классов бонитета — в возрасте 30—50 лет, если их густота превышает норматив (см. табл. 2.1) более чем на 15—20 % для сосняков и более чем на 20—25 % для ельников. Второй прием рубки проводится, если густота превышает нормативную (см. табл. 2.1) более чем на 10—15 % в возрасте, непосредственно предшествующем возрасту количественной спелости, то есть в древостоях I—III классов бонитета в возрасте 50—60 лет и IV—V классов бонитета — в 60—70 лет. В ранее не прореживавшихся древостоях, а также на влажных почвах контрольный норматив абсолютной полноты оставляемого древостоя должен быть повышен на 10 %.

При прореживаниях в первую очередь убирают деревья лиственных пород, затеняющие перспективные деревья сосны или угрожающие охлестыванием вершин деревьев, а также все фаутные (с механическими пороками и болезнями), наклоненные, пораженные насекомыми и слабо растущие деревья, деревья с очень широкими, низко опущенными кронами (типа «волк») и другие нежелательные деревья (см. раздел 2.2.2).

Полнота насаждений после ухода для сомкнутых древостоев с примесью лиственных не более 2 единиц состава и для чистых сосняков (ельников) относительная полнота не менее 0,7, а абсолютная — в пределах ± 10 % указанного в таблице 2.1 норматива. В древостоях с примесью лиственных более 2 единиц и с куртинным размещением сосны (ели) снижение относительной полноты допустимо до 0,6.

Региональные нормативы для Ленинградской области, разработанные СПбНИИЛХ [33], включают графические модели для различных лесорастительных условий по изменениям в течение роста древостоя трех показателей: суммы площадей сечений, запаса, минимального оставляемого количества деревьев после прореживания.

Пример графических нормативов и моделирования цикла лесохозяйственного мероприятия представлен на рис. 2.21 для сосны I—II класса бонитета (кисличной группы типов леса).

Верхняя черная линия характеризует возможную производительность насаждения данной породы и класса бонитета по сумме площадей сечений (рис. 2.21а) или по запасу (рис. 2.21б) при полноте 1,0. Черные пунктирные линии отражают ход роста насаждения по сумме площадей сечений и запасу определенной полноты через шаг 0,05. Нижняя красная граница определяет рекомендуемые минимальные значения сумм площадей сечений, до которых возможно разреживание в каждом конкретном возрасте. Синие линии на графиках — система кривых, которые отражают восстановление абсолютной полноты после прореживания. Заштрихованная область на графике показывает о возможности выборки более 50 м³/га.

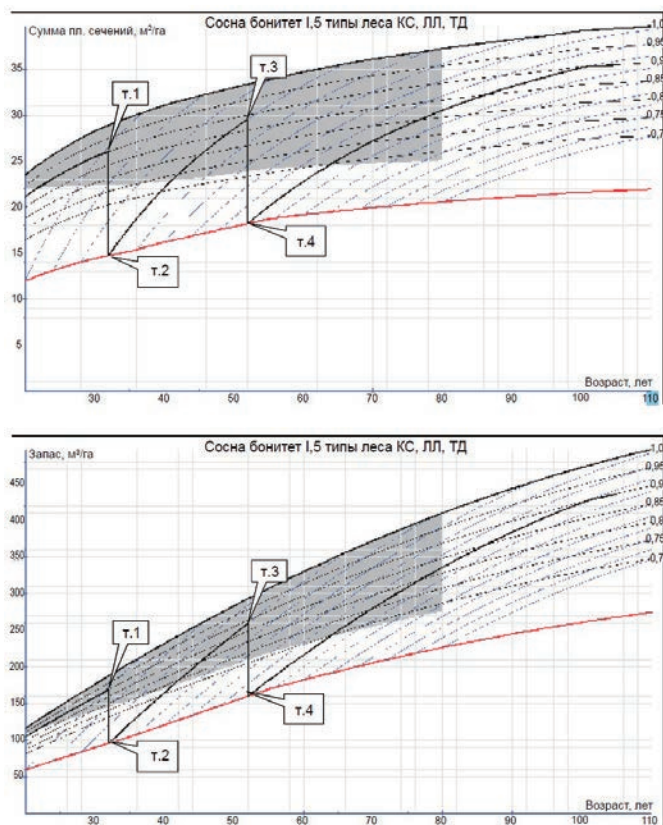


Рис. 2.21 Графические нормативы для обоснования назначения лесохозяйственных мероприятий

Точками показан пример системы проведения двух коммерческих рубок ухода для начальных условий насаждения с преобладанием сосны: возраст — 32 года, средняя высота — 12 м, сумма площадей сечений — $26 \text{ м}^2/\text{га}$, запас — $169 \text{ м}^3/\text{га}$, черничный тип леса (т. 1, рис. 2.21). В этом возрасте, согласно моделям, его минимально допустимое значение после разреживания составит $96 \text{ м}^3/\text{га}$ (абсолютная полнота — $14,8 \text{ м}^2/\text{га}$) (т. 2, рис. 2.21). Возможная выборка корневого запаса — $73 \text{ м}^3/\text{га}$.

После определения нормативов проведения первого приема рубок ухода от минимальных значений суммы площадей сечений и запаса после рубки (т. 2 на рис. 2.21а и т. 2 на рис. 2.21б соответственно) проводится линия до той относительной полноты, которую древостой имел до первого разреживания (т. 3 на рис. 2.21а и т. 3 на рис. 2.21б). В данном случае линия восстановления полноты и запаса пересекается с линией относительной полноты 0,9 в возрасте 52 года. Это означает, что древостой восстановит полноту и запас через 20 лет и тогда наступит время

прихода со вторым приемом коммерческих рубок ухода. Точка восстановления запаса находится в заштрихованной области (т. 3 на рис. 2.21). Это означает, что выборка корневого запаса при втором разреживании составит более $50 \text{ м}^3/\text{га}$. От значений сумм площадей сечения ($29,6 \text{ м}^2/\text{га}$) и запаса ($260 \text{ м}^3/\text{га}$) опускается перпендикуляр до линии минимально допустимых сумм площадей и запасов. Получаются следующие значения, до которых возможно второе разреживание: сумма площадей сечений — $18,2 \text{ м}^2/\text{га}$ (т. 4 на рис. 2.21а) и запас — $160 \text{ м}^3/\text{га}$ (т. 4 на рис. 2.21б). Выборка по сумме площадей сечений составляет: $29,6 - 18,2 = 11,4 \text{ м}^2/\text{га}$, а по запасу: $260 - 160 = 100 \text{ м}^3/\text{га}$.

К возрасту финальной рубки в 101 год насаждение успеет восстановить свою полноту и запас; следовательно, проведение второго приема рубки ухода имеет смысл как с лесоводственной, так и с экономической точки зрения. Сумма площадей сечений составит $35,2 \text{ м}^2/\text{га}$, а запас — $427 \text{ м}^3/\text{га}$. Если бы в данном древостое возраст финальной рубки был 81 год, то при втором прореживании можно было бы запланировать меньшую выборку по запасу, чтобы насаждение успело восстановить полноту и запас к возрасту финальной рубки.

Таким образом, в приведенном примере по предлагаемым нормативам произведен расчет программы коммерческих рубок ухода для конкретного древостоя от времени проведения первого разреживания до возраста финальной рубки, определено число приемов рубок, время и нормативы их проведения и показатели для контроля качества выполнения каждого приема рубки. Более подробно с методикой и примерами можно ознакомиться в трудах Б. Д. Романюка, А. М. Кудряшовой [33] и А. М. Кудряшовой, П. В. Безверхова, И. Ю. Киселевой [32], где также представлены нормативы для других условий.

2.3.3 Требования к качеству проведения рубок ухода

Правила ухода за лесом [39] содержат требования к качеству проведения рубок ухода. Общая площадь волоков, прорубаемых при проходных рубках, не должна превышать 15 % площади лесосеки. В средневозрастных насаждениях для прокладки трелевочных волоков должно вырубаться не более 5—10 % от всех деревьев на лесосеке. Погрузочные пункты располагаются у дорог и квартальных просек, на полянах, прогалинах и других, не покрытых лесом площадях. Величина погрузочной площадки (или их суммарная площадь) при площади лесосеки до 10 га должна быть не более 0,2 га, при 11—15 га — не более 0,3 га, а на участках свыше 15 га — не более 2 % общей площади лесосеки. Технология проведения рубок ухода за лесами должна обеспечивать проведение работ с минимальным повреждением деревьев, оставляемых для выращивания. Не допускается повреждение деревьев при проведении рубок ухода более чем 2 % от количества оставляемых деревьев при проведении осветления и прочистки; 3 % — при проведении прореживания и проходных рубок. В защитных лесах поврежденные деревья не должны составлять более 2 % от количества оставляемых

на выращивание при всех видах рубок ухода за лесами. Деревья, поврежденные до степени прекращения роста, должны быть вырублены, и объем их древесины должен быть учтен при определении интенсивности рубки. Сохранность подроста в пасеках при проходных рубках в эксплуатационных лесах должна составлять не менее 80 % от его количества до рубки, а в защитных лесах — при всех видах рубок ухода за лесами — не менее 90 %. При рубках ухода за лесами в горных лесах параметры допустимой повреждаемости деревьев и подроста увеличиваются на одну треть.

2.3.4 Сравнение требований к системам лесопользования России и Финляндии

Законодательство Финляндии не обязывает проводить уход за молодняком и Закон «О лесе» устанавливает минимальные требования к уходу за лесом. Заинтересованные в интенсивном лесном хозяйстве финские лесопользователи используют рекомендации по лесоводству, разработанные Центром развития лесного хозяйства «Тапио» для частных лесов, и соответствующие наставления для государственных лесов, разработанные Государственной лесной службой Финляндии (Metsähallitus). Крупные компании могут разрабатывать свои инструкции по интенсивному лесопользованию. В Финляндии опубликованы рекомендации по лесоводству, разработанные для 4 климатических районов. В основе районирования заложены показатели продолжительности вегетационного периода, который, в свою очередь, определяется на основании суммы эффективных температур. Предлагаемые методы ухода за лесом разрабатываются с учетом региональных особенностей. Насаждения в Финляндии делят на пройденные рубками ухода и естественно выращенные. Согласно лесоводственным рекомендациям, для первых время заготовки определяют на основании величины среднего диаметра древостоя. Для смешанных естественных насаждений, не пройденных уходом, время заготовки определяют на основании возраста древостоя (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Параметры назначения древостоя в рубку для средней Финляндии

Тип местопроизрастания		Показатели	
Порода	Тип леса	Средний диаметр, см	Средний возраст, лет
Сосна	Черничный	24—28	80—100
Сосна	Брусничный	23—27	90—110
Сосна	Лишайниковый	22—25	100—130
Ель	Кислично-черничный	26—30	70—90
Ель	Черничный	25—28	80—100
Береза	Кислично-черничный	27—30	60—70
Береза	Черничный	26—28	60—70

Интенсивность и количество подходов в каждом типе леса назначается согласно рекомендациям Центра развития лесного хозяйства «Тапио» на основе графических моделей рубок ухода (рис. 2.22).

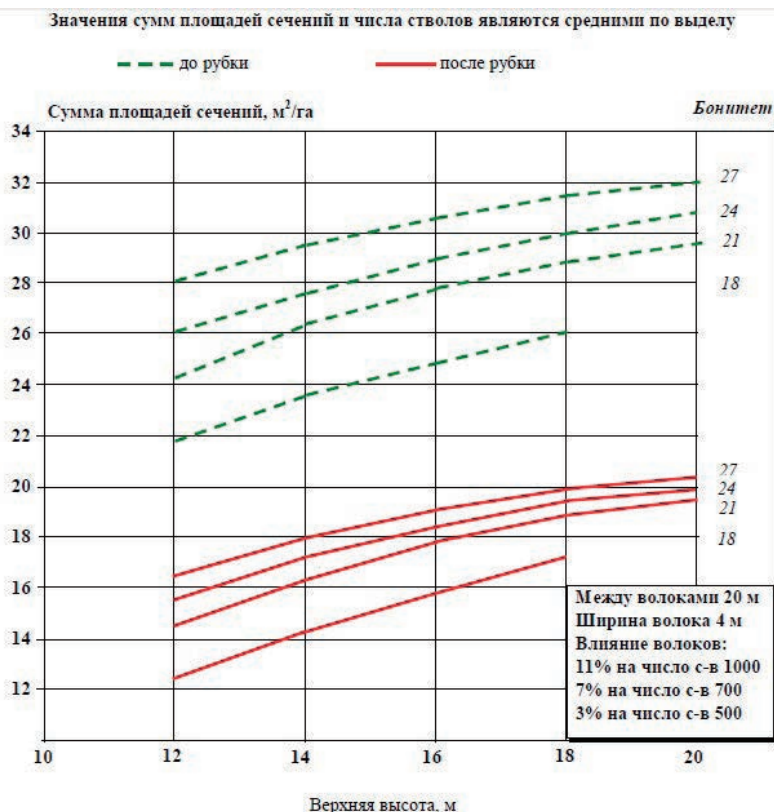


Рис. 2.22 Графические модели рубок ухода для сосняков Южной Финляндии [46]

Графические зависимости показывают оптимальный предел разреживания (нижняя и верхняя границы) в зависимости от высоты, абсолютной полноты древостоя и бонитета. Эти показатели удобны и просты для таксации. В моделях по горизонтальной оси указаны значения верхней высоты древостоя, а по вертикальной — сумма площадей сечений. При верхней высоте древостоя до 12—14 м рассматривают в первую очередь количество стволов. Штрих-пунктирные линии показывают полноту при различных бонитетах, при которой можно провести разреживание древостоя. Нижняя граница изреживания отмечена красной чертой для соответствующих условий.

Для повышения рентабельности рубки ухода первые прореживания рекомендуется назначать в более поздние сроки, например до достижения верхней высоты в 13—14 м. Интенсивность рубки определяют по числу стволов с учетом абсолютной полноты (суммы площадей

сечений). При II классе бонитета (24) при верхней высоте в 14 м абсолютную полноту можно снизить до 18 м², что составит около 1000 стволов на гектаре. Для удобства назначения лесохозяйственных мероприятий в Финляндии разработана программа Motti, возможности которой более подробно представлены в разделе 3.

Сравнение нормативов и подходов в ведении лесного хозяйства в России и в Финляндии было проведено специалистами Э. Вяльккю и Т. Лейнонен [29]. Итоговые результаты приведены в табл. 2.6 с учетом лесного законодательства на 2014 г.

Таблица 2.6

Сравнение лесопользования России и Финляндии [29]

Мероприятие	Северо-Запад России	Финляндия
Обработка почвы	Рекомендуется, но проводится не всегда из-за больших расстояний, слабо развитой дорожной сети и нехватки машин	Считается обязательной как при естественном, так и при искусственном возобновлении, за исключением участков с наиболее бедными и сухими грунтами
Сохранение подроста (естественное возобновление)	Самый распространенный метод содействия естественному возобновлению	Сохраняют благонадежный прирост, если он занимает достаточно обширную площадь и лесорастительные условия подходят для ели
Деревья-семенники, семенные куртины	Оставляют как минимум 20 семенников на 1 га, расстояние между группами семенников (семенных куртин) — до 100 м	Распространенный метод при естественном возобновлении. Обычно оставляют 50—150 качественных семенников на 1 га, частично в группах
Густота посадки	Сеянцы с открытой корневой системой: минимум 3000 шт./га, на сухих почвах 4000 шт./га. Саженцы и сеянцы с закрытой корневой системой: минимум 2500 шт./га	Сосна — 2000 шт./га, ель — 1600—1800 шт./га береза повислая — 1600 шт./га
Посев	Густота посевов на 20 % выше, чем посадок. Количество посевных мест на 1 га — 3600, на сухих почвах — 4800. Посев ели применяется, хотя не рекомендуется	Количество посевных мест на 1 га для сосны — 4000—5000, посев ели не применяется, на основании неудачного опыта
Посадочный материал	Расширяется применение материала с закрытой корневой системой (Республика Карелия — 20 %, Архангельская, Ленинградская, Мурманская и Вологодская области, а также Республика Коми)	95 % материала с закрытой корневой системой

Окончание табл. 2.6

Мероприятие	Северо-Запад России	Финляндия
Возраст спелости	В зависимости от лесорастительной зоны, района и группы лесов для сосны и ели — 81—160, березы — 61—80, осины — 41—60	В зависимости от местопроизрастания: 1) при достижении среднего диаметра для сосны 22—28 см, ели — 25—30 см, березы повислой — 26—30 см, 2) при достижении среднего возраста для сосны — 80—130 лет, ели — 70—100 лет, березы — 60—70 лет
Площадь лесосеки	Для сплошных рубок — максимум 50 га (в некоторых случаях 30 га). Для выборочных в защитных лесах — 15—50 га, в эксплуатационных — 30—100 га в зависимости от метода рубок	Максимальный размер не регламентирован. Форма лесосеки определяется в зависимости от конфигурации древостоя и формы рельефа
Интенсивность	Рассчитывается на основании относительной полноты. В основном составляет от 15 до 30 % по запасу	Определяется с помощью модели разреживания, построенной на основе суммы площадей сечения и верхней высоты древостоя. Выборка в зависимости от древесной породы и периода рубки составляет 40—50 %
Повреждения, нанесенные рубкой	При сплошных рубках — не более 30 % подроста, при выборочных — не более 20 %. Повреждение оставляемого древостоя при выборочной рубке — не более 5 %, при рубках ухода — не более 2—3 %, уничтожение подроста — 10—20 % в зависимости от группы лесов	При сплошной рубке особых требований нет, при коммерческих рубках ухода для корневой системы и ствола — менее 4 % от оставленного древостоя, коlea должна составлять максимум 4 % от длины волокна
Сбор порубочных остатков	Обязательная очистка мест рубок различными способами	Необязателен
Клеймение деревьев при разреживании	Живые удаляемые деревья маркируют	Необязательно
Водоохранные зоны	Для реки — 50—200 м, для озера — 50 м, для морского побережья — 500 м	Рекомендованные значения — 10—20 м
Сохранение одиночных или групп деревьев в процессе сплошной рубки	Разрешается	Рекомендовано оставлять деревья-гиганты, перестойные деревья, осину и ценные породы

2.4 Машины, оборудование и технология их работы на рубках ухода

Совокупность существующих машин и оборудования, применяемых для рубок ухода, можно разделить на следующие группы:

- по степени механизации и управления (ручной инструмент, механизированное оборудование, машины для рубок ухода, радиоуправляемые машины);
- по возрастному состоянию древостоя (для ухода в молодняках, для ухода за средневозрастными и приспевающими насаждениями);
- по технологии и степени использования биомассы (оставление заготавливаемой биомассы в лесу, сбор и подготовка биомассы к вывозке).

Рассмотрим наиболее распространенные машины и оборудование, применяемое на рубках ухода с учетом приведенной выше классификации.

Мотокусторез — это специализированное средство на базе двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя, предназначенное для срезания (кошения) травянистой растительности, кустарников и деревьев диаметром в месте среза до 15—20 см.



Рис. 2.23 Мотоинструмент для рубок ухода:

а — высоторез с подвесной системой; б — дисковый мотокусторез;
в — ременная оснастка

При осветлении и прочистках в молодняках в основном используются мотокусторезы «Хускварна 245 RX», «Хускварна 250RX» (Швеция), «Штиль FS 400/450», «Штиль FS500/550» (Германия). Мотокусторезы имеют примерно одинаковую конструкцию и состоят из корпуса с двухтактным карбюраторным двигателем, штанги с промежуточным

валом, головки с коническим редуктором, рабочего органа (пильного механизма), кожуха, рычагов управления и ременной оснастки. Вращающий момент передается от двигателя к рабочему органу через центробежную муфту сцепления и промежуточный вал, размещенный в приводном стволе штанги, и конический редуктор. Пильный механизм может быть выполнен в виде металлического диска (рис. 2.23б), ножей или пильной шины и цепи (рис. 2.23а). Для удобства работы инструмент крепится либо на поясе работника (рис. 2.23в), либо на подвесной системе (рис. 2.23а).

Прежде чем приступить к работе вальщик (оператор кустореза) должен знать или получить соответствующие инструкции и спланировать свою работу относительно следующих аспектов. Во-первых, определить, какую рубку необходимо провести, будет ли последующий уход или будет уже первый прием прореживания (см. раздел 1.8). Затем необходимо определить, какие деревья нужно оставить для дальнейшего роста. В большинстве случаев оставляют лучшие деревья целевых пород (сосна и ель) и вспомогательные деревья. Удаляются в первую очередь нежелательные (см. раздел 2.2.2). И последнее, необходимо понять, сколько деревьев нужно оставить после ухода. При недостаточном опыте работы проще всего проводить контроль с помощью четырехметрового складного шеста.



Рис. 2.24 Контроль за количеством оставляемых стволов

Шест длиной 4 м создает круг площадью 50 м². Считая количество оставленных деревьев (рис. 2.24) и умножая на соответствующий коэффициент (200 при $r = 4$ м), получаем количество стволов на 1 га.

Затем необходимо организовать работу относительно состояния погоды, рельефа местности и ситуации. Технология работы представлена на рис. 2.25.

Направление движения оператора (работника) желательно наметить так, чтобы солнце было сбоку или позади человека. При сильном ветре перемещения лучше планировать перпендикулярно направлению ветра и начинать с подветренной стороны. Ветер будет способствовать направленной валке на расчищенную сторону лесосеки. Ширина валки обычно составляет 2 м, но можно увеличить до 4 м, в зависимости от гу-

стоты древостоя. Также необходимо определить длину валки — оптимальное расстояние, при котором необходимо развернуться и разрабатывать параллельную полосу. Это необходимо для того, чтобы к моменту, когда закончится топливо в баке, быть как можно ближе к канистре с топливом и дозаправить инструмент. Обычно длина валки составляет около 60 м, но при этом необходимо учитывать наличие естественных препятствий или границ (ручьев, канавы, дороги). При работе около мелких ручьев желательно осуществлять валку в сторону от водотоков, чтобы не было последующего затора.



Рис. 2.25 Технологические схемы работы кусторезом [41]

Валить деревья лучше на расчищенную сторону. Для этого при работе кусторезом необходимо использовать приемы направленной валки деревьев. Это достигается за счет наведения определенного сектора полотна диска к стороне дерева либо наклона диска при срезании (косой спил). Если условно разделить полотно диска на 12 частей, то можно выделить три зоны (рис. 2.26).



Рис. 2.26 Направленная валка деревьев мотокусторезом

Диск вращается против часовой стрелки, поэтому опасной зоной является сектор от 12 до 2 час., где возникает вероятность отскоков диска. Для валки дерева вершиной вперед следует подвести полотно диска в сектор от 8 до 12 час. В этом случае комель дерева будет продвигаться дальше против часовой стрелки, а вершина по инерции будет падать вперед. Для валки назад необходимо подвести сектор в область от 3 до 5 час. Для крупных деревьев (от 7 до 15 см) следует делать подпил. Если на участке присутствует большое количество крупных деревьев, то желательно использовать пилу, смонтированную на опоре (см. рис. 2.23а).

При работе необходимо следить за состоянием инструмента и проводить его периодическое техническое обслуживание (проверка диска на целостность, заточка диска, разводка зубьев, прочистка фильтра и др.). Всегда должны быть комплект инструментов (для заточки, для смены диска, отвертка) и запасные части (диск, гайка крепления диска, шнур стартера, свеча и др.). Сам вальщик обязан иметь средства индивидуальной защиты: каска, очки (сетка), наушники, защитные штаны, ботинки с жесткой подошвой, перчатки. При работе необходимо соблюдать безопасное расстояние в радиусе 15 м и иметь пакет первой медицинской помощи. После окончания работ следует убрать за собой мусор и другие отходы (при их наличии).

Из существующих разновидностей мотоинструмента, применяемого на рубках ухода, можно также отметить мотоножницы. Две пластины с вырезами (зубьями) перемещаются относительно друг друга в одной плоскости. При попадании дерева между зубьями осуществляется его срезание. Мотоножницы в основном используются в садовом хозяйстве и при обустройстве городских территорий, но принципы работы также могут быть применимы в лесоводстве и механизированы. Например, компания Mense производит и устанавливает подобное оборудование на лесные машины. За счет возвратно-поступательных движений ножей навесного оборудования осуществляется срезание нежелательных деревьев на рубках ухода. Вес устройства в зависимости от конструкции колеблется от 150 до 480 кг. Макси-



а



б

Рис. 2.27 Месторасположение мотоножниц: а — фронтальное Cangini Benne [54]; б — навесное на манипуляторе Mense RP [53]

мальный диаметр при одиночной резке составляет от 6 до 10 см, при пилении — от 10 до 15 см. Устройство может навешиваться на манипулятор (рис. 2.27б) либо крепится спереди у машины, вместо отвала (рис. 2.27а).

Для срезания нежелательной растительности на осветлениях и прочистках можно использовать устройство в виде пильного диска, которое навешивается на манипулятор вместо харвестерной головки.



Рис. 2.28 Навесное оборудование на осветлении и прочистках:

а — Bracke C12.a [55]; б — Risutec TRC [56]; в — Usewood [147]

Оператор перемещает диск параллельно земле и срезает нежелательную растительность, оставляя саженцы ценных пород. Диск оснащен защитным кожухом. В зависимости от конструкции максимальный диаметр изменяется в пределах от 14 до 25 см. Например, оборудование Bracke C12.a (рис. 2.28а) может спиливать деревья диаметром до 16 см, Risutec R2B — до 25 см. Масса оборудования колеблется от 90 до 300 кг. Конструктивно срезающее устройство может быть выполнено в виде пильной шины и цепи либо в виде пильного диска (рис. 2.28б, в).

Для повышения эффективности рубок ухода в молодняках можно осуществлять сбор заготовленной тонкомерной древесины и перерабатывать ее в дальнейшем на топливную щепу. Для этого используют легкие харвестеры с захватно-срезающими устройствами, оборудованные накопителем.

При работе оператор срезает часть нежелательной растительности и оставляет на пасаках. Другую часть, пригодную для переработки на топливную щепу, он удерживает в захватно-срезающем устройстве. Когда накапливается максимально возможное по техническим характеристикам количество стволов в накопителе, оператор перемещает срезающее устройство к месту укладки и складывает заготовленную тонкомерную древесину в кучи. Подобные захватно-срезающие устройства могут оснащаться различными пильными механизмами. Это могут быть диск (рис. 2.29а), ножи (рис. 2.29б) или пильная шина с цепью.

В зависимости от вида пильного механизма максимальный диаметр дерева для срезания возможен в интервале от 16 до 32 см. В зависимости от конструкции масса захватно-срезающего устройства составляет от 200 до 900 кг.



а

б

Рис. 2.29 Захватно-срезающее устройство с накопителем:

а — Bracke C16.c [55]; б — Naarva E20 [57]

Заготовленную тонкомерную древесину в дальнейшем можно собрать форвардером и вывезти для дальнейшей переработки. Существуют также машины для рубок ухода, которые могут совмещать операции по заготовке и трелевке (харвардеры) (рис. 2.30).



а

б

Рис. 2.30 Харвардер на заготовке тонкомерной древесины:

а — Ponsse EH25 [58]; б — Vimek 160 [59]

Использование подобных машин позволяет повысить производительность за счет укладки пачки заготовленной тонкомерной древесины сразу в грузовую платформу, а также снизить затраты, поскольку используется только одна машина. Для прореживания и проходных рубок необходимо применять другое оборудование, так как увеличиваются таксационные показатели древостоя (диаметр, высота, объем, масса). Под эту категорию попадают бензомоторные пилы и любые лесозаготовительные машины легкого и среднего класса: харвестеры, харвардеры, форвардеры, трелевочные трактора с тросочерным оборудованием и др. [60, 61, 62].

В последние годы появляются модели лесозаготовительных машин с дистанционным управлением, в том числе и для рубок ухода (рис. 2.31).



Рис. 2.31 Машины для рубок ухода с дистанционным управлением:
а — Ebeaver [63]; б — харвардер RCM Harveri [64]

Интересным решением является применение на рубках ухода машин, совмещающих харвестер и рубительный модуль (рис. 2.32).



Рис. 2.32 Харвестер с рубильным модулем:
а — Valmet 801 C Bio Energy Chipper [65]; б — Silvatec 878 CH [66]

Перемещаясь по лесосеке, оператор наводит харвестерную головку на дерево, осуществляет валку, обрезку сучьев и раскряжевку на сортименты. Вершинная часть или тонкомерная неделовая древесина подается в приемное устройство рубительной машины и перемалывается на щепу. Древесная щепа, полученная при измельчении, подается по пневмопроводу в контейнер объемом от 20 до 28 м³ в зависимости от марки машины. При наполнении грузового пространства контейнера машина либо перемещается на погрузочный пункт и разгружается, либо пересыпает щепу в контейнер форвардера.

Рассматривая машины, применяемые на рубках ухода в молодняках, можно отметить оригинальное технологическое решение для выполнения осветления. Компания Naarva разработала оборудование, основанное на выдергивании нежелательной растительности вокруг саженцев вместе с корневой системой (рис. 2.33).



Рис. 2.33 Оборудование для осветления путем вырывания нежелательной растительности с корневой системой:
а — Naarva Uprooter P16; б — Naarva Uprooter P25 [67]

Первые машины подобного типа были созданы в 2004 г. Навесное устройство Naarva Uprooter P25 представляет собой две параллельные решетки, перемещающиеся относительно друг друга. Технологический цикл работы состоит из следующих операций. Устройство опускают около саженца таким образом, чтобы нежелательная растительность попадала в щели решеток. Затем захваты сжимаются, и устройство поднимается, вырывая всю нежелательную растительность. На последней операции захват раскрывается и устройство очищается. Вес устройства составляет около 600 кг, за один прием очищается площадь 2,5 м². Затраты времени на осветление составляют от 6 до 7 час. на 1 га, в зависимости от лесорастительных условий [68]. Вырывание нежелательной растительности с корнем позволяет уменьшить количество осветлений и интенсивность развития поросли по сравнению со срезанием мотоинструментом. Недостатком конструкции является высокий риск

повреждения корневой системы саженца, вокруг которого происходит освещение.

В России был разработан каток-осветлитель КОК-2, предназначенный для освещения и прочисток лесных культур на вырубках путем приземления и частичного дробления древесной и кустарниковой растительности в междурядьях (рис. 2.34).

Каток состоит из рамы, ножевого барабана, валочного бруса с упорами и отражателями. Ножевой барабан выполнен в виде полого цилиндра с приваренными по его оси шестью пластинами с ребрами и ножами. По краям барабана к пластинам и ножам крепятся малые ножи, препятствующие выскальзыванию из-под барабана наклоненных растений. Барабан установлен в подшипниках, которые крепятся к раме. Балочный брус с упорами служит для

сгибания деревьев и кустарника для обеспечения их лучшего перерезания ножами. Отражатели, приваренные к раме, служат для направления стволов деревьев, расположенных по краям катка, к ножевому барабану. Навешивается каток на фронтальную навеску трактора. Ширина захвата 2 м; ширина расчищаемой полосы 2,1...2,3 м. Диаметр ножевого барабана по концам ножей 1000 мм, масса 1450 кг. Агрегатируется каток с тракторами ТДТ-55А, ЛХТ-55М, ЛХТ-100. При лесокультурной оценке работы катка-осветлителя в условиях Карелии выявлено, что на заваленных почвах ножи катка-осветлителя не перерубают стволы лиственных деревьев, а только повреждают кору, поэтому такой уход оказался малоэффективным и широкого применения здесь не нашел.



Рис. 2.34 Каток-осветлитель КОК-2:
а — общий вид [16]; б — лесные культуры после работы катка [16]

2.5 Пробные площади проходных рубок ухода в технопарке ПетрГУ

В 2012 г. стартовал международный проект Karelia ENPI CBC [72], одной из задач которого является закладка пробных площадей по рубкам ухода и разработка учебных программ на основе обмена опытом в образовательной сфере по трем направлениям: интенсификация лесного хозяйства, строительство лесовозных дорог и развитие биоэнергетики. В рамках проекта были организованы семинары, в ходе которых преподаватели и студенты посещали различные учебные заведения и объекты лесопромышленного комплекса как на территории Финляндии, так и России.



а



б

Рис. 2.35 Организация международных семинаров по интенсивному лесному хозяйству: а — практика работы с мотокусторежом б — выборочная рубка

В частности, были организованы обучающие семинары и экскурсии в университеты Финляндии, а также на производственные объекты (питомники, котельные на древесном биотопливе, лесосеки сплошных и выборочных рубок, участки строительства дорог, рубок ухода, лесовосстановления, ЗАО «Соломенский лесозавод», Технопарк ПетрГУ, площадки международной выставки «Интерлес Карелия — 2013» и др.). В рамках мероприятий участникам проекта и приглашенным гостям удалось познакомиться с организацией учебного процесса и ведением лесного хозяйства в Финляндии, сравнить подходы зарубежной и отечественной систем лесопользования, обменяться мнениями со специалистами, повысить квалификацию и выработать новые

методы в обучении студентов. Кроме этого, при реализации проекта разработано шесть новых учебных программ, заложено семь пробных площадей, где разработку лесосек вели различными системами машин

при разной интенсивности рубок, начаты работы по возведению участка лесовозной дороги для учебных и научных целей. Размещение учебных объектов представлено на рис. 2.36.

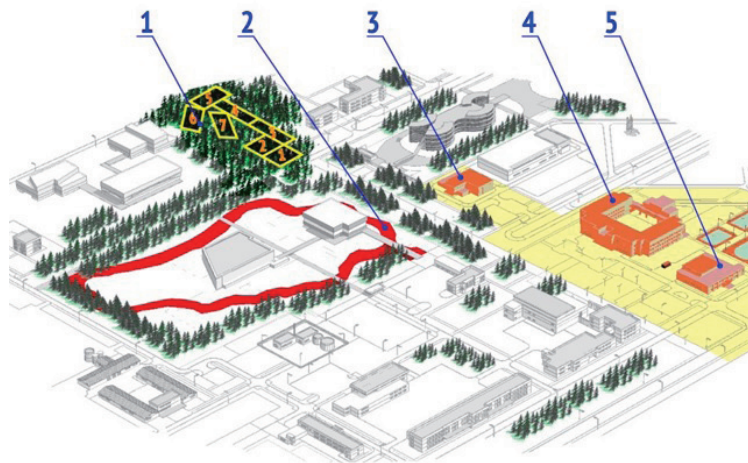


Рис. 2.36 Территория Технопарка ПетрГУ:

- 1 — пробные площади проекта; 2 — научно-исследовательский и учебный комплекс проекта «Интеллектуальная дорога»;
- 3 — здание университетского бассейна «Онего»;
- 4 — корпус физико-технического факультета;
- 5 — здание научно-образовательного центра

Для изучения современных методов и технологий рубок ухода на территории учебно-лабораторного комплекса ПетрГУ было решено заложить серию пробных площадей (рис. 2.36). В качестве пробных площадей подбирались участки в однородных лесорастительных условиях, на которых произрастают древостои с близкими таксационными характеристиками. Всего было намечено семь пробных площадей, из которых одна оставлялась без ухода (в качестве контрольной площади), а на остальных шести запланированы рубки ухода различной интенсивности с использованием разных систем машин. Закладка пробных площадей и обследование насаждений проводились в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами.

Тип леса по классификации Сукачева относится к сосняку черничному свежему. Средний возраст древостоя 80 лет и, согласно бонитерочной шкале Орлова, древостой относится ко II классу бонитета. Размер пробных площадей составил 20×50 м и 25×40 м (площадь 0,1 га). Работы делились на полевые и камеральные. Для определения возраста на каждом участке выбирались по три средних дерева (по диаметру и высоте) из преобладающей породы и с помощью возрастного бурава определялся их возраст. Границы площадей в натуре намечались инструментально (с замером сторон и углов с помощью

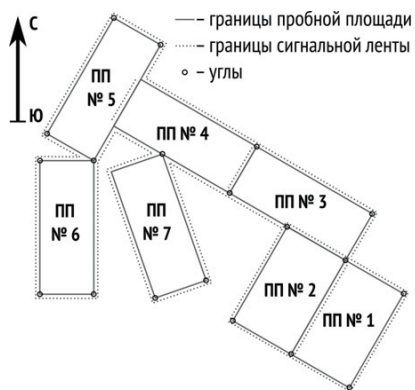


Рис. 2.37 Абрис пробных площадей

буссоли и мерными лентами). По углам пробной площади устанавливались вешки. Деревья, находящиеся на границе, но не входящие в площадь пробы, отмечались сигнальной лентой. По результатам полевых работ строился абрис размещения пробных площадей (рис. 2.37).

Для фотофиксации состояния древостоя до рубки на каждом углу были сделаны снимки насаждения. На каждой площадке был произведен сплошной перебор. В переборную ведомость для каждого дерева вносились следующие данные: по-

рода, диаметр на высоте груди (замерялся с помощью мерных вилок), состояние дерева и замеченные пороки. Каждое замеренное дерево отмечалось мелом. Для построения графика высот на каждой пробной площади выбирались по 15—20 деревьев пропорционально ступенчатому представительству и производился замер их высот с точностью до 0,1 м. Для определения полноты и запаса древостоя применялись лесотаксационные таблицы, составленные Н. И. Казимировым для условий Республики Карелия [75]. Средний диаметр вычисляли статистическим методом как среднее арифметическое. Среднюю высоту древостоя определяли графическим способом, исходя из данных измерения высот и диаметров учетных деревьев.

Затем, совместно со специалистами из Финляндии, были проведены работы по назначению интенсивности проведения рубки ухода (рис. 2.38).



Рис. 2.38 Наметка деревьев в рубку:

а — знакомство с территорией; б — маркировка дерева лентой;
в — оценка абсолютной полноты

Окончание табл. 2.7

Номер пробной площади	Год	Состав	Густота, шт./га	Средние		Запас, м³/га	Вырубленная часть	
				диаметр, см	высо-та, м		по числу стволов, шт./га	по запасу, м³/га
3	До рубки 2013	8С	780	20,3	19,4	246		
		2Б	690	12,3	12,5	64		
		+Е	120	10,0	8,3	7		
		Итого	1590			317		
	После рубки 2013	8С	520	23,3	21,1	200	260	46
		2Б	250	15,9	16,0	40	440	24
		+Е	52	9,8	8,2	3	70	4
		Итого	820			243	770	74
	Интенсивность выборки: по числу стволов — 770 шт./га (48 %), по запасу — 74 м³/га (23 %)							
	4	До рубки 2013	8С	740	22,1	21,0	280	
2Б			940	11,4	12,3	71		
+Ос			60	17,0	15,3	11		
Итого			1750			362		
После рубки 2013		9С	510	24,6	22,1	233	240	47
		1Б	120	16,1	15,5	16	820	55
		+Ос	20	14,0	13,5	5	40	6
		Итого	650			254	1100	108
Интенсивность выборки: по числу стволов — 1100 шт./га (62 %), по запасу — 108 м³/га (30 %)								
5		До рубки 2013	6С	340	23,3	21,1	155	
	2Б		490	13,0	14,1	45		
	1Е		360	12,0	13,0	39		
	1Ос		180	15,7	15,0	28		
	Итого		1190			267		
	После рубки 2013	8С	280	24,6	22,0	135	60	20
		2Б	190	17,6	16,5	30	300	15
		+Е	40	19,0	18,8	6	320	33
		Ос	—	—	—	—	180	28
	Итого	510			171	860	96	
Интенсивность выборки: по числу стволов — 860 шт./га (63 %), по запасу — 96 м³/га (35 %)								
6	До рубки 2013	8С	860	20,6	20,1	302		
		1Е	340	12,2	12,5	39		
		1Б	290	11,0	12,0	23		
		Итого	1490			364		
	После рубки 2013	9С	550	24,2	21,5	254	310	48
		1Е	70	18,6	18,0	17	270	22
		+Б	70	13,2	13,0	14	220	9
		Итого	690			285	800	79
	Интенсивность выборки: по числу стволов — 800 шт./га (53 %), по запасу — 79 м³/га (22 %)							
	7 Контроль	Без рубки	7С	660	21,9	21,0	277	
2Б			550	12,0	14,0	55		
1Е			340	10,7	9,8	28		
Итого			1550			360		

До проведения рубок ухода в составе древостоя сосна составляла по запасу 6—8 единиц, береза — 1—2 единицы. Ель и осина находились в качестве примеси. Запасы древостоя на пробных площадях были в пределах 270—360 м³/га, а относительные полноты близки к единице. Средний диаметр сосны колебался от 19 до 23 см при высоте около 20 м. Диаметр ели и березы был в пределах 10—12 см.

После проведения рубок ухода на пробной площади 1, где применялись харвестер и форвардер среднего класса, интенсивность выборки составила 28 %, что хорошо согласуется с запланированной в 30 %. Объем вырубленной древесины составил 87 м³/га. Основную долю вырубленной древесины по количеству стволов (90 %) составили береза и ель. На пробной площади 2 интенсивность рубки составила 39 %, или 134 м³/га. Количество стволов сосны при этом уменьшилось на 50 %, а стволов ели и березы — на 70—80 %. Ель и береза вырублены в подчиненной части практически полностью. Распределение сосны по диаметру стало более равномерным (рис. 2.39).

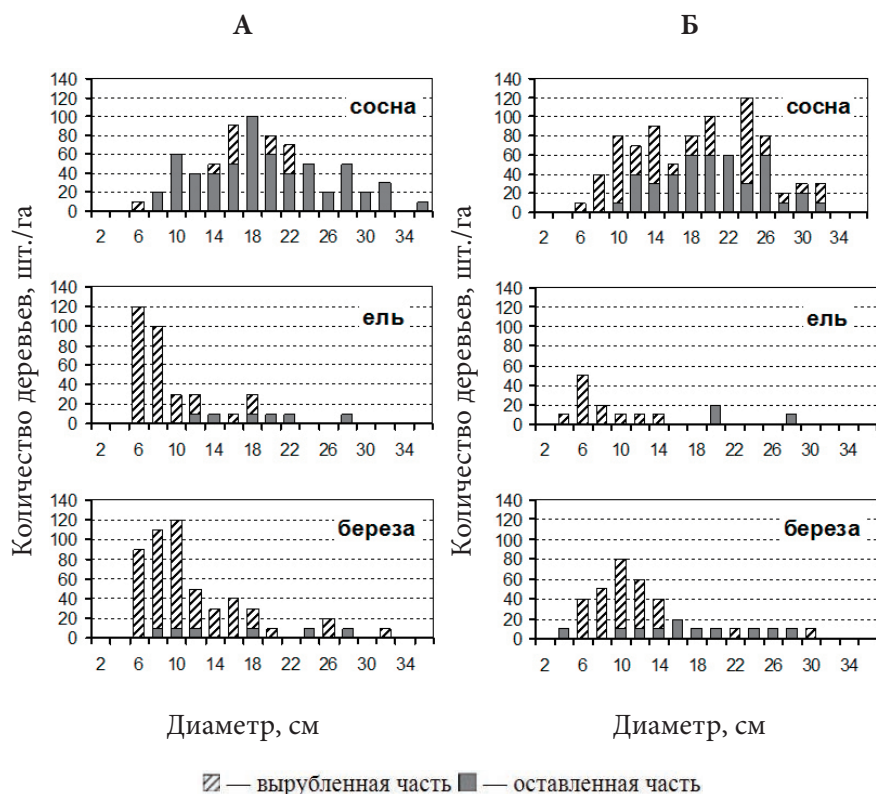


Рис. 2.39 Распределение вырубленных и оставленных на доращивание деревьев по ступеням толщины после проведения рубок ухода с помощью харвестера и форвардера среднего класса с интенсивностью: А — 28 %, Б — 39 %

На пробной площади 3, где рубка велась бензопилой, интенсивность выборки попадает в рамки запланированной в 20 %. Объем вырубленной древесины составил 74 м³/га. По числу вырубленных стволов основную часть составила береза, которой вырублено 64 % от исходного количества, или 24 м³/га. Сосна вырубалась в основном в подчиненной части древостоя. В целом по данной пробной площади интенсивность по количеству стволов составила 48 %, а по запасу — 23 %. Более высокая интенсивность в 30 % также была соблюдена на пробной площади 4, где рубка велась с помощью бензопилы. Объем древесины, вырубленной на данной пробной площади, составил 108 м³/га. Доля березы в составе уменьшилась с 2 до единицы. Общее количество вырубленных стволов составило 62 %, а запаса — 30 % (рис. 2.40).

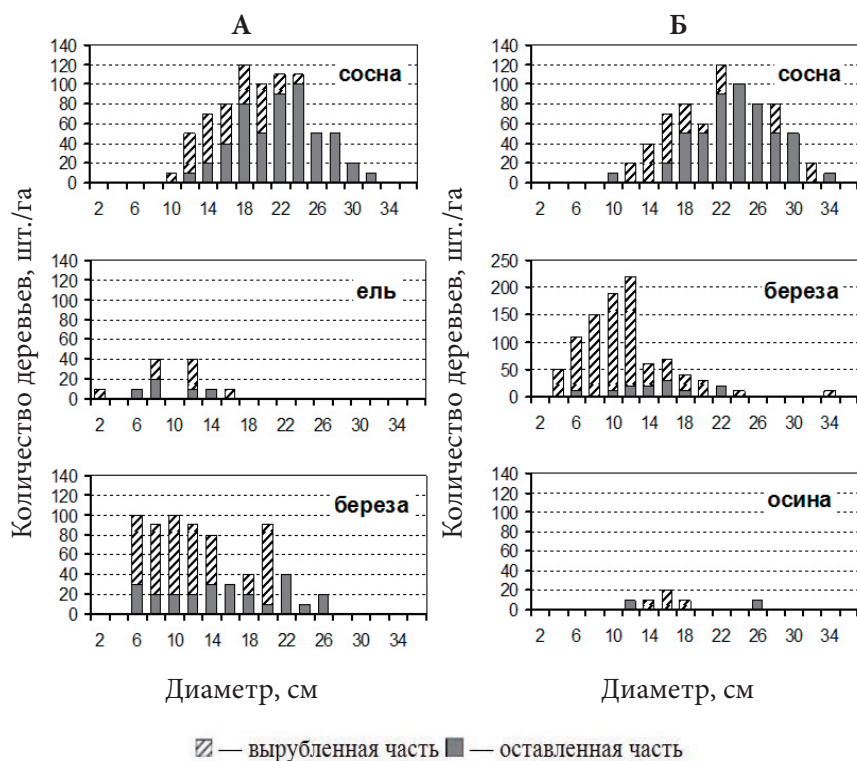


Рис. 2.40 Распределение вырубленных и оставленных на доразращивание деревьев по ступеням толщины после проведения рубок ухода с помощью бензопилы и форвардера с интенсивностью: А — 23 %, Б — 30 %

На пробной площади 5, где рубка поводилась харвестером, а вывозка — форвардером легкого класса, интенсивность выборки по запасу составила 35 %, или 96 м³/га. Изначальное количество сосны на данной пробной площади было не столь большое, поэтому доля ее вырубки

составила 18 % ее начального запаса, или 20 м³/га. Основная доля вырубленного запаса пришлась на ель и березу (рис. 2.41А). На пробной площади 6, где применялась система машин — харвестер и форвардер легкого класса, интенсивность выборки по запасу составила 22 %, что практически равно запланированной в 20 %. Доля березы в составе уменьшилась на единицу. Объем вырубленной древесины составил 79 м³/га. Количество стволов березы и ели снизилось на 80 %. Мелкие и средние экземпляры сосны также вырублены. В итоге интенсивность рубки по числу стволов была равна 53 %, а по запасу — 22 %.

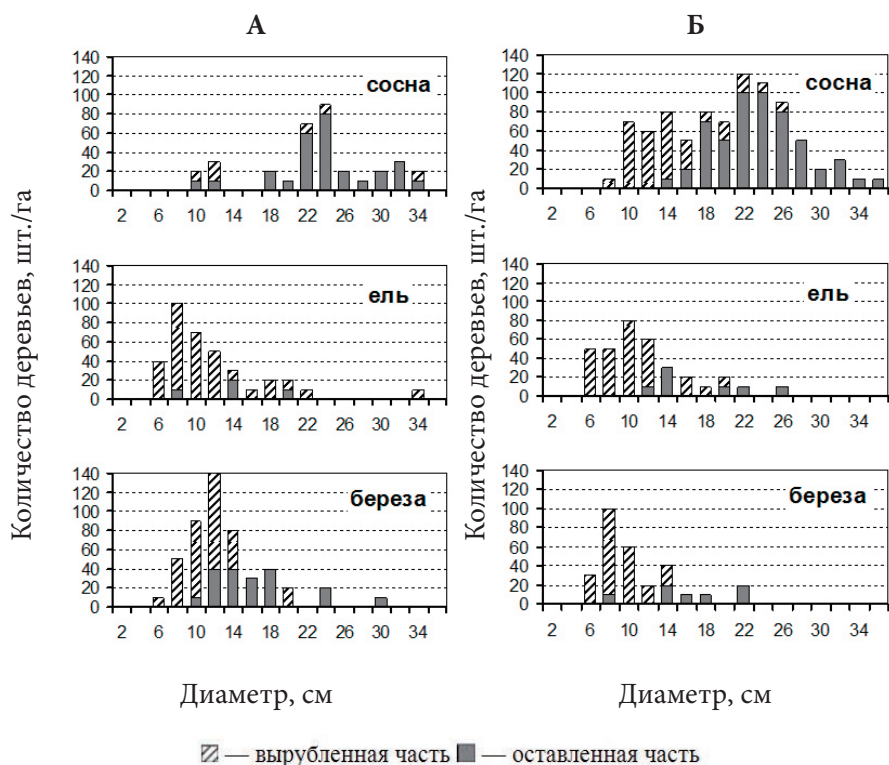


Рис. 2.41 Распределение вырубленных и оставленных на доращивание деревьев по ступеням толщины после проведения рубок ухода с помощью харвестера и форвардера легкого класса с интенсивностью: А — 35 %, Б — 22 %

Для оценки качества выполненных работ проведен учет поврежденных деревьев, оставленных на доращивание. При этом у поврежденных деревьев был измерен диаметр на высоте груди, определены расстояние от волока до дерева, высота, на которой находится обдир, размеры и площадь обдира. Количество поврежденных деревьев не превысило 3 %, что считается допустимой величиной для технологических

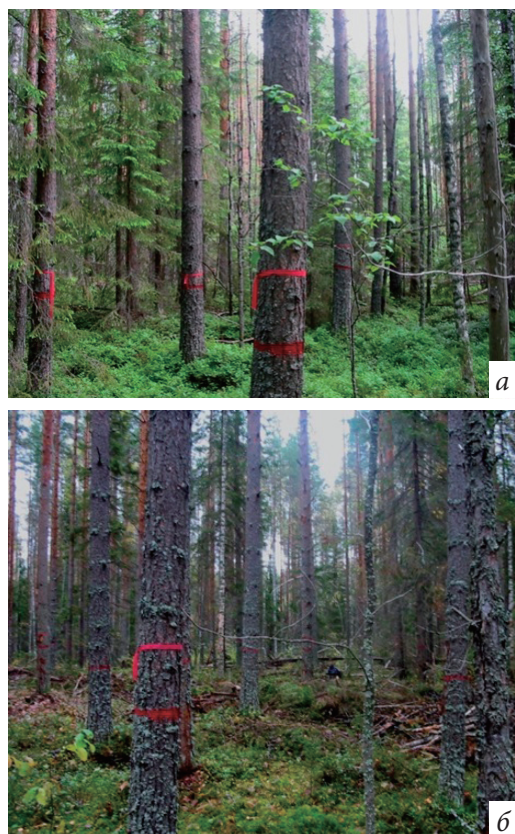


Рис. 2.42 Состояние древостоя до (а) и после (б) рубки ухода на 6-й пробной площади

процессов проходных рубок в эксплуатационных лесах. Распределение диаметров деревьев с обдирами показывает, что больше всего нарушений приходится на деревья центральной ступени толщины с диаметром 20—28 см. Основная часть повреждений (более 60 %) приходится на деревья, расположенные в пределах 4 м от оси волока.

В целом можно отметить, что рубки ухода во всех вариантах были проведены с интенсивностью, близкой к запланированной. Они проведены на высоком уровне и могут быть задействованы в учебно-практических занятиях для студентов лесных специальностей с целью получения студентами основ лесной таксации, а также демонстрации результата интенсивных рубок ухода. Планируется, что наблюдения за ходом

роста древостоя на опытных участках будут носить регулярный характер и сопоставляться с данными, полученными в ходе моделирования развития древостоя с помощью программы МОТТИ.

Одна из задач проекта заключалась в разработке и внедрении в учебный процесс лесоинженерного факультета ПетрГУ новой дисциплины «Уход за лесом. Рубки ухода». Цель рассматриваемого курса заключается в выработке у студентов целостного представления о важнейших лесохозяйственных мероприятиях, направленных на формирование устойчивых высокопродуктивных хозяйственно ценных насаждений, сохранение и усиление их полезных функций и своевременное использование древесины. К задачам относится знакомство студентов с видами ухода за лесом, их современным состоянием и перспективами, выработка умений назначать необходимые лесохозяйственные мероприятия, приобретение навыков таксации древостоя и оценки качества выполнения рубок ухода, а также изучение основ современ-

ного лесного законодательства, связанного с уходом за лесом; технологий и оборудования, применяемых при рубках ухода; программы имитации хода роста.

Одним из требований образовательных стандартов третьего поколения является применение активных и интерактивных методов обучения. Алгоритм обучения дисциплине различными методами представлен на рис. 2.43.

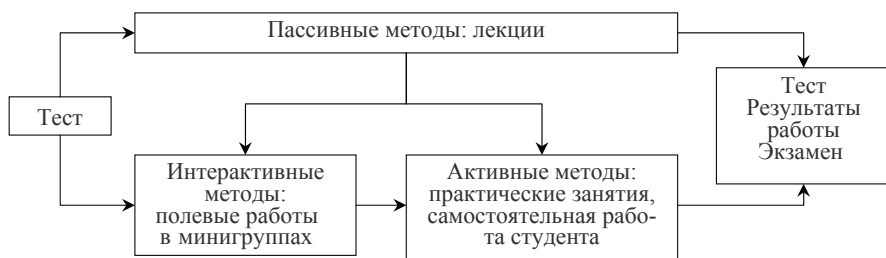


Рис. 2.43 Алгоритм организации учебного процесса по дисциплине «Уход за лесом. Рубки ухода» [73]

На первой лекции студентам выдается тест, на основании которого преподаватель оценивает существующие знания студентов, полученные в результате изучения предыдущих смежных дисциплин, учебной практики, самостоятельной работы и др. Задача теста также состоит в выявлении наиболее слабоизученных тем (дидактических единиц) и своевременной коррекции учебного процесса, акцентировании внимания на проблемных местах в знаниях и умениях студента.

Пассивные формы обучения включают лекции с элементами мини-диалогов по ключевым вопросам. Лекции по дисциплине затрагивают темы лесного законодательства и требований к рубкам ухода, обзор существующих машин, оборудования и технологий их работы, организацию контроля и оценки качества рубок ухода, ознакомление с программами роста древостоя, в том числе после проведения различных мероприятий.

На основе полученного на первых лекциях теоретического материала студенты параллельно закрепляют полученные знания при выполнении практических заданий на лесных объектах, подготовленных в рамках международного проекта (рис. 2.36). Для внедрения дисциплины на закрепленных за университетом лесных участках подготовлены полевые объекты для выполнения практических заданий студентами, где проведены лесозаготовительные работы различными системами машин с разной интенсивностью проходных рубок ухода. Группа студентов разбивается на бригады (3—4 человека), за которыми закрепляются определенные участки с их абрисами (рис. 2.44).



Рис. 2.44 Раздаточный материал для бригады студентов

В первый день со студентами проводится инструктаж по технике безопасности и знакомство с местоположением и границами всех необходимых объектов. Также в пределах территории расположены информационные аншлаги, содержащие информацию о местоположении полевых объектов. Затем преподаватель знакомит студентов с таксационным оборудованием (мерная лента, вилка, буссоль, высотомер, бурав и др.), объясняет план и последовательность выполнения работ, после чего студенты внутри группы назначают бригадира и приступают к измерениям. Данные заносятся в специальные бланки. Работы запланированы на 6—8 час. в течение двух дней. Полевые работы состоят из двух частей. В первый день бригада студентов на закрепленном участке осуществляет восстановление границ лесосек, сплошной пересчет деревьев и оценку качества проведенных работ. Во второй день аналогичные работы ведутся на пробной площади с целью оценки таксационных характеристик исходного древостоя.

После выполнения полевых работ студенты приступают к камеральной обработке собранных данных. Определяют площадь участка, породный состав, густоту, среднюю высоту, запас, абсолютную полноту древостоя (площадь сечений), объем нарушений и др. как на лесосеке, так и на пробной площади.

Полученные данные используются для работы в программе МОТТИ, на которую в рамках проекта были переданы права для использования в учебном процессе. Программный продукт МОТТИ, разработанный в НИИ леса Финляндии «METLA», позволяет назначать различные лесохозяйственные мероприятия и анализировать при этом ход роста древостоя [73, 74]. Применение имитационного моделирования хода роста древостоя в учебном процессе лесных специальностей позволяет студентам закрепить теоретические основы развития древостоя и его ключевые таксационные показатели; выбирать вид лесохозяйственных мероприятий и назначать сроки их выполнения; производить анализ и оценку результатов своего выбора.

Результатами изучения дисциплины являются самостоятельно выполненная работа студентов, экзамен и тест (рис. 2.43). Самостоятельная работа осуществляется сначала в группах, а потом в индивидуальном порядке с использованием активных и интерактивных методов на практических заданиях, которые разделены на полевые исследования, индивидуальную обработку собранных данных, изучение программы хода роста древостоя. Также самостоятельная работа студентов включает, по выбору, или составление реферата, или участие в конференции, или посещение профильной выставки со сбором материала и последующим докладом перед аудиторией.

В начале и в конце обучения студентам предоставляются одинаковые вопросы к тесту, а о дне проведения теста студентов не предупреждают. Это позволяет оценить степень освоения дисциплины, в том числе остаточные знания до проведения экзамена. При этом темы, рассматриваемые одновременно на лекциях, на практиках в лесу и во вре-



Рис. 2.45 Интерактивные методы обучения студентов (работа в бригадах):
а — ознакомление студентов с территорией;
б — восстановление границ лесосеки бригадой

мя самостоятельных работ в классах, лучше запоминаются студентами и являются более интересными.

Представленная организация работы с элементами пассивного, активного и интерактивного методов обучения позволяет познакомиться с ключевыми темами ухода за лесом, способами таксации и обработки данных, инструментами и оборудованием, имитационным моделированием результатов принятия решений по уходу за лесом, применить полученные знания и навыки в дальнейшем обучении при прохождении производственной практики и после окончания университета при работе по специальности.

Контрольные вопросы для самоподготовки и закрепления материала

1. *Какие мероприятия относятся к уходу за лесом?*
2. *Что входит в задачи рубок ухода?*
3. *Какие виды рубок ухода вам известны?*
4. *В чем заключается экономический смысл рубок ухода?*
5. *Что представляют собой программы рубок ухода?*
6. *На чем основан отбор деревьев при рубках ухода?*
7. *Чем низовой метод отличается от верхового?*
8. *Какие машины и оборудования могут использоваться на рубках ухода?*

3.1 Роль информационных систем при планировании лесохозяйственной деятельности

3.1.1 Классификации информационных систем

Недостаточная точность оценки лесоресурсного потенциала и относительно низкий уровень использования современных информационных технологий в лесном хозяйстве являются системными проблемами, сдерживающими эффективное лесопользование. Например, в настоящее время около 70 % лесов имеют давность лесопользования более 10 лет и требуется модернизация технологий лесопользования на основе использования современных дистанционных методов зондирования поверхности Земли, а также внедрение разработок, помогающих в актуализации таксационных и картографических баз данных [76]. Без использования современных научно-аналитических инструментов планирования, прогнозирования и учета невозможно бороться со многими негативными факторами, отмеченными в стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации [77], среди которых недостаточная точность учета лесных ресурсов; низкая эффективность государственного лесного надзора на региональном уровне; значительные потери лесных ресурсов от пожаров, вредителей и болезней; невысокое качество лесовосстановления и др. Поэтому внедрение и применение современных информационных систем является актуальной задачей для лесного комплекса.

Информационная система — это система хранения и обработки информации, состоящая из баз данных, специализированных программ, вычислительного и коммуникационного оборудования, предназначенная для предоставления пользователям системы требуемой актуальной

информации. Таким образом, информационные системы дают возможность собирать, обрабатывать и хранить большие объемы информации, которые в дальнейшем могут применяться для анализа, прогнозирования и обеспечения обоснованности применяемых управленческих решений. Это позволяет сократить сроки принятия решений, повысить уровень проектных и научных работ и тем самым способствует интенсификации работ в лесном хозяйстве.

Классифицировать информационные системы можно по различным признакам, но, с точки зрения пользователя системы, наиболее востребованы классификации по степени автоматизации, по решаемым системой задачам и по уровню (масштабу).

По степени автоматизации информационные системы принято делить на два вида:

- автоматизированные, в которых автоматизация неполная и требуется постоянное вмешательство персонала;
- автоматические, в которых автоматизация значительна и вмешательство персонала требуется только эпизодически.

На сегодняшний день нашли широкое применение автоматизированные информационные системы, работающие в режиме диалога «пользователь — ЭВМ», в основе которых лежит рациональное распределение функций между пользователем и ЭВМ: пользователь берет на себя функции «творческого» характера (например, постановка задачи, граничных условий и т. д.), а ЭВМ берет на себя рутинные функции «формализованного» характера (например, расчеты, поиск и обработка информации, вывод информации в требуемом для пользователя виде). Это позволяет получить гибкую и эффективную систему, решающую широкий спектр задач. Автоматические информационные системы способны работать и выдавать информацию без участия человека, но на сегодняшнем этапе развития такие системы могут применяться только там, где надо решать крайне узкий спектр однотипных задач.

Классификация по виду решаемых задач может быть развернута очень широко, но можно выделить три группы информационных систем для сбора, обработки и анализа лесоводственной информации [78]:

- а) информационные системы для научных исследований (автоматизированное построение моделей роста древостоев, формирование баз данных пробных площадей; математическое моделирование лесоводственных закономерностей и др.);
- б) информационные системы для «лесоустройства» (автоматизированное рабочее место таксатора; обработка лесоустроительной информации; учет лесных ресурсов и др.);
- в) информационные системы для «лесного хозяйства» (материально-денежная оценка лесосек; технологическая подготовка производства; управление технологическим процессом; управление производством на уровне предприятия и др.).

Существуют и универсальные информационные системы, позволяющие объединить в одном программном продукте инструменты для решения задач «лесоустройства» и «лесного хозяйства». Пользователи информационных систем являются специалистами в своей предметной области, но могут не обладать хорошими навыками работы на компьютере, поэтому интерфейс информационных систем должен позволять таким пользователям легко разобраться в системе. Информационные системы, ориентированные на исследовательские и научные задачи, отличаются от остальных систем тем, что квалификация пользователей таких систем обычно очень высока (пользователи могут плотно контактировать с разработчиками или сами участвовать в процессе разработки системы), поэтому в таких системах на первый план выходят гибкость и настраиваемость.

Классифицировать информационные системы для лесной отрасли по уровню (масштабу) можно следующим образом:

- информационные системы уровня предприятия (лесничества, лесоустроительные организации, арендаторы);
- информационные системы регионального уровня;
- информационные системы федерального уровня;
- единая информационная система.

Рассмотрим последнюю классификацию более подробно.

3.1.1.1 Информационные системы уровня предприятия

Информационная система лесничества должна позволять упростить и автоматизировать решение основных задач лесничеств, а именно:

- а) вести учет лесного фонда;
- б) иметь возможность актуализации баз таксационных и картографических данных;
- в) помогать в осуществлении планирования лесохозяйственных, лесозащитных, лесовосстановительных и противопожарных мероприятий;
- г) помогать в осуществлении мониторинга за состоянием лесов и государственного контроля;
- д) осуществлять быстрый поиск информации в базе данных по запросам любой сложности для анализа и принятия решений;
- е) получать лесные тематические карты в цифровом виде;
- ж) осуществлять формирование государственной, региональной, статистической и отраслевой отчетности и др.

Работники лесничества должны быть обеспечены мобильными (полевыми) компьютерами и средствами геопозиционирования для возможности ведения учета всех проводимых лесохозяйственных мероприятий и точного определения границ участков с возможностью синхронизации с информационной системой лесничества. Отличительная особенность информационных систем для лесничества заключается в том, что обучение работников работе с системой связано с отрывом их от основного производства и не может быть продолжительным, а в силу территориальной удаленности предприятий трудно обеспечить обмен опытом работы. Системы и технологии для лесного хозяйства должны быть просты в использовании и ориентированы на большую долю самообучения работников [79].

Информационная система лесоустроительного предприятия должна поддерживать весь комплекс лесоустроительных работ, камеральной обработки материалов лесоустройства, карто-издательских и множительно-типографских работ и поддерживать постоянную взаимосвязь с лесотаксационными базами данных. Помимо этого, система периодически пополняется информацией с мобильных (полевых) компьютеров. Информационная система лесоустроительных предприятий может поддерживать следующие виды работ:

- а) ввод аэро- и космических фотоснимков, сканерных изображений, а также автоматизированное таксационное дешифрирование изображений до начала полевых работ;
- б) ввод и обработку геодезических данных;
- в) совмещение и обработку геодезических, картографических и аэрокосмических материалов с целью создания и обновления планово-картографических материалов лесоустройства, других лесных карт;
- г) совмещение цифровых планово-картографических материалов и лесотаксационных баз данных для проведения однозначной совместной их актуализации;
- д) ввод данных с систем геопозиционирования и электронных тахеометров, их обработка для периодического (или текущего непосредственно в полевых условиях) создания планово-картографических материалов с помощью полевых мобильных систем. Для этих целей экспедиции лесоустроительных предприятий оснащаются полевыми мобильными компьютерами;
- е) обработку данных для получения требуемых документов;
- ж) создание и тиражирование необходимого количества планово-картографических материалов лесоустройства и других лесных карт;
- з) подготовку издательских оригиналов карт для типографской печати;
- и) подготовку и печать материалов по разовым запросам Рослесхоза и других административных органов управления.

На лесоустроительном предприятии персонал имеет высокую квалификацию, поскольку активно занят в рамках годового цикла единой производственной деятельностью. В отрасли проводится постоянное и централизованное обучение использованию новых технологий, работа выполняется компактными коллективами с обменом опытом [79]. Поэтому внедрение информационных систем на лесоустроительных предприятиях происходит проще, чем в лесничествах.

Информационная система арендатора связана с использованием информации о лесном фонде арендованных участков и ее поддержке в актуальном состоянии, быстрым осуществлением планирования заготовки древесины и устранением проблем, связанных с недостоверной или устаревшей информацией. Типичные задачи, в решении которых арендатору помогают информационные системы:

- а) планирование хозяйственной деятельности (заготовка древесины, строительство дорог, размещение погрузочных площадок, нижних складов и т. д.);
- б) определение оптимального варианта транспортировки древесины, учитывая расположение делянок и карту дорог;
- в) определение по таксационным данным делянки запаса и породного состава древостоя;
- г) вывод материально-денежных и сортиментных оценок по выделам;
- д) изготовление технологических карт;
- е) подготовка материалов для отчетов;
- ж) хранение результатов полевых работ;
- з) мониторинг арендных участков и т. д.

Значительные отличия в задачах, уровне квалификации персонала и в возможностях обучения осложняют создание универсальных информационных систем уровня предприятия для лесной отрасли.

3.1.1.2 Информационные системы регионального уровня [78]

На региональном уровне осуществляются планирование региональной стратегии развития и управления лесными ресурсами, а также контроль (мониторинг) происходящих изменений лесного фонда и лесохозяйственной деятельности различных предприятий. Информационная система регионального уровня должна иметь в составе не только всю информацию о лесных ресурсах лесничеств, но и должна использовать данные дистанционных методов лесного мониторинга, проводить различную обработку и анализ графических объектов для обеспечения принятия управленческих решений: агрегировать и интерполировать данные с использованием разномасштабных карт, классифицировать, накладывать друг на друга различные векторные и растровые изображения, вычислять и отображать на карте статистические параметры и т. д.

3.1.1.3 Информационные системы федерального уровня [78]

Информационная система на федеральном уровне должна обеспечивать планирование стратегии развития и управления лесными ресурсами в масштабе всей страны. Кроме того, информационная система должна работать в режиме «реального времени» для возможности решения задачи оперативного контроля быстродействующих катастрофических воздействий на лес (пожары, наводнения, антропогенные катастрофы и т. п.). Для этого могут быть созданы станции приема оперативной аэрокосмической информации.

3.1.1.4 Единая информационная система

Задача единой информационной системы [80] — создание единого механизма управления, охватывающего всю лесную отрасль от федерального агентства лесного хозяйства России и его подведомственных организаций, а также органов власти регионов до лесничеств и участковых лесничеств. Цели создания единой системы управления:

- обеспечение устойчивого управления лесами;
- развитие отрасли при сохранении и приумножении лесов России;
- обеспечение прозрачности процессов, происходящих в отрасли;
- обеспечение предоставления государственных услуг в электронном виде.

В такой системе два основных уровня — федеральный и региональный.

Подсистемы федерального уровня:

- подсистема, позволяющая учитывать федеральную собственность — лес и все происходящие с ним изменения;
- единая отраслевая подсистема планирования и бюджетирования;
- подсистема, обеспечивающая мониторинг исполнения переданных полномочий;
- подсистема, обеспечивающая доступ к государственным информационным ресурсам (интерактивная карта «Леса России»).

Подсистемы регионального уровня:

- подсистема, обеспечивающая оперативную деятельность по охране и защите;
- подсистема, обеспечивающая оперативную деятельность по использованию и воспроизводству лесов;
- подсистема, обеспечивающая оказание услуг в электронном виде.

Основная проблема внедряемых «сверху» систем — плохо учитываются проблемы и пожелания специалистов на уровне лесничеств, хотя

именно они должны вводить в систему достоверные данные и поддерживать их в актуальном состоянии. Система, содержащая неактуальные или недостоверные данные, не может эффективно использоваться для проведения мониторинга и управления лесами на федеральном и региональном уровнях.

3.1.2 Работа информационных систем с географической (пространственной) информацией

Традиционно, до появления цифровой картографии, в лесном хозяйстве использовались картографические и таксационные данные на бумажных носителях, которые поставляются лесоустроителями. На основании этих данных планируют лесопользование. После проведения лесозаготовительных работ на лесоустроительном планшете (картографический документ с планом лесных кварталов) ставятся отметки о вырубленных делянках. Со временем на планшете могут накапливаться неточности и ошибки, которые, даже при их выявлении, трудно исправить на бумажном носителе. А при потере или порче планшета информация о текущем состоянии лесного фонда вообще может потеряться. С внедрением цифровой картографии проблемы с архивированием, копированием и легкой правкой информации о состоянии лесного фонда исчезают.

Информационная система, позволяющая осуществлять сбор, хранение, обработку и распространение совокупности пространственных и табличных данных, которые могут описывать некоторую территорию и расположенные на ней объекты, называется географической информационной системой (ГИС). Таким образом, появляется возможность не только работать с картографической информацией, но и связывать с графическими объектами различную атрибутивную информацию из базы данных (для лесного хозяйства это могут быть таксационные данные, координаты, описания лесозаготовительных и лесохозяйственных мероприятий и т. д.).

Возможность работы с пространственными данными позволила найти геоинформационным системам широкое применение в таких областях, как картография, геология, метеорология, археология, в муниципальном управлении, градостроительстве и т. д. Конечно, ГИС нашли применение и в лесном комплексе, в том числе для ведения лесных кадастров, при планировании лесопользования и лесовосстановления, для мониторинга лесных пожаров и распространения очагов вредителей и болезней леса, при проектировании строительства сети лесовозных дорог, для дистанционного зондирования и оценки первичных ресурсов лесов и т. д.

Первый опыт создания лесной ГИС связан с разработками отделения информационных систем регионального планирования Министерства лесного хозяйства и сельского развития Канады еще в начале

60-х гг. прошлого века [81]. В СССР внедрение средств автоматизации обработки данных для лесоустройства было начато в конце 70-х гг. и к концу 80-х гг. в НИЧ В/О «Леспроект» была создана вполне завершенная автоматизированная система создания лесных карт на основе первичных источников: аэрофотоснимков, данных наземных геодезических съемок, карт на бумажных носителях, которую вполне можно назвать ГИС, так как в основе системы лежала база данных, в которой хранились все виды картографических и атрибутивных данных. Но по причине отсутствия доступных вычислительных средств и специализированной периферии в то время система не смогла найти распространение в лесном хозяйстве [82]. В Карелии велись работы по добавлению картографической информации к базе данных системы КарНИИЛП (используемой и сегодня) [83].

По функциональным возможностям ГИС разделяют на три группы [84]:

- универсальные (инструментальные, полнофункциональные) — ГИС характеризуются открытой архитектурой (возможность расширения и адаптация системы под различные задачи с помощью модулей/настроек/плагинов/приложений), возможностью работы с различными данными, наличием мощного графического редактора, а также языка программирования, позволяющего работать с графической и атрибутивной информацией. Такие системы обладают широкими возможностями, но требуют высокой квалификации пользователя;
- специализированные — ГИС для решения узкого круга задач при заданном наборе параметров, обычно закрытые (набор выполняемых функций таких систем не может быть изменен). Такие системы часто имеют более низкую цену. Простота интерфейса позволяет быстрее осваивать такую систему пользователями. Типовая задача таких ГИС — автоматизация работ специалистов;
- ГИС-вьюверы, предназначенные для визуализации пространственно-атрибутивной информации и вывода на печать. Такие системы не снабжены аппаратом для пространственного анализа и моделирования.

На сегодняшний день в России ГИС широко применяются в лесоустройстве, где они используются для автоматизированного создания планово-картографических материалов в цифровой форме и изготовления бумажных копий этих картографических документов [81], а для задач управления лесным фондом применение ГИС сдерживается рядом серьезных проблем. Эти проблемы известны более 10 лет [82], но, к сожалению, до сих пор значительная часть из них все еще остается актуальной:

- отсутствие внятно сформулированной задачи и централизованной координации, что приводит к проблемам и несовместимости систем;

- частое изменение самого разного рода инструкций, правил и других отраслевых документов, слабо связанных между собой, зачастую без острой необходимости;
- чрезмерная закрытость информации и стремление к монополизации;
- недостаточная подготовка профессиональных кадров;
- слабая заинтересованность специалистов, вносящих информацию в систему, в точности и корректности данных.

На сегодняшний день ГИС-технологии доступны для крупных и средних арендаторов и применяются ими для решения своего круга задач.

3.1.3 Справочные функции информационных систем

Информационные системы находят применение как информационно-справочные для специалистов, занимающихся вопросами управления лесным хозяйством. Информационно-справочная система — это тематический электронный атлас. Такая система должна быть проста в использовании и позволять находить необходимую информацию гораздо быстрее, чем в бумажном атласе и других традиционных документах, позволять копировать или печатать информацию. Система должна позволять отбирать картографические документы, а также представлять информацию в удобном для пользователя виде (например, в виде диаграмм и графиков). Такие системы могут применяться как на региональном, так и на федеральном уровне. Системы должны строиться с учетом возможности построения единой иерархической информационной системы для обеспечения управления лесным хозяйством на разных уровнях и включать элементы интеллектуальных систем с использованием математического моделирования и прогнозирования, баз знаний, экспертных систем и других систем обеспечения принятия управленческих решений [81].

3.1.4 Использование информационных систем в целях лесного планирования

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации, планирование в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов направлено на обеспечение устойчивого развития лесных регионов. Лесное планирование должно обеспечивать комплексное развитие лесного хозяйства и лесной промышленности региона с учетом территориальной инфраструктуры, так как развитие лесной отрасли в современных условиях невозможно вне рамок территориального планирования и согласования с развитием других отраслей промышленности, инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры региона [85].

Различают стратегическое, тактическое и оперативное планирование:

- стратегическое планирование нацелено на перспективу и охватывает долгосрочный или среднесрочный период (несколько десятилетий);
- тактическое планирование обычно охватывает период в несколько лет;
- оперативное планирование нацелено на краткосрочные периоды (обычно на один-два месяца).

Кроме того, необходимо различать планирование по территориальному охвату — регион, лесничество, вплоть до группы или одного лесного выдела.

Рассмотрим цели стратегического планирования природных ресурсов и применяемые для этой задачи информационные системы на примере Финляндии [86]. Основная цель процесса планирования природных ресурсов заключается в выработке сбалансированного плана управления лесами и прочими природными ресурсами на последующие десять лет. Процесс планирования состоит из следующих этапов:

- а) описание и оценка текущего состояния планируемой территории;
- б) определение целей управления природными ресурсами;
- в) разработка альтернативных стратегий управления и оценка их результатов;
- г) оценка стратегий.

Процесс планирования часто проходит в интерактивном режиме и этапы б, в и г повторяются несколько раз.

При планировании используются ГИС не только для расчета охранных зон, районирования и анализа данных дистанционного зондирования, но и для выявления предпочтений местного населения и других заинтересованных сторон (например, представителей сектора туризма, пользователей различных видов рекреации и т. д.). Для решения задачи учета пожеланий местного населения и заинтересованных сторон в НИИ леса Финляндии на основе ГИС был разработан метод, позволяющий перерабатывать разрозненные и неструктурированные данные в удобную для стратегического планирования форму и дающий возможность, например, ограничить заготовку древесины в определенном районе.

При планировании пользования природными ресурсами одним из важных и сложных этапов является этап выработки альтернативных стратегий. Альтернативные стратегии управления разрабатываются с помощью программного обеспечения MELA и ГИС-технологий. Лесохозяйственные мероприятия, планируемые на выделах, вводятся в ГИС, которую используют для выявления старовозрастных лесов и пригодных для рекреационных целей. В системе MELA есть возмож-

ность расчета эффективности альтернативных вариантов с помощью методов линейного программирования. В результате разработки альтернативных планов создаются отчеты, содержащие данные о запасах древесины по древесным породам и результаты моделирования развития выделов объекта планирования (например, спелые леса, леса с доминированием березы) на конец ревизионного периода.

Для оценки альтернативных стратегий используется веб-инструмент MESTA, позволяющий определить разнообразные ограничения, называемые «допустимыми порогами», которые позволяют выявить оптимальную альтернативу с учетом мнения не только лесозаготовителей, но и пользователей недревесных лесных ресурсов, рекреационных ресурсов леса и местного населения.

3.1.5 Применение имитационного моделирования при принятии решений в лесном хозяйстве

Моделированием называется один из методов познания мира. Идея метода состоит в замене реального объекта окружающего мира на его модель, которая с необходимой точностью описывает объект, и в исследовании построенной модели для лучшего изучения свойств реального объекта.

С развитием вычислительной техники широкое применение получили имитационные методы моделирования. Отличительной чертой имитационного моделирования является воспроизведение поведения реального объекта во времени, так как оно проявлялось бы в действительности. Понятие «имитационное моделирование» объединяет имитацию исследуемого объекта или явления и планирование имитационного эксперимента. Для получения результатов моделирования необходимо осуществить серию имитационных экспериментов (по одному эксперименту сделать какие-либо содержательные выводы о свойствах объекта, как правило, не удастся), то есть на вход модели подаются данные, а на выходе модели фиксируется информация, которая в дальнейшем может оцениваться статистическими методами. Теория планирования эксперимента позволяет организовать имитационный эксперимент рационально, применительно к целенаправленному получению информации и уменьшить число имитационных экспериментов над моделью. Таким образом, имитационные модели не формируют свое собственное решение в том виде, в каком это имеет место в аналитических моделях, а могут лишь служить в качестве средства для анализа поведения реального объекта в условиях, которые определяются экспериментатором [87]. Поэтому имитационное моделирование используют лишь в определенных случаях:

- а) не существует законченной математической постановки данной задачи, либо еще не разработаны аналитические методы решения сформулированной математической модели;

- б) аналитические методы имеются, но математические процедуры столь сложны и трудоемки, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи;
- в) кроме оценки определенных параметров требуется осуществить на имитационной модели наблюдение за ходом реального процесса в течение определенного периода времени.

Кроме того, дополнительным преимуществом имитационного моделирования являются широкие возможности его применения в сфере образования и профессиональной подготовки. Разработка и использование имитационной модели позволяют экспериментатору исследовать, как протекают процессы и ситуации на модели [87].

Отличительными особенностями лесной отрасли являются географическая разобщенность лесных выделов, сезонность, случайность воздействия природных факторов, сложность производственных процессов, что обуславливает широкое применение имитационного моделирования в лесной отрасли. Обычно имитация реализуется на компьютере с учетом всех существенных факторов, таких как климатические, почвенно-рельефные и т. д.

Имитационное моделирование в лесном хозяйстве может применяться не только в целях моделирования динамики породно-возрастной структуры лесов, но и, например, для моделирования распространения лесных пожаров, моделирования развития популяций лесных насекомых и т. д.

События при имитации разворачиваются во времени, как правило, в том порядке, в каком они следуют в реальной системе, но часто в измененной временной шкале [88]. Действие случайных факторов учитывается с помощью специальных датчиков случайных чисел, настроенных на соответствующие вероятностные распределения. В определенном месте процесс имитации может быть приостановлен для проведения, например, экспертного опроса или натурного эксперимента с использованием промежуточных данных, полученных при компьютерной имитации. Результаты опроса или эксперимента могут быть использованы для продолжения компьютерной имитации.

Одной из проблем создания больших моделирующих комплексов для решения сложных задач является оптимальная организация данных, используемых при моделировании. Правильная организация данных позволяет осуществлять формирование, модификацию состава и структуры данных, а также их выборку без изменения программного обеспечения самой имитационной системы.

Решением этой задачи занимаются подсистемы информационного обеспечения моделирующего комплекса, которые могут включать интегрированные базы данных и системы управления базами данных (СУБД), что позволяет осуществлять ввод данных и формирование запросов к базам данных, а также связь между несколькими моделями объекта исследования.

В настоящее время в качестве компонента системы информационного обеспечения широкое применение находят ГИС-решения, в которых географическая локализация данных выполнена в виде графической информации (карты), а атрибутивная информация хранится в виде таблиц.

Включение в программное обеспечение имитационной системы средств диалога обеспечивает более высокий технологический уровень проведения имитационного эксперимента, позволяющий исследователю дополнять своим опытом и интуицией недостаток существующих методов имитации. Так, исследователь получает возможность:

- а) оперативно вмешиваться в процессы имитации, рассчитывать показатели эффективности и анализировать промежуточные данные сразу же после их получения;
- б) формировать условия для следующего расчетного варианта после анализа данных, получаемых в предыдущих расчетах;
- в) осуществлять выбор метода расчета показателей эффективности в процессе решения задачи;
- г) варьировать в процессе моделирования временем решения задачи и точностью полученных результатов;
- д) взаимодействовать не только с имитационной моделью, но и с базой данных имитационной системы;
- е) оперативно вносить изменения в модель исследуемого объекта в процессе решения задачи в связи с уточнением ее постановки;
- ж) гибко управлять различными взаимосвязями между отдельными расчетными программами.

Выделяют три режима диалога: «ведущий — ЭВМ», «ведущий — человек», «равных партнеров». Выбор диалога зависит от этапа эксперимента, уровня знаний пользователя и структуры диалога.

3.1.6 Прогнозные функции информационных систем

При лесном планировании и принятии управленческих решений необходимо обеспечить специалистов не только информацией о текущем положении дел, но и предоставить прогноз развития лесного фонда при различных сценариях лесопользования. Информационные системы должны включать прогнозные модули на основе имитационного и математического моделирования, элементы экспертных систем и систем поддержки принятия решений.

Главные требования к прогнозным модулям информационных систем для лесного хозяйства [78]: модули должны использовать для своей работы в качестве исходных данных стандартную информацию, получаемую в лесном хозяйстве;

- модули должны быть легко настраиваемыми на конкретные физико-географические условия;
- модули должны иметь дружелюбный интерфейс (т. е. должны достаточно легко использоваться специалистами на местах).

3.1.7 Системы поддержки принятия решений в лесном хозяйстве

Система поддержки принятия решений или СППР (Decision Support Systems, DSS) — это компьютерная система, позволяющая использовать возможности компьютера для анализа и обработки больших объемов разнородных данных, а также методы компьютерного моделирования и визуализации для помощи специалисту, принимающему управленческие решения в сложных условиях. Элементы, помогающие специалисту принять решение, есть практически в любых программных продуктах, где имеется возможность получить информацию в виде отчета или графика. Особенность СППР — это работа со сложными неструктурированными данными, работа в ситуациях с высокой степенью неопределенности, поддержка многокритериальных решений. Под многокритериальностью понимается то, что результаты принимаемых решений оцениваются не по одному, а по совокупности многих показателей (критериев), рассматриваемых одновременно. СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.

В отличие от автоматизированных систем управления (АСУ) СППР не позволяют дать прямых рекомендаций специалисту, но делают возможным в «диалоговом режиме» оценить последствия различных стратегий управления, оставляя конечное решение за специалистом. Отличия СППР от экспертных систем в том, что цель экспертной системы в замене специалиста-эксперта в конкретной узкой области, а цель СППР — помочь специалисту принять обоснованное решение.

СППР нашли широкое применение во всех сферах, где необходимо осуществлять стратегическое планирование и управление, где имеются большие массивы обрабатываемой и хранящейся неструктурированной информации, где требуется увеличить быстроту реагирования и уменьшить риски.

Применение СППР в лесном хозяйстве позволяет [89]:

- а) учитывать функции, которые потенциально способны выполнять лесные экосистемы на конкретных территориях;
- б) оценивать современное состояние лесных экосистем и функции, которые они выполняют в настоящее время;
- в) оценивать влияние современного управления лесами на такие «экосистемные услуги», как формирование и защита почв, формирование качества и количества воды, формирование циклов

элементов питания, создание местообитаний для растений и животных;

- г) оценивать выбор той или иной стратегии лесопользования с учетом ожиданий собственника лесов;
- д) предлагать альтернативные пути лесопользования.

СППР состоит из следующих основных элементов [90]:

- а) информационной составляющей — для обеспечения пользователя основными данными (базы данных, базы знаний);
- б) моделирующей составляющей — для обеспечения пользователя системы аналитическими данными по развитию и прогнозированию (моделирование сценариев);
- в) экспертной составляющей — для обеспечения пользователей правилами и знаниями формирования дедуктивного вывода и экспертного анализа при выборе эффективных вариантов решения проблем (хранение и анализ типовых управленческих ситуаций; синтез альтернатив и их оценка).

Как правило, применяемые в лесном хозяйстве СППР содержат блок визуализации, использующий ГИС-технологии, поскольку данные лесной таксации также поддерживаются этими технологиями. Вместе с тем во многих системах реализована трехмерная динамическая визуализация лесных выделов и ландшафтов, в некоторых системах присутствуют элементы пространственного анализа [89].

С точки зрения специалиста, принимающего решение, интерфейс и логика функционирования СППР должны быть понятны и просты в использовании. Однако это может привести к ложному выводу, что СППР может выдать готовый результат человеку, принимающему решение. Неправильное применение такого инструмента может существенно затруднить принятие решения. Последнее возможно, например, в случаях, когда применение СППР приводит к медленному и дорогостоящему процессу принятия решений, ошибочно фокусирует внимание пользователя на несущественных проблемах и задачах, создает иллюзию определенности или, наоборот, вселяет чувство неуверенности и беспомощности среди пользователей системы [89].

3.1.8 Применение систем спутникового позиционирования в лесном хозяйстве

В связи с необходимостью получения точных данных о пространственном положении лесных ресурсов, в лесной отрасли актуальной проблемой является получение координат лесных объектов.

Современным методом определения координат объектов является использование систем спутникового позиционирования с применением аппаратуры, позволяющей получать навигационные сигналы от космических спутников. Приемник спутниковых сигналов, путем измерения

времени задержки прохождения сигнала от нескольких космических спутников, определяет свое местоположение, используя спутники как опорные точки с известными координатами. Технической сложностью метода является требование четкой синхронизации часов на спутнике и в приемнике, так как небольшая разница во времени может привести к большой ошибке в определении расстояния. Спутник имеет высокоточные атомные часы, но в приемник их встроить невозможно, поэтому для устранения неточностей в ходе часов приходится использовать большее число спутников для привязки к местности.

Использование в лесном хозяйстве систем глобального позиционирования позволяет решать следующие задачи:

- увеличение точности определения границ лесного фонда;
- увеличение точности привязки к местности, качества отвода, измерения площади лесосек;
- мониторинг передвижения лесовозной техники в целях контроля над незаконными вырубками;
- определение площадей поврежденных насаждений (пожары, ветровалы, буреломы);
- привязки местоположения лесосеки на местности, разметки на технологической карте трелевочных волоков и мест расположения складов древесины;
- быстрое определение мест возгораний.

Перспективной технологией является оснащение специализированного транспорта приемниками спутниковых сигналов, что совместно с ГИС позволит в постоянном режиме осуществлять контроль оперативной обстановки, координировать действия бригад, составлять маршруты передвижения лесопожарных и спасательных групп.

На сегодняшний день основными действующими глобальными системами являются американская GPS и отечественная ГЛОНАСС.

По своей структуре ГЛОНАСС и GPS являются системами двойного действия, то есть могут использоваться как в военных, так и в гражданских целях. Система спутникового позиционирования (рис. 3.1) включает три функциональные части [91]:

- а) космический сегмент, в который входит орбитальная группировка искусственных спутников Земли (иными словами навигационных космических аппаратов);
- б) сегмент управления — наземный комплекс управления орбитальной группировкой космических аппаратов;
- в) аппаратура пользователей системы (приемники) — самый многочисленный сегмент.

Системы являются беззапросными, и поэтому количество приемников не имеет значения.

Помимо основных навигационных сигналов (для определения координат) спутник передает служебную информацию: эфемериды

(точные данные об орбите спутника), прогноз задержки распространения радиосигнала в ионосфере (так как скорость света меняется при прохождении разных слоев атмосферы), а также сведения о работоспособности спутника (так называемый «альманах», содержащий сведения о состоянии и орбитах всех спутников) [92].



Рис. 3.1 Сегменты навигационных систем ГЛОНАСС и GPS

Существует несколько различных методов для получения координат с помощью систем спутникового позиционирования. Выбор метода зависит от точности, необходимой потребителю, и типа имеющегося приемника [93]:

- автономная навигация — используется единственный (автономный) приемник. Обычно точность определения координат 5—10 м, но ошибка может достигать 100 м для гражданских потребителей при режиме селективного доступа (SA) у GPS-системы;
- дифференциальное координирование (DGPS) — позволяет получать координаты с точностью 0,5—5 м. Реализуется с помощью контрольного навигационного приемника, называемого базовой станцией (рис. 3.1). Базовая станция устанавливается в точке с известными географическими координатами и формирует поправки, которые передаются пользовательским приборам по каналам связи. Чем больше станций и чем ближе приемник к станции, тем больше точность;
- дифференциальные фазовые измерения. Этот метод — одно из ответвлений дифференциального координирования, которое позволяет получить точность до 5—50 мм. Используется в землеустройстве, геодезии и связанных отраслях промышленности, а также находит применение в том числе и в лесном хозяйстве. Электронные карты с базой атрибутивных данных для таких объектов можно условно назвать локальным ГИС-проектом.

Особенностью работы с такими ГИС является то, что при создании или актуализации всей системы измерительная работа ведется по отдельным типовым объектам хозяйства относительно небольших размеров (например, квартал для лесного хозяйства). Подобная специфика предполагает, что устройства сбора геопространственных данных должны быть компактными и прочными, а также обеспечивать оперативный сбор данных высокой точности [94].

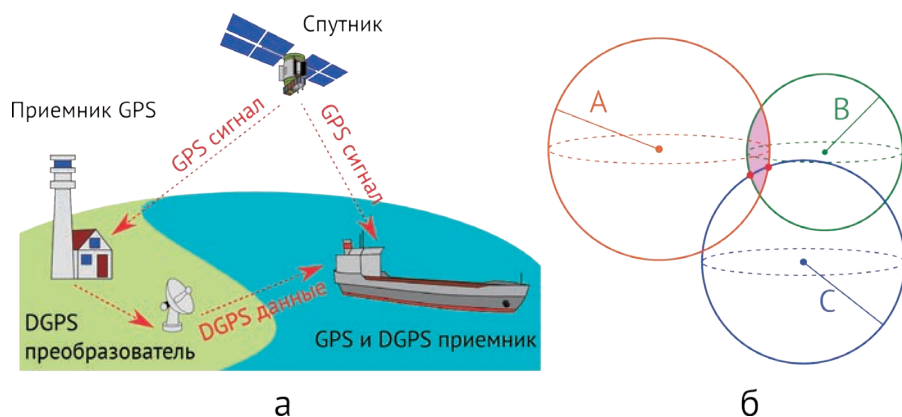


Рис. 3.2 Метод DGPS (а); определение координат приемника (б)

Для определения координат приемник принимает сигналы от нескольких спутников. Если известно расстояние A до одного спутника (рис. 3.2), то координаты приемника определить нельзя (он может находиться в любой точке сферы радиусом A , описанной вокруг спутника). Пусть известно расстояние B от второго спутника, но определение координат также не представляется возможным — объект находится где-то на окружности, которая является пересечением двух сфер. Расстояние C до третьего спутника сокращает неопределенность в координатах до двух точек и этого уже достаточно для однозначного определения координат, так как одна из точек «ложная» и находится или глубоко под землей, или высоко в небе. Таким образом, теоретически для трехмерной навигации достаточно знать расстояния от приемника до трех спутников. Но из-за неточной синхронизации часов приемника и спутника необходимо привлечь четвертый спутник для корректировки часов приемника с часами спутника [92].

3.1.9 Использование данных дистанционного зондирования в лесном хозяйстве

Для развития лесного хозяйства требуется достоверная и актуальная информация о состоянии лесного фонда, но зачастую актуальная и подробная лесоустроительная документация отсутствует. Проведение лесоустроительных работ достаточно трудоемко, поэтому возникает необходимость широкого внедрения методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

На сегодняшний день успешный опыт использования ДЗЗ в лесном хозяйстве имеют страны ЕС, что связано с мощной поддержкой со стороны государственных органов. Так, применение ежегодной космической съемки в Финляндии позволило сократить число нелегальных рубок с 10 до 2 %. В Швеции для оценки высоты деревьев, запаса стволов и распределения деревьев по размеру применяется лазерное сканирование и зондирование с использованием низкочастотного радара. Владельцы космических аппаратов и средств приема и обработки данных дистанционного зондирования (США, Канада, Япония, Франция) также широко используют методы ДЗЗ. В России также используется съемка высокого разрешения территории интенсивного лесопользования, но для лесных площадей большой страны этого пока явно недостаточно [95].

Дистанционное зондирование — это способы получения информации об объекте на расстоянии без вступления с ним в прямой контакт, т. е. без непосредственного контакта приемных чувствительных элементов аппаратуры с поверхностью исследуемого объекта. К методам дистанционного зондирования относятся все методы неконтактного получения информации. Под дистанционным зондированием поверхности Земли понимается наблюдение и измерение энергетических и поляризационных характеристик излучения объектов в различных диапазонах электромагнитного спектра с целью определения местоположения, вида, свойств и временной изменчивости объектов окружающей среды без непосредственного контакта с ним измерительного прибора. К методам ДЗЗ относится группа методов получения изображения земной поверхности с авиационных и космических летательных аппаратов. Таким образом, данные ДЗЗ — это, прежде всего, аэрофотоснимки и космические снимки поверхности Земли [96].

ДЗЗ в настоящее время решает множество гражданских задач и является крайне важным для лесного хозяйства — обеспечение защиты окружающей природной среды, разведка полезных ископаемых, кадастровый учет и иные направления деятельности. Мировой рынок данных ДЗЗ устойчиво развивается с ежегодным ростом на 10—14 %, что стимулирует развитие рынка ГИС-приложений и программных средств обработки данных. За последнее время существенно возросли объем, разнообразие и качество материалов, содержащих данные дистанционного зондирования Земли. К настоящему времени накоплен

огромный фонд космических снимков, почти полностью покрывающих всю поверхность Земли, значительные части районов имеют многократное перекрытие с разным разрешением [97].

Изучение значительных по площади территорий наземными методами требует огромных экономических и временных затрат, особенно если говорить о труднодоступных территориях, и это не позволяет добиться синхронности получения данных. Методы ДЗЗ лишены этого недостатка и позволяют накапливать данные о большой области земной поверхности за короткий промежуток времени, получая практически моментальный снимок. Например, с помощью сканера на геостационарном метеорологическом спутнике Meteosat изображение примерно четверти поверхности Земли формируется менее чем за полчаса [96]. Конечно, не стоит полагать, что ДЗЗ полностью вытеснит наземные наблюдения. Современные дистанционные средства и методы во многих случаях не позволяют получить все необходимые данные и требуют дополнения наземными наблюдениями. В связи с этим возникает задача совместного использования данных ДЗЗ (космических, авиационных) и данных наземных наблюдений таким образом, чтобы при минимальных затратах труда и средств получать максимально возможный объем информации [95].

К числу особенностей дистанционных методов относится значительное влияние атмосферы, через которую проходит сигнал со спутника. Например, наличие облачности, закрывающей объекты, делает их невидимыми в оптическом диапазоне. Но даже и при отсутствии облачности атмосфера ослабляет излучение от объектов. В радиодиапазоне возможно наблюдение Земли и сквозь облачность [98].

Данные ДЗЗ сразу поступают в цифровом виде (кроме некоторых аналоговых систем, выходящих из эксплуатации), что позволяет непосредственно использовать для их обработки современные компьютерные технологии. Цифровое изображение представляет собой матрицу чисел. Каждый элемент этой матрицы (пиксель) отвечает какой-либо характеристике (отражательной способности, температуре и т. д.) участка местности в определенной зоне электромагнитного спектра. Размер пикселя зависит от разрешения снимка. При обработке полученных данных происходят следующие операции:

- восстановление или коррекция;
- предварительная обработка;
- классификация;
- преобразование изображений;
- специализированная тематическая обработка.

На выходе получается обработанная цифровая информация в виде снимка поверхности Земли в определенном диапазоне [97].

Для решения задач лесного хозяйства нашли применение следующие методы ДЗЗ:

- а) аэросъемка;
 - в видимом диапазоне;
 - лидарный метод;
 - в тепловом диапазоне;
- б) космическая съемка:
 - в видимом диапазоне;
 - в тепловом диапазоне;
 - в микроволновом диапазоне;
 - в радио-диапазоне.

У каждого метода есть свои слабые и сильные стороны и в зависимости от задачи можно подобрать наиболее подходящий метод.

При выполнении лесоустроительных работ все большее применение в мире находят методы лазерного сканирования (лидарная съемка) леса.

Лидар (Lidar) — технология получения информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения и рассеяния света. Прибор состоит из излучателя (чаще всего лазера) и приемника. Излучатель направляет луч, этот луч отражается от объектов и улавливается приемником. По времени отклика и интенсивности рассеивания луча можно судить об объекте (рис. 3.3).

Так как Lidar обладает собственным источником света, то его можно применять в любое время суток (независимо от освещения). Помешать работе прибора может неблагоприятное состояние атмосферы: дождь, туман, дымка, низкая облачность [99].

Для проведения лазерного сканирования леса Lidar устанавливаются на самолете или вертолете, которые, пролетая над интересующим участком, делают серию измерений. Для определения точных координат воздушного судна используются система глобального спутникового позиционирования и базовые станции позиционирования на земле (рис. 3.4).

При лазерном сканировании формируется трехмерное облако точек (рис. 3.5), которые образуются вследствие отражения лазерного луча от поверхности земли и объектов, на ней расположенных (например, крон деревьев). Преимуществом Lidar является то, что лазерный луч, проникая сквозь полог леса до самой земли, сканирует все ярусы растительности с высокой точностью, позволяя получать трехмерные

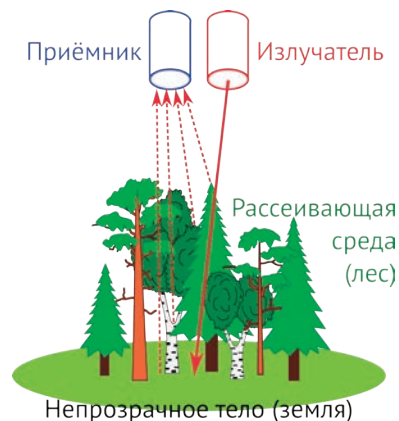


Рис. 3.3 Принцип действия Lidar

изображения отдельных деревьев. Кроме получения информации о лесе при сканировании Lidar можно получить цифровую модель рельефа местности [95].



Рис. 3.4 Лазерное сканирование поверхности земли

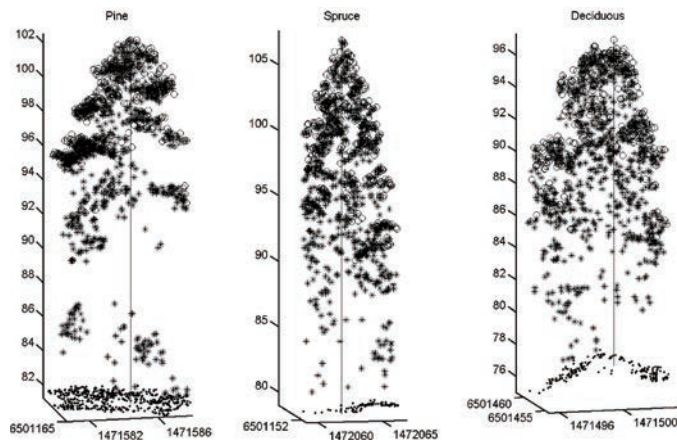


Рис. 3.5 Облако точек от сосны, ели и лиственного дерева [142]

Для повышения точности технологии после сканирования выявляют выделы с похожими характеристиками, группируют их, и специалисты проводят полевые измерения на одном из выделов группы (контрольном). Точность инвентаризации при помощи Lidar зависит от типа леса. Как правило, для областей с однородными древостоями характерна более высокая точность. По сравнению с традиционной технологией лесоустройства на основе полевых работ, лидарный метод

отличается меньшей трудоемкостью, высоким пространственным разрешением, хорошей точностью измерений и, благодаря стандартизированной информации, более удобен при управлении большими площадями лесопокрытой территории [99].

3.2 Обзор программного обеспечения, применяемого в лесном хозяйстве

3.2.1 Краткий обзор географических информационных систем

На рынке программного обеспечения существует значительное число разных программных продуктов, которые можно классифицировать как ГИС. Поэтому перед пользователем стоит выбор ГИС для решения задач предметной области.

Критериями выбора ГИС могут служить [78]:

- открытость системы;
- многофункциональность, удобство в работе;
- русификация программных продуктов;
- доступность по стоимости;
- возможность обмена данными с другими ГИС, интеграция с современными технологиями измерений на местности.

Геоинформационная система ТороL [104]

ГИС ТороL — адаптированная под задачи лесного хозяйства и лесоустройства программа, позволяющая решать весь комплекс работ с поведельными совмещенными таксационными и картографическими базами лесоустроительной информации. Программа разработана в Чехии (ТороL Software). В комплексе ТороL-L, кроме самой ГИС, присутствует программа «ЛесИС» (Лесная информационная система), которая обеспечивает комплекс работ с атрибутивными данными (таксационные описания, учет лесного фонда и т. п.). Программы могут работать раздельно.

В качестве пользователей программы могут выступать:

- лесоустроительные организации;
- лесничества центральные и участковые;
- региональные органы власти в области лесных отношений;
- арендаторы лесного фонда.

Интерфейс программы (рис. 3.6) ориентирован на отраслевые задачи, отличается простотой и функциональностью. Меню содержат только те пункты, которые необходимы данному пользователю — сотруднику лесной отрасли, остальные пункты могут быть «погашены».

Интерфейс спроектирован в одном стиле для рабочих мест любого уровня управления.

Программа поставляется в двух вариантах — для лесоустройства и для «лесного хозяйства». Версия 9.6 работает на любых версиях Windows 7 — 32 и 64 разряда и Windows SP3.

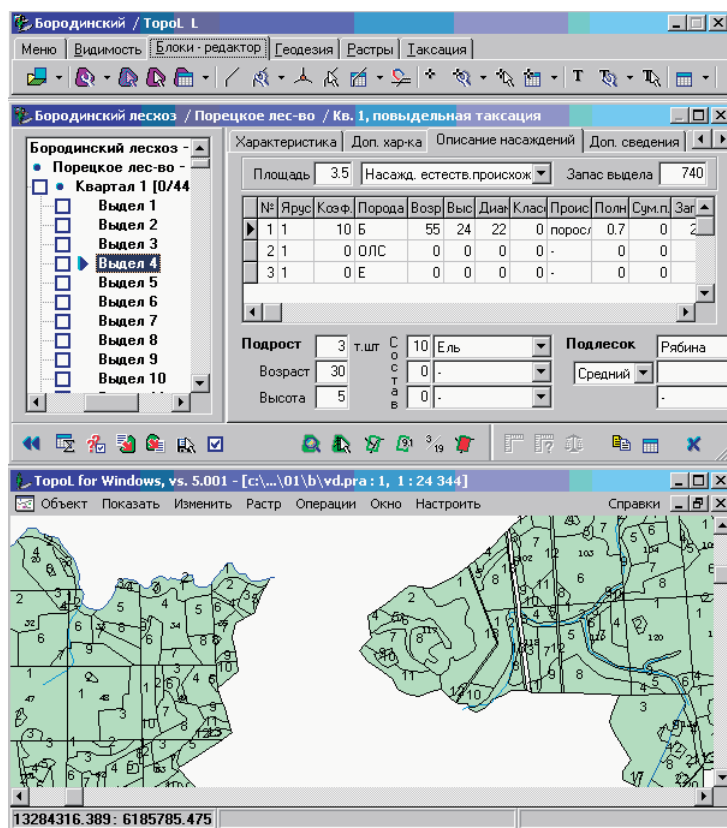


Рис. 3.6 Окно программы TopoL [104]

Программа позволяет просматривать атрибутивную информацию — таксационные описания выдела, поквартальные итоги, ГУЛФ по лесничествам и регионам. В любой момент возможен переход от атрибутивных данных к картографии. ГИС TopoL-L имеет мощную систему поиска информации. В зависимости от уровня базы данных поиск можно осуществлять по любым заданным условиям по регионам, лесничествам, кварталам, выделам. Сложность запроса ничем не ограничена, то есть в поиске может быть задействовано одновременно любое количество показателей. При этом можно сочетать разные показатели и разные условия отбора в одном запросе. Найденные результаты могут быть визуализированы на карте. В ГИС доступно формирование тематических карт с окраской регионов, лесничеств, кварталов или выделов по значениям любых показателей из базы данных. Возможно ведение базы

данных по арендаторам лесного фонда. Предусмотрен учет договоров, объемов запланированных и фактически выполненных работ [105].

Геоинформационная система «MapInfo Professional» [106]

Первая версия ГИС система MapInfo Professional была разработана в 1987 г. Сейчас система MapInfo Professional используется в 130 странах мира, переведена на 20 языков, включая русский, и установлена в десятках тысяч организаций. Благодаря простоте освоения и богатым функциональным возможностям, система MapInfo Professional стала одной из самых массовых ГИС. Сферы применения ГИС MapInfo: бизнес и наука, образование и управление, социологические, демографические и политические исследования, промышленность и экология, транспорт и нефтегазовая индустрия, землепользование и кадастр, службы коммунального хозяйства и быстрого реагирования, армия и органы правопорядка, а также многие другие отрасли хозяйства. Система MapInfo полностью русифицирована и позволяет корректно работать с русскоязычными данными, включая процедуры сортировки, индексации и запросов. В поставку русифицированной версии системы MapInfo (рис. 3.7) включены дополнительные инструменты, библиотеки топографических знаков, картографические проекции, используемые в России, и другие материалы.

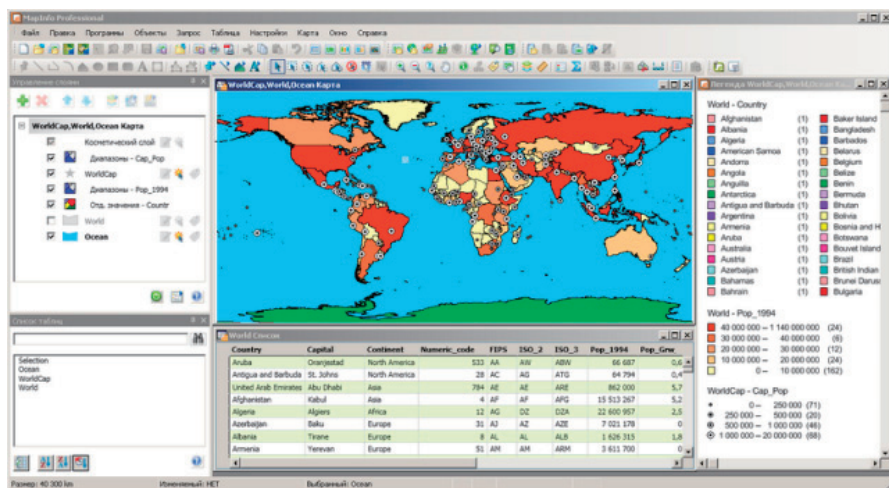


Рис. 3.7 Окно программы MapInfo [106]

Одной из особенностей программы MapInfo является наличие встроенного языка программирования MapBasic и возможность создавать свои настройки над программой. Например, MapInfo является основой автоматизированного компьютерного комплекса «ЛесГИС», разработанного Западно-Сибирским государственным лесоустроительным предприятием (Новосибирск).

Программный комплекс «ЛесГИС» [107] является приложением MapInfo, что диктует необходимость установки программы MapInfo

для работы с «ЛесГИС». Программный продукт «ЛесГИС» (рис. 3.8) позволяет получать актуальные данные о состоянии лесного фонда как в картографическом отображении, так и в части таксационной (атрибутивной) информации. В программе нет ограничений на размет территории — возможно работать как с одним кварталом, так и с лесничеством в целом. Программа может применяться работниками лесного хозяйства и арендаторами.

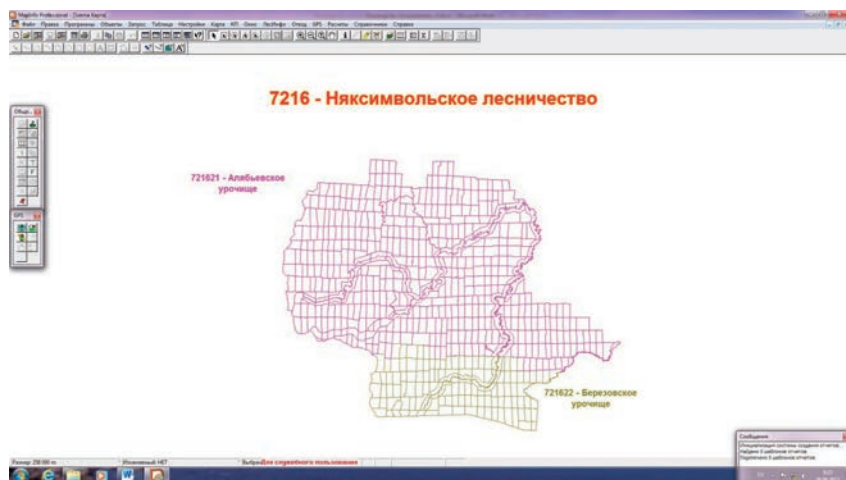


Рис. 3.8 Окно приложения MapInfo «ЛесГИС» [107]

Геоинформационная система WinGIS [108]

Программа WinGIS активно формировалась в период с 1993 по 2003 г., но после смерти владельца практически перестала развиваться, хотя она продается и даже выходят новые версии.

WinGIS — профессиональная ГИС, которая позволяет проводить полный комплекс работ по созданию и анализу электронных карт, включая оцифровку на дигитайзерах и по снимкам. Разработчик программы фирма Progis (Австрия). Программу отличает скорость работы; простота в изучении; универсальность и гибкость программных средств; генерация любых графических объектов, их точное позиционирование; построение сложных изображений; возможность совмещения на одном экране растровой и векторной информации. Большинство функциональных команд могут исполняться из приложения пользователя, написанного на любом языке программирования.

В России система WinGIS получила распространение в лесном хозяйстве и является основой лесоустроительной ГИС «ЛУГИС» (WinPLP), разработанной в Северо-Западном филиале ФГУП «Рослесинфорг» (ранее ФГУП «Севзаплеспроект») (рис. 3.9). В основе системы лежит информация карточки таксации (КТ-95+). Карточкой описывается наиболее полная и детальная характеристика таксаци-

онного выдела. Информация о лесных участках может агрегироваться во множество форм различных документов. Система содержит базовую инвентаризационную информацию о лесном фонде и обеспечивает процесс создания лесоустроительных проектов. Это система обработки данных как периодического, так и непрерывного лесоустройства [109].

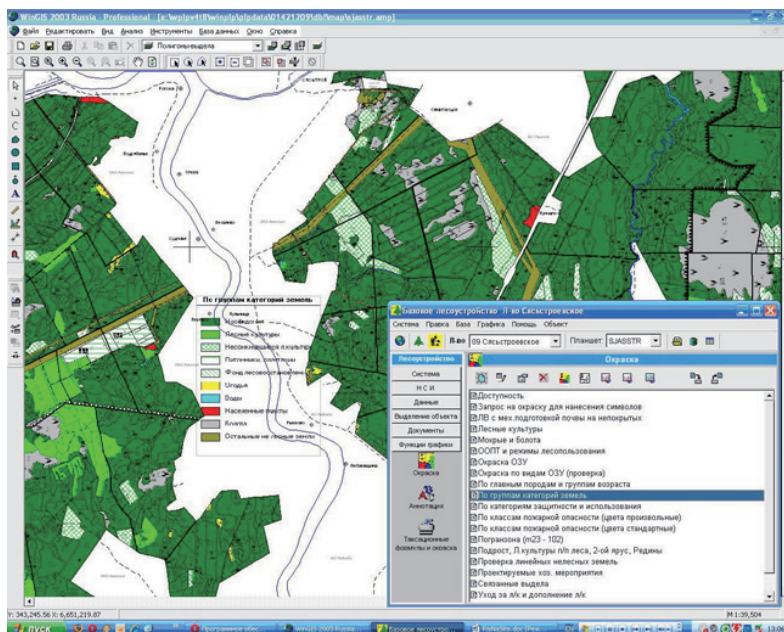


Рис. 3.9 Окно ГИС «ЛУГИС» (WinPLP) на основе программы WinGIS [109]

Геоинформационная система «ArcGIS» [110]

ArcGIS — это полнофункциональная масштабируемая геоинформационная платформа. В ArcGIS можно решать задачи сбора, визуализации, обработки и анализа пространственных данных через клиентское программное обеспечение любого уровня: в настольных, мобильных и web-приложениях. Работа может быть организована на отдельном рабочем месте, в корпоративной среде (от уровня рабочей группы до национального) и в «облаке». Настольные, серверные и мобильные продукты ArcGIS могут использоваться и как независимые компоненты, и в составе единой системы.

Мобильные продукты ArcGIS позволяют легко перейти от работы в офисе к выполнению полевых заданий с использованием тех же картографических материалов и инструментов для обработки данных. Мобильные ГИС-приложения — важнейший компонент поддержания актуальности базы данных корпоративной ГИС.

ArcGIS Desktop предоставляет профессиональный инструментарий для работы с географическими данными от создания и редактирования данных до анализа информации.

Серверная часть ArcGIS — это масштабируемая система, обеспечивающая централизованное управление геоданными, аэро- и космическими снимками, моделями процессов, web-сервисами и ГИС-приложениями.

ArcGIS позволяет визуализировать LIDAR-данные, проводить измерения, создавать поверхности с помощью различных методов интерполяции (рис. 3.10).

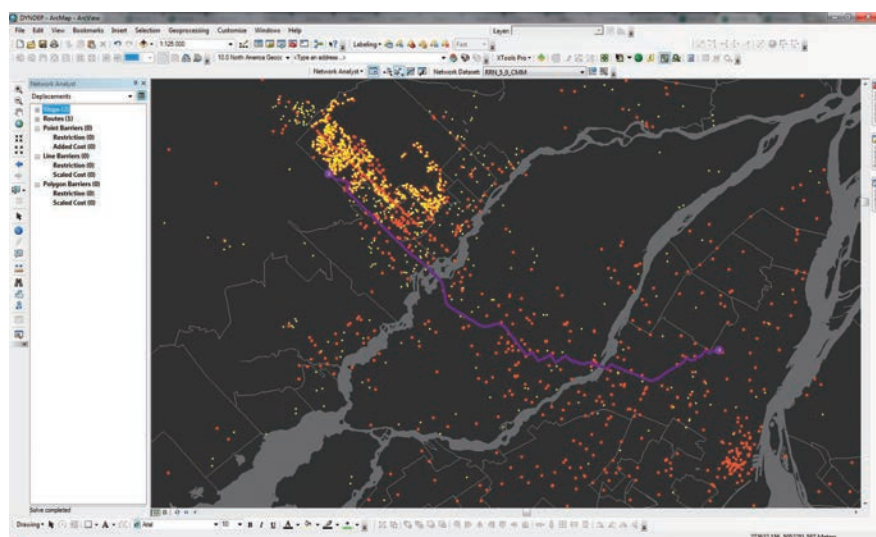


Рис. 3.10 Окно программы ArcGIS [110]

В настоящее время в Северо-Западном филиале ФГУП «Рослесин-форг» (ранее ФГУП «Севзаплеспроект») с использованием серверных технологий ArcGIS разрабатывается «Единая система автоматизированного учета лесов» (ЕСАУЛ) [111]. Назначение системы:

- создание централизованных лесных геоинформационных баз данных единого формата по выделам;
- автоматизация лесохозяйственного проектирования и планирования;
- поддержка актуальности информации;
- подготовка отчетности;
- обеспечение оперативного доступа пользователей к базам данных.

Пакет ГИС-программ «Лесфонд» [112]

Программа «Лесфонд» является универсальной ГИС для специалистов лесной отрасли. Для лесохозяйственников ГИС позволяет: вести повыдельную базу данных лесничества, регистрировать текущие изменения в лесном фонде, получать отчетные формы Гослесреестра и статистических документов, производить материально-денежную

и сортиментную оценку лесосеки, переводить земли из одной категории земель в другую, производить отчуждение земель из лесного фонда и их приемку с изменением границ и характеристик и т. д. (рис. 3.11).

Для лесопромышленников ГИС предлагает возможности: составлять ежегодную декларацию, выявлять выдела с максимальным запасом древесины, обчислять запас основной и сопутствующих пород, определять оптимальный вариант транспортировки древесины по лесным дорогам, делать материально-денежную и сортиментную оценку, планировать работу нижнего склада, производить отвод делянок в натуре, изготавливать технологическую карту лесосеки и т. д.

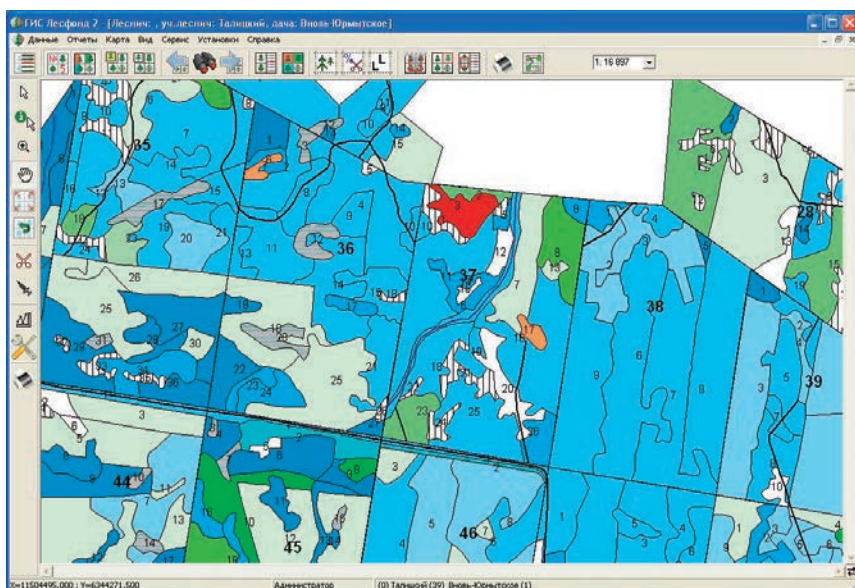


Рис. 3.11 ГИС-программа «Лесфонд» [112]

Программа может быть использована и лесоустроителями: производить нарезку лесосек и трасс, производить импорт данных из приемников GPS, оформлять и распечатывать карты, отслеживать ошибки в картографии и в таксационных данных, анализировать динамику изменения лесного фонда, экспорт и импорт данных из других программных продуктов.

Программа разработана в Екатеринбурге фирмой «ЛабМастер». Программный комплекс «Лесфонд» широко используется в учебных целях.

Геоинформационные системы Formar и «Лесные ресурсы» [113, 114]

ГИС Formar (Forest map — лесная карта) разработан в НПОДО «БелИнвестЛес» и представляет собой прикладной программный продукт (инструментарий), предназначенный для создания и функционирования ГИС «Лесные ресурсы» на уровне лесохозяйственного пред-

приятия, области (ПЛХО) или Республики Беларусь. Существует версия продукта под Windows и мобильная версия под Android.

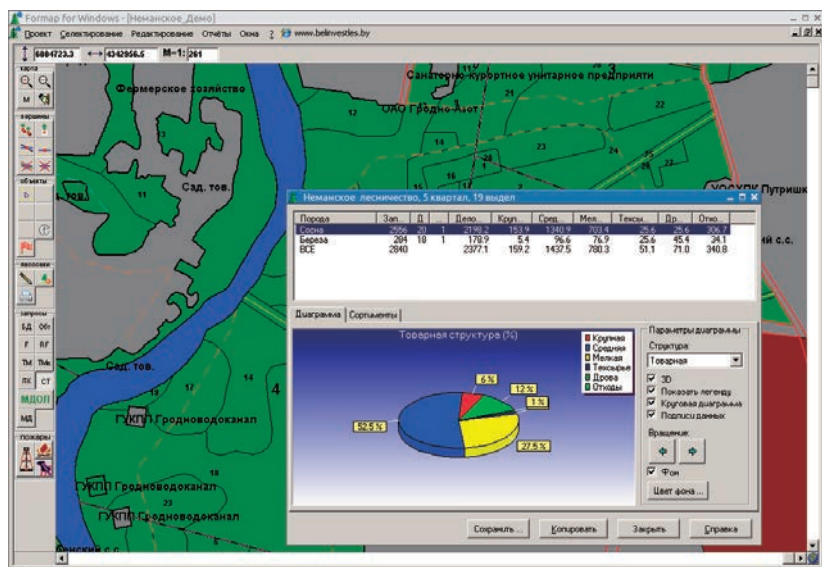


Рис. 3.12 ГИС-программа Formap [113]

ГИС «Лесные ресурсы» позволяет получать интегрированную картографическую и повыведельную информацию для решения практических задач: учет лесного фонда, текущее планирование рубок леса, лесовосстановление, противопожарные и лесозащитные мероприятия, создание тематических лесных карт; мониторинг лесов; внесение текущих изменений в лесном фонде; получение в автоматическом режиме различных отчетов.

Геоинформационная система NextGIS (QGIS)

ГИС Quantum GIS (QGIS) — это дружественная к пользователю географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом, распространяющаяся под лицензией GNU GPL. QGIS является проектом Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Она работает на Linux, Unix, Mac OSX, Windows и Android, поддерживает множество векторных, растровых форматов, баз данных и обладает широкими возможностями. QGIS имеет постоянно растущий набор возможностей, реализованных в ядре и модулях. Пользователь может визуализировать, управлять, редактировать и анализировать данные, готовить печатные карты [115].

Существует российская сборка программы QGIS с названием NextGIS, которая отличается адаптацией под российские условия и включает некоторые дополнительные функции, не входящие в код основного проекта [116].

Программа NextGIS используется (рис. 3.13) для создания ГИС для арендаторов лесного участка [117]. В ГИС могут содержаться объекты: дороги (с подразделением на зимние и круглогодичные), выдела с подробным таксационным описанием, кварталы, реки (с водоохранными зонами), минеральные полосы, аншлаги, промышленные площадки и другие объекты, необходимые для управления лесным участком. Кроме традиционного отображения лесных тематических карт в виде плана насаждений ГИС может быть использована для создания специальных карт, что вместе с таксационным описанием позволит более эффективно заниматься подбором лесного фонда, а также с помощью ГИС можно формировать печатные картографические материалы. ГИС позволяет совмещать лесоустроительную карту с космическими снимками.

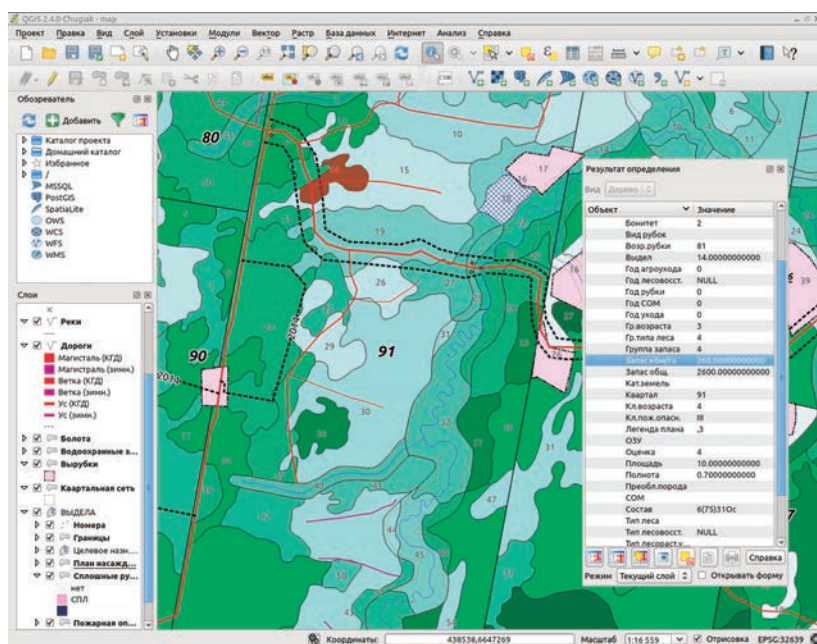


Рис. 3.13 Использование NextGIS/QGIS для решения задач лесной отрасли [117]

Геоинформационная система «ГеоГраф» [118]

Система «ГеоГраф» является одним из программных продуктов ГИС, разработанным Центром геоинформационных исследований Института географии РАН. Благодаря многоформатному ядру и возможностям импорта, ГИС «ГеоГраф» имеет возможность интегрировать данные практически из любых форматов и любых ГИС. В версии «ГеоГраф 2.0» появились функции: создание и редактирование топологических слоев, преобразование плоскости, работа с картографическими проекциями. Программа нашла применение для проведения лесоустроительных работ.

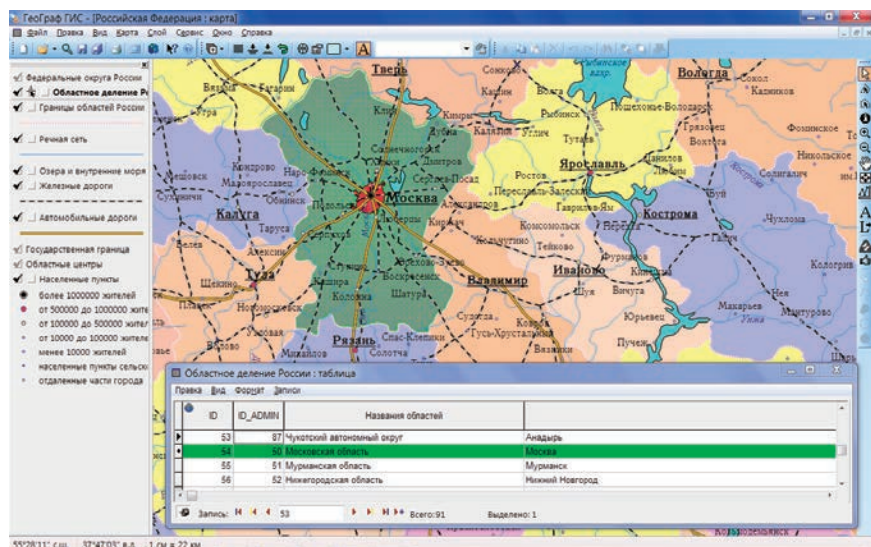


Рис. 3.14 Окно ГИС «GeoГраф 2.0» [118]

3.2.2 Программы-векторизаторы для GIS

Программы-векторизаторы служат для перевода растровой графики в векторную. При работе с картографической информацией также достаточно часто возникают задачи векторизации растровых изображений (например, сканированных бумажных карт, аэро- и космических снимков).

Программа-векторизатор Easy Trace [119]

Программа Easy Trace является отечественной разработкой. Пакет Easy Trace Pro (рис. 3.15) позволяет быстро и качественно векторизовать самые разнообразные картографические материалы и представляет собой целый арсенал утилит и инструментов, нацеленный как на извлечение данных из растров, так и на коррекцию уже существующих векторных данных. Программа разработана таким образом, что даже при ручной оцифровке оператор получает значительный выигрыш в скорости работы. Программа способна работать с реальными материалами: ксерокопиями, выцветшей цветной печатью, потертостями и т. д.

Текущая версия программы (Easy Trace Pro v9.6) является платной, но разработчик бесплатно предоставляет устаревшую версию (Easy Trace Pro v7.99).

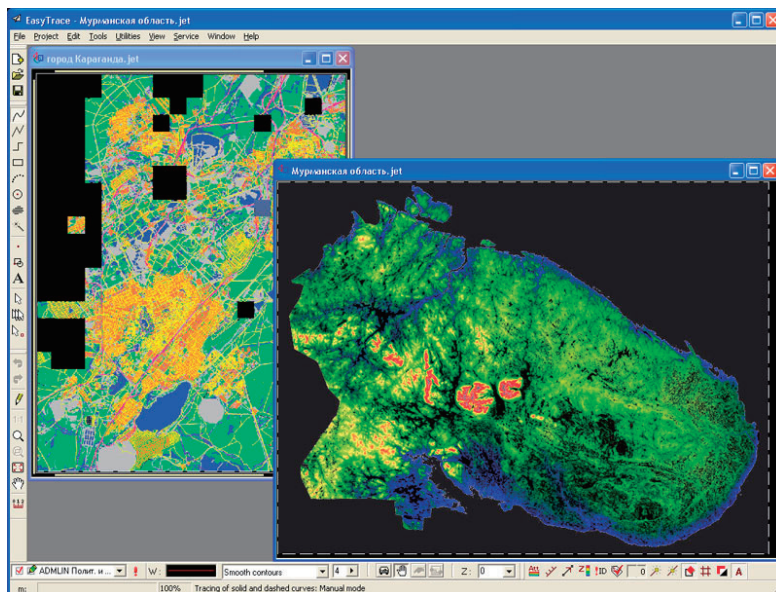


Рис. 3.15 Окно пакета Easy Trace Pro [119]

Программа-векторизатор MapEDIT [120]

Отечественный автоматизированный векторизатор графических данных MapEDIT предназначен для создания цифровых векторных карт по их растровым изображениям на экране компьютера и предлагает следующие возможности:

- преобразование сканированных изображений географических карт и планов в векторную форму: ручной, интерактивный и автоматический режимы;
- устранение искажений и редактирование растровых изображений;
- проверка топологии;
- поддержка географических проекций;
- импорт/экспорт векторных данных в форматы популярных ГИС.

Программа-векторизатор GeoDraw [121]

Программный продукт, разработанный Центром геоинформационных исследований Института географии РАН. Программа GeoDraw поддерживает построение корректной топологической и многослойной структуры пространственных объектов, идентификацию объектов и связывание их с базами атрибутивных данных, широкий спектр функций трансформации цифровых карт и растровых изображений для их дальнейшей интеграции в единые базы, работу с 40 картографическими проекциями, экспорт и импорт цифровых карт в различные форматы.

3.2.3 Программы для обработки данных дистанционного зондирования

В связи с широким применением дистанционного зондирования стали развиваться программные продукты, позволяющие обрабатывать и визуализировать данные, а также подготавливать данные к созданию цифровых карт.

Система PHOTOMOD [122]

Система разрабатывается отечественной компанией «Ракурс» и объединяет широкий набор программных средств цифровой обработки данных ДЗЗ, позволяющих получать пространственную информацию на основе изображений практически всех коммерчески доступных съемочных систем, таких как кадровые цифровые и пленочные камеры, космические сканирующие системы высокого разрешения, а также радары с синтезированной апертурой. Гибкость цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD заключается в ее модульности — система состоит из управляющей оболочки PHOTOMOD Core и 10 основных модулей.

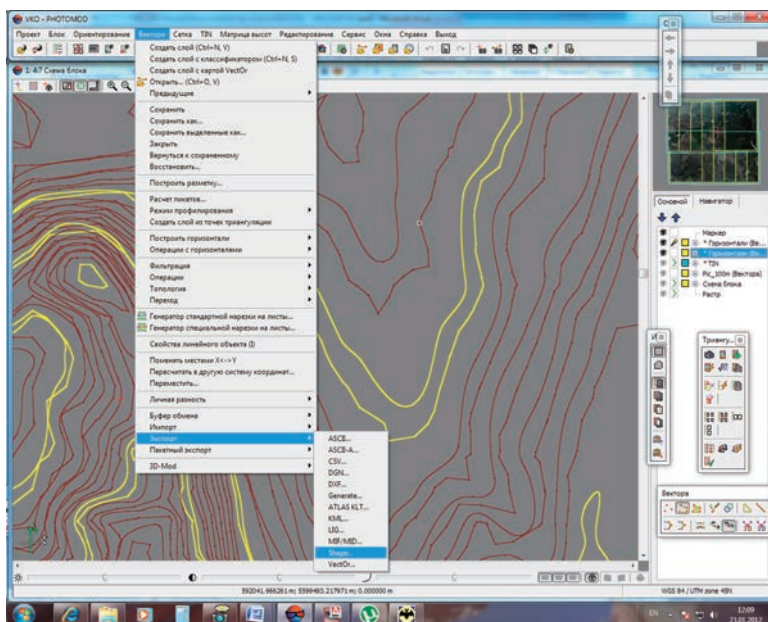


Рис. 3.16 Программа PHOTOMOD [123]

Существует бесплатная версия программы PHOTOMOD Lite с ограничительной функциональностью. Программа предназначена для знакомства с возможностями системы PHOTOMOD, выполнения тестовых проектов с данными пользователя и не предполагает коммерческого использования. Lite-версия позволяет выполнять небольшие фотограмметрические проекты (фотограмметрия — технология опреде-

ления объекта по фотоизображению), связанные с созданием ортофотопланов, цифровых моделей рельефа и векторных карт.

Программный комплекс ERDAS IMAGINE [124]

Комплекс ERDAS IMAGINE позволяет выполнять расширенный анализ данных ДЗЗ и пространственных моделей. Результаты работы могут быть представлены в 2D- и 3D-форматах, на картах и видеоматериалах. Возможности программы ERDAS IMAGINE могут меняться в зависимости от потребностей пользователя при создании геопространственных проектов: от IMAGINE Essentials до IMAGINE Professional. Для повышения производительности и увеличения возможностей обработки данных ДЗЗ доступны дополнительные специализированные модули.

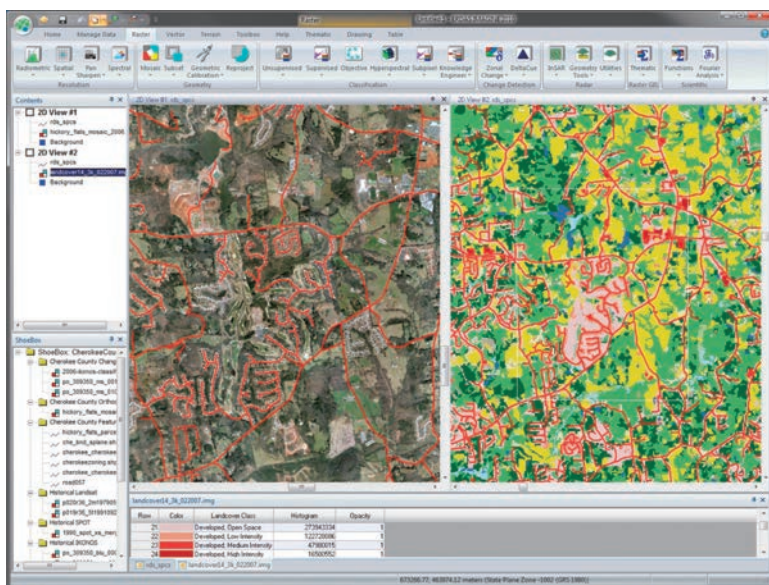


Рис. 3.17 Окно пакета ERDAS IMAGINE 2010 [125]

Программный комплекс ENVI [126]

Программный комплекс ENVI, выпускаемый американской корпорацией ITT Visual Information Solutions, содержит наиболее полный набор функций для визуализации и обработки данных ДЗЗ и их интеграции в геоинформационные системы. Программный комплекс содержит спектральные библиотеки и возможности для выполнения спектрального и топографического анализа, анализа растительности и классификации изображений.

Отличительной особенностью программного комплекса ENVI является открытая архитектура и наличие языка программирования IDL (Interactive Data Language), с помощью которого можно существенно расширить функциональные возможности программы для решения

специализированных задач: автоматизировать существующие алгоритмы, а также создавать собственные алгоритмы обработки данных и выполнять пакетную обработку данных ДЗЗ.

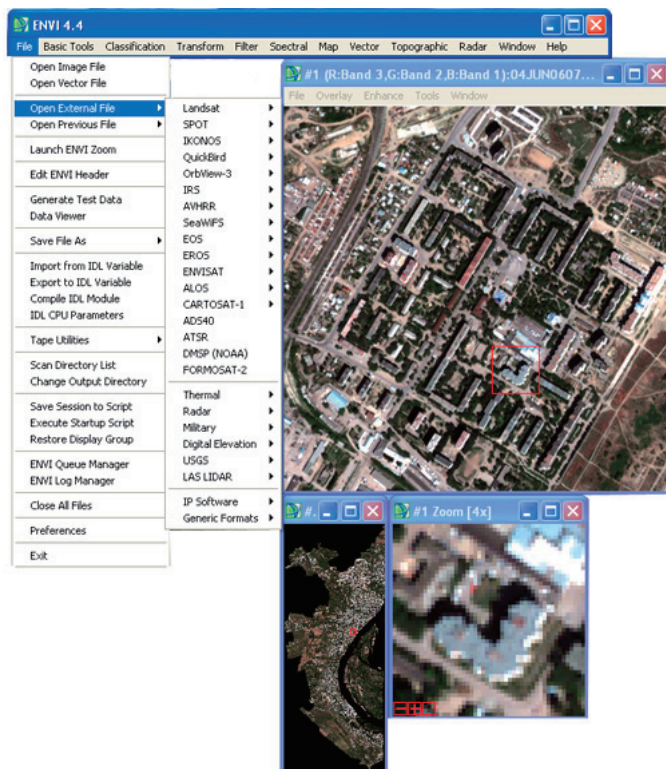


Рис. 3.18 Программный комплекс ENVI [126]

3.2.4 Краткий обзор программного обеспечения для имитационного моделирования

Для построения компьютерных имитационных моделей систем в настоящее время используются следующие подходы:

- «Дискретно-событийное моделирование» — использование в модели взаимодействия динамических объектов, формирующих заявки, и блоков объектов, обрабатывающих эти заявки. Динамическим элементом модели является транзакт — абстрактный объект, который перемещается между статическими элементами, воспроизводя различные события реального моделируемого объекта.

- «Системная динамика» — математическое описание систем дифференциальных уравнений, приведенных к форме Коши. Модель в подходе «Системной динамики» представляет структуру и поведение системы как множество положительных и отрицательных обратных связей и задержек.
- «Динамические системы» — описание системы соответствующей математической моделью, состоящей из набора переменных состояний и системы алгебродифференциальных уравнений. Отличается от «Системной динамики» наличием у переменных состояний прямого «физического» смысла (координат, скорости и т. п.).
- «Агентное моделирование» — модель представляется в виде множества отдельных активных объектов и взаимодействует с другими агентами и окружающей средой. В отличие от «Системной динамики» и дискретно-событийных моделей в агентном моделировании не определяется поведение системы в целом, а возникает как результат деятельности агентов, каждый из которых следует своим правилам и взаимодействует со средой и другими агентами.
- «Объединенный подход» — модель, включающая разные варианты подходов из вышерассмотренных.

Практически все программное обеспечение для имитационного моделирования разрабатывается для одного определенного подхода.

Для реализации подхода «Системная динамика» имеется целый ряд программных продуктов. Наиболее распространены следующие:

iThink Analyst фирмы High Performance Systems, Inc. — один из наиболее распространенных программных пакетов для моделирования с использованием подхода «Системная динамика».

Powersim Constructor — программа норвежской фирмы Powersim AG, реализует все необходимые функции для построения и анализа моделей, а также представления результатов моделирования. В отличие от программы iThink Analyst предоставляет более широкие возможности для осуществления обмена данными с другими приложениями на основе механизмов Microsoft DDE, OLE и ActiveX.

Дискретно-событийное моделирование в основном реализуется с помощью программных продуктов:

GPSSWORLD — язык моделирования, используемый для имитационного моделирования различных систем, в основном систем массового обслуживания. Система GPSS была разработана сотрудником фирмы IBM Джеффри Гордоном. Недостатком данного программного обеспечения является то, что в программе на языке GPSS достаточно сложно представить непосредственно процессы обработки данных на уровне алгоритмов. Кроме того, модель представляет собой программу, а значит, не имеет графической интерпретации, что затрудняет процесс разработки модели и снижает ее наглядность в целом [127].

SIMPROCESS — представляет собой иерархический инструмент моделирования, который сочетает отображение бизнес-процессов, моделирование дискретных событий и активностей. SIMPROCESS предоставляет готовые строительные блоки для построения динамических моделей бизнес-процессов, и в то же время основной язык выражений позволяет опытным программистам добавить более сложную бизнес-логику [128].

AutoMod — программа предназначена для детального анализа операций и потоков. В основном используется в производстве и системном анализе обработки материалов, хотя гибкая архитектура AutoMod позволяет использовать ее в широком диапазоне областей применения. Программа AutoMod является графическим инструментом моделирования программного обеспечения, который обеспечивает в масштабе 3D моделирование производства и распределения операций [129].

FlexSim — является мощным инструментом для моделирования, анализа, визуализации и оптимизации любых процессов — от производства до цепей поставки. Мощная 3D-графика Flexsim позволяет представить диаграммы и графики в динамическом отображении. Можно взаимодействовать с общими электронными таблицами и базами приложений для импорта и экспорта данных [130].

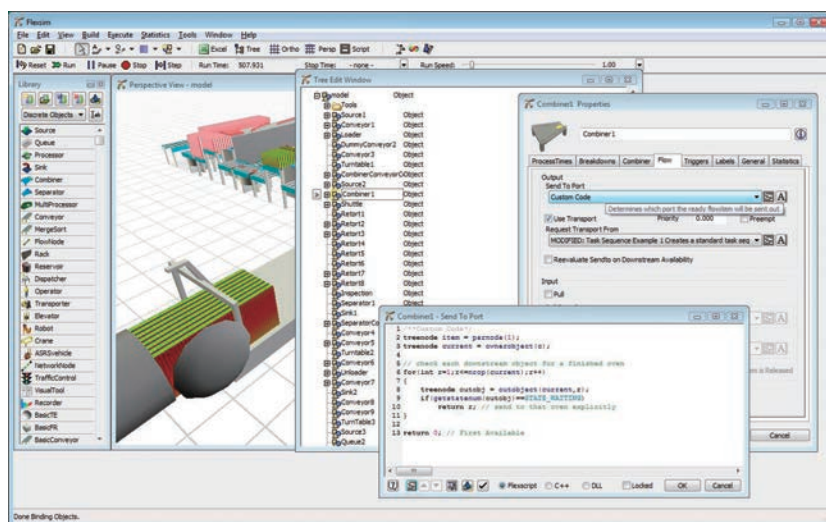


Рис. 3.19 Пример интерфейса Flexsim [130]

В качестве программных продуктов для подхода «Динамические системы» наиболее часто используются:

MATLAB — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноименный язык программирования, используемый в этом пакете.

VisSim — это визуальный язык программирования, предназначенный для моделирования динамических систем, а также проекти-

рования, базирующегося на моделях. VisSim сочетает характерный для Windows интуитивный интерфейс для создания блочных диаграмм и мощное моделирующее ядро. Язык разработан американской компанией Visual Solutions.

LabVIEW — это среда графического программирования, которую используют для быстрого создания комплексных приложений в задачах измерения, тестирования, управления, автоматизации научного эксперимента и образования. В основе LabVIEW лежит концепция графического программирования — последовательное соединение функциональных блоков на блок-диаграмме.

Для реализации подхода «Агентное моделирование» наиболее часто используется:

Repast — это интерактивная и простая в освоении Java-ориентированная система моделирования, которая предназначена для использования на рабочих станциях и небольших вычислительных кластерах. Repast включает множество шаблонов агента и примеров. Инструментарий предоставляет пользователям полную гибкость в определении свойств и поведении агентов. Repast является полностью объектно-ориентированной системой и включает параллельный дискретный

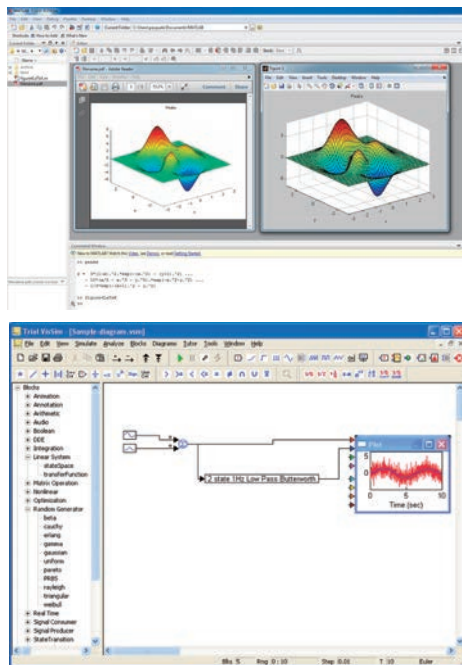
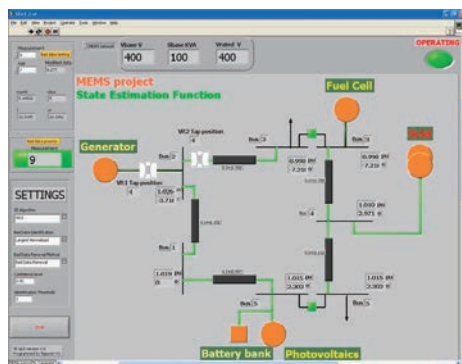
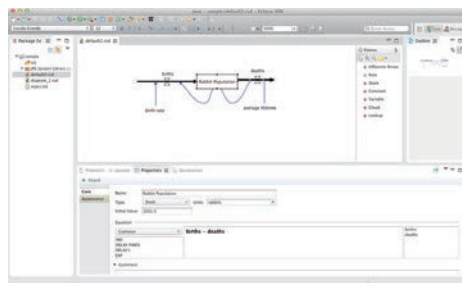


Рис. 3.20 Пример интерфейса MATLAB [131]
Пример интерфейса VisSim [132]



а



б

Рис. 3.21 Пример интерфейса LabVIEW (а) [133]
и интерфейса Repast (б) [134]

планировщик событий. Этот планировщик поддерживает как последовательные, так и параллельные дискретные операции и события. Repast имеет встроенный регистратор результатов моделирования и инструменты для построения графиков. Repast позволяет пользователям динамически получать доступ и изменять свойства агента, поведенческие уравнения агента и свойства модели во время моделирования. Repast может интегрироваться с географическими информационными системами.

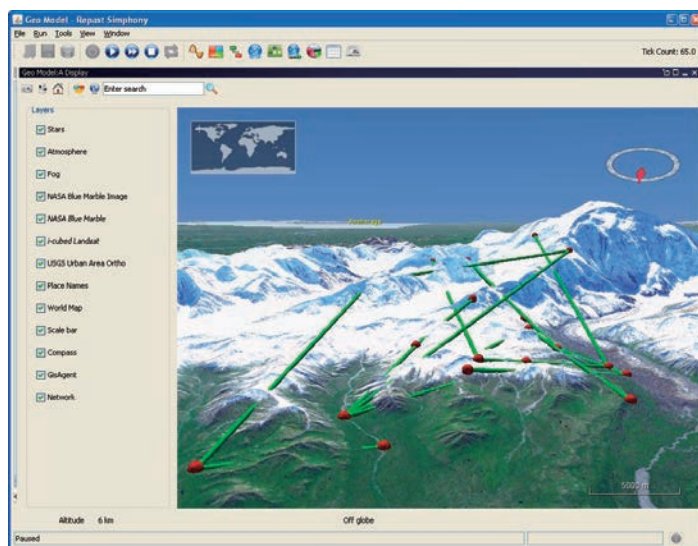


Рис. 3.22 Пример интегрирования Repast с ГИС [134]

Repast может быть использован не только для «Агентного моделирования», также и для «объединенного» подхода, так как включает встроенную модель динамики систем и имеет средства поддержки моделирования социальных сетей [134].

Для «объединенного» подхода используется программа AnyLogic.

AnyLogic — программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией The AnyLogic Company (бывшая «Экс Джей Текнолоджис»). AnyLogic — инструмент имитационного моделирования, который поддерживает все подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно динамически-агентный, а также любую их комбинацию. Гибкость и мощность языка моделирования, предоставляемого AnyLogic, позволяет учесть любой аспект моделируемой системы с любым уровнем детализации. Графический интерфейс AnyLogic, инструменты и библиотеки позволяют быстро создавать модели для широкого спектра задач от моделирования производства, логистики, бизнес-процессов до стратегических моделей развития компании и рынков (рис. 3.23).

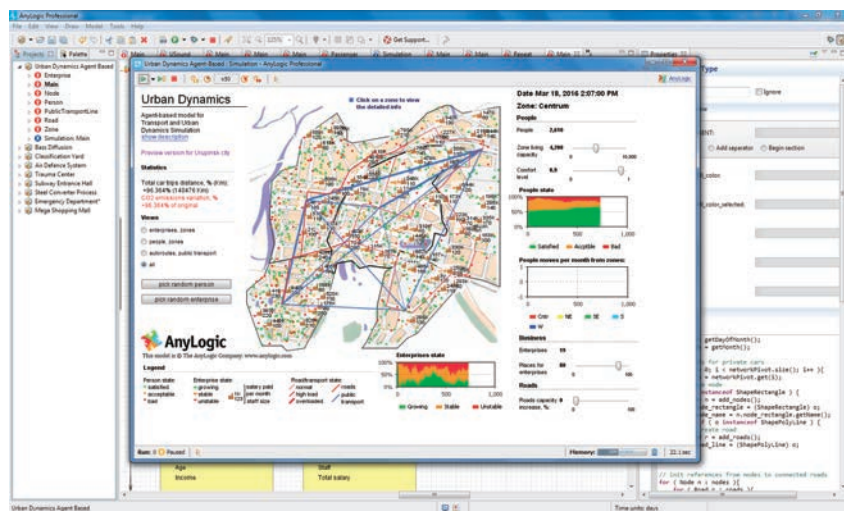


Рис. 3.23 Пример интерфейса AnyLogic [135]

Библиотеки на Java и C++ — используются для создания уникальных имитационных моделей различного назначения. Например, в ходе осуществления проекта «Новые трансграничные решения в области интенсификации ведения лесного хозяйства и повышения степени использования топливной древесины в энергетике», выполняемого в соответствии с программой добрососедства и партнерства KARELIA ENPI CBC, и проекта «Технико-экономическая и эколого-социальная оценка перспективности заготовки древесной биомассы для нужд местной энергетики с использованием логистического подхода и ГИС-технологий», выполняемого по заданию Минобрнауки в рамках Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012—2016 гг., в Петрозаводском государственном университете был выполнен детальный анализ различных вариантов организации производства древесного топлива в условиях ОАО «Ладэнсо» — крупного лесозаготовительного предприятия, оперирующего на территории Питкярантского и Сортавальского районов. Анализ выполнялся с помощью разработанного комплекса компьютерных программ, имитационная модель была создана в среде MapInfo с использованием для программирования языков MapBasic и C++, а также Microsoft Excel для формирования отчетов [136]. Цель описываемой работы заключается в оптимизации лесной логистической системы ОАО «Ладэнсо», моделировании ее функционирования и анализе полученных результатов с учетом внедрения производства топливной щепы, организации поставок древесного топлива на энергостанцию в Суоярви и при условии сохранения необходимых объемов поставок топлива традиционным потребителям.

3.2.5 Примеры программного обеспечения для поддержки принятия решений

Одной из систем планирования лесного хозяйства является программный продукт МОТТИ, разработанный в НИИ леса Финляндии (Metla) [137]. Программный продукт МОТТИ является инструментом анализа хода роста древостоя и системой поддержки принятия решений для лесного хозяйства [138]. В основе программы МОТТИ лежит компьютерная модель развития древостоя для условий Финляндии, позволяющая рассчитывать рост деревьев при различных сценариях ведения лесного хозяйства. Программный продукт МОТТИ распространяется бесплатно, но требует от пользователя программы бесплатной регистрации и налагает ограничения на распространение результатов моделирования, полученных с помощью программы МОТТИ [139].

3.3 Применение программы МОТТИ в учебном процессе лесных специальностей

3.3.1 Назначение программного продукта МОТТИ

Программный продукт МОТТИ — это инструмент анализа уровня древостоя и система поддержки принятия решений для управления лесным хозяйством. Программа позволяет рассматривать альтернативные планы лесохозяйственных мероприятий, что облегчает принятие решения, позволяющего получить больший выход деловой древесины при меньших затратах на лесовыращивание.

В основе программы МОТТИ лежат имитационные модели хода роста древостоя, которые позволяют моделировать развитие древостоя под воздействием различных лесохозяйственных мероприятий [140].

Программа моделирует развитие древостоя и назначает мероприятия в соответствии с рекомендациями Центра развития лесного хозяйства Финляндии [141], разработанными в 2006—2007 гг. В качестве критерия назначения сплошнолесосечной (финальной) рубки выступает средний диаметр деревьев в древостое. В программе содержатся данные службы Metlan MetInfo по ценам древесины на корню и затратам по лесохозяйственным мероприятиям.

Программа разрабатывалась для финских лесопользователей и поэтому учитывает правила, нормативы, термины и классификации, применяемые в Финляндии. Использование не адаптированной версии программы затруднено из-за отсутствия локализации на русский язык.

3.3.2 Описание возможностей программы

Главное окно программы МОТТИ (рис. 3.24) функционально разделено на две части по вертикали: в левой части находятся элементы управления, а правая часть предназначена для вывода процесса моделирования.

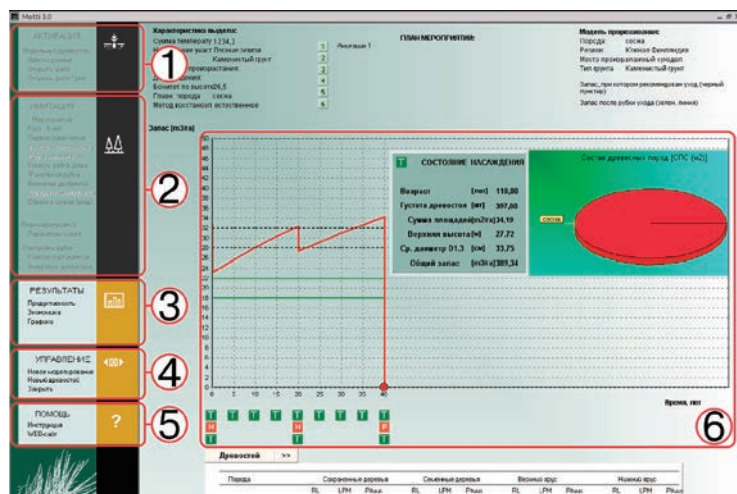


Рис. 3.24 Главное окно программы МОТТИ: 1 — блок ввода данных и открытия файлов; 2 — блок ручного моделирования хода развития древостоя и назначения лесохозяйственных мероприятий; 3 — блок обработки результатов; 4 — блок начала следующего моделирования или закрытия программы; 5 — блок справки и помощи; 6 — часть окна для вывода результата

Программа позволяет ввести исходные данные нового древостоя или открыть данные, введенные ранее, для создания модельного древостоя. Программа МОТТИ позволяет моделировать выращивание сомкнувшегося древостоя, а также моделировать восстановление леса сразу после рубки с естественным и искусственным восстановлением (посев, посадка). После создания модельного древостоя пользователь может имитировать развитие древостоя и рассмотреть воздействие различных мероприятий на рост древостоя. В этом блоке пользователь может назначать лесохозяйственные мероприятия для модельного древостоя.

В программе доступны три режима моделирования:

- а) «Автоматический режим назначения лесохозяйственных мероприятий». Данный режим позволяет произвести моделирование хода развития древостоя без вмешательства пользователя. Программа сама назначает план лесохозяйственных мероприятий и сроки финальной рубки, основываясь на характеристиках древостоя и практических рекомендациях по управлению частными лесами Финляндии, которые были разработаны в Центре

развития лесного хозяйства Финляндии Таріо. В качестве критерия назначения финальной рубки выступает средний диаметр деревьев в древостое.

- б) «Моделирование согласно пользовательским предпочтениям». В этом режиме пользователь устанавливает характеристики и границы мероприятий и финальной рубки, а программа назначает сроки и количество мероприятий, пытаясь предложить наиболее оптимальный план мероприятий. Этот режим является промежуточным между полностью автоматическим и ручным режимом назначения лесохозяйственных мероприятий.
- в) «Ручной режим назначения лесохозяйственных мероприятий». Этот режим позволяет пользователю полную свободу в планировании лесохозяйственных мероприятий, их сроков и количества. Моделирование развития происходит с шагом 1—5 лет. По мере развития древостоя пользователь назначает мероприятия и программа моделирует их воздействие на древостой. В ручном режиме пользователю доступны следующие мероприятия:
- первые осветления;
 - уход за молодняками (осветления и прочистки — некоммерческие рубки ухода);
 - рубка семенных деревьев;
 - коммерческие рубки ухода (прореживания и проходные);
 - финальная рубка (сплошнолесосечная);
 - внесение удобрений;
 - дополнительные мероприятия по гидролесомелиорации;
 - обрезка сучьев.

Программа позволяет проверить на одном древостое сразу несколько вариантов, например, сравнить результат назначенных пользователем мероприятий с результатом развития древостоя без ухода и с результатом ухода по рекомендациям, заложенным в программу.

Пользователю доступны подробные сведения о результатах моделирования в виде таблиц и диаграмм, а также имеется возможность сравнить продуктивность и экономическую эффективность разных вариантов ухода за одним и тем же модельным древостоем.

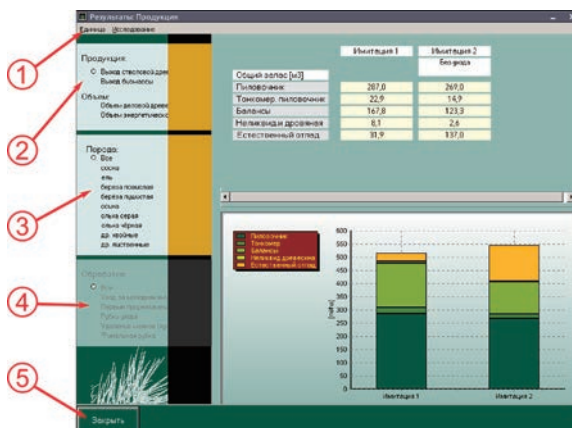
Программа МОТТІ позволяет учитывать возможность применения древесины в качестве сырья для биоэнергетики. Пользователь может установить минимальный диаметр деревьев, которые программа будет рассматривать как источник биомассы для нужд биоэнергетики, а также может отметить, какие части дерева и от каких лесохозяйственных мероприятий будут использоваться как сырье для производства биотоплива.

Рис. 3.25 Результаты:
а — окно «Результаты:
продукция»

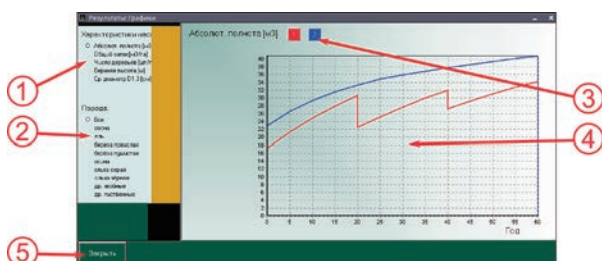
(1 — меню окна;
2 — выбор продукции;
3 — выбор породы;
4 — выбор лесохозяй-
ственного мероприя-
тия; 5 — кнопка за-
крытия окна);

б — окно «Результаты:
графики»

(1 — пункты выбора
характеристики дре-
востоя; 2 — выбор
конкретной породы
или всех пород, по ко-
торым строятся гра-
фики; 3 — кнопки
отображения на гра-
фиках определенного
плана мероприятий
(имитаций); 4 — гра-
фики; 5 — кнопка за-
крытия окна)



а



б

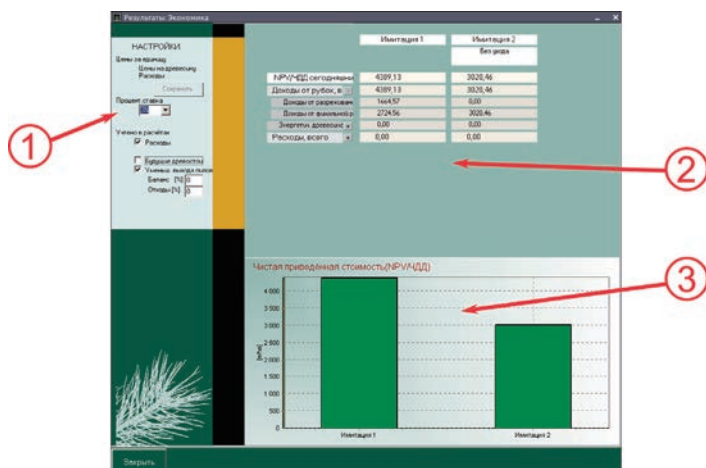


Рис. 3.26 Основное окно «Экономика»:

1 — панель настроек с управляющими элементами; 2 — табличные данные с результатами моделирования; 3 — диаграммы с результатами

3.3.3 Использование программы в учебном процессе

Будущий специалист лесного комплекса должен быть знаком с современными информационными технологиями и уметь применять компьютерные инструменты для решения различных практических задач лесной отрасли. Для задачи внедрения таких инструментов в учебный процесс следует выбирать программный продукт, который не требует каких-то специальных компьютерных знаний, имеет невысокие системные требования и простой графический интерфейс, что позволит обучающимся его легко осваивать.

Применение такого инструмента, как МОТТИ, в учебном процессе позволяет:

- познакомить на примере МОТТИ с целым классом программных продуктов, применяемых при лесном планировании и прогнозировании;
- закрепить теоретические основы развития древостоя и его ключевые таксационные показатели;
- самому выбирать лесохозяйственные мероприятия, назначать сроки их выполнения, а дальше наблюдать за результатом воздействия на древостой в ходе имитационного эксперимента;
- производить анализ получившихся результатов и оценивать, на сколько верно были назначены мероприятия.

Контрольные вопросы для самоподготовки и закрепления материала

1. Цели и задачи современных информационных систем в лесной отрасли.
2. Классификация информационных систем по виду решаемых задач.
3. Классификация информационных систем по уровню (масштабу).
4. Цели применения ГИС в лесной отрасли. Назовите примеры программных продуктов, применяемых в лесной отрасли.
5. Применение информационных систем для планирования.
6. Цели и задачи применения систем поддержки принятия решений в отрасли.
7. Применение систем спутникового позиционирования в лесной отрасли.
8. Использование ДЗЗ в лесном хозяйстве.
9. Какая модель называется имитационной?
10. Какие существуют подходы имитационного моделирования?
11. Назовите примеры программных продуктов, применяемых при построении имитационных моделей.
12. Цели и задачи программного продукта МОТТИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ РАЗВИТИЯ ИНТЕНСИВНОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ

Несмотря на известные преимущества перехода на интенсивную модель ведения лесного хозяйства, в России существуют определенные препятствия для ее внедрения и развития. Анализ источников, личный опыт авторов и наблюдения за развитием лесного хозяйства в России позволили сформулировать следующие проблемы, препятствующие развитию интенсивного лесного хозяйства.

Жесткая система планирования и контроля над выполнением норм и правил

Для ведения и организации лесозаготовительной деятельности подбирается лесной участок, свободный от аренды, проводится лесной аукцион, заключается договор аренды и разрабатывается проект освоения лесов. Вертикальная система планирования «сверху вниз» не позволяет лесопользователю назначать необходимое мероприятие непосредственно на местах, оценив ситуацию при полевом осмотре лесного участка. Любое изменение проекта освоения лесов должно согласовываться и сопровождаться государственной экспертизой, что занимает длительное время и вызывает дополнительную бумажную работу. Контроль со стороны государства осуществляется в основном по нормам, а не по целесообразности и эффективности назначенных мероприятий. Есть требования создать запланированный объем культур, поставить аншлаги, сделать минерализованные полосы, провести рубки ухода, и арендатор обязан найти площади под эти мероприятия, даже если их нет или их проведение нецелесообразно. Жесткая система планирования практически не позволяет лесопользователю отходить от установленных нормативов и плановых показателей. Иногда складывается впечатление, что в существующей системе лесоуправления государство не доверяет квалифицированным лесным специалистам, которые могут принять более грамотное решение на месте в лесу, чем соблюдение шаблонных для всех условий, обязательных требований и правил.

Отсутствие достоверной информации о состоянии лесного фонда

Для организации ведения интенсивного лесного хозяйства необходимо оценить качество проведенного на нем лесоустройства. Одной из проблем в организации лесозаготовительного производства в России являются устаревшие материалы лесоустройства, неточная их актуализация и, как следствие, расхождение заявленных характеристик участка с фактическим состоянием. Например, запас леса, породный состав и другие характеристики таксационного описания могут не соответствовать действительности. Расчет пользования (допустимого изъятия лесных ресурсов) также может быть завышен, его освоение будет вести к истощению лесных ресурсов и снижению плановых показателей объемов заготовки, а следовательно, к изменениям в договорах поставок по дальнейшей переработке древесины. Инвестор, как арендатор, может провести лесоустройство за свой счет. Но возможны бюрократические препятствия со стороны представителей власти в утверждении полученных данных, особенно если полученные показатели ведут в сторону снижения от заявленных ранее. Например, снижение расчетной лесосеки по лесному участку ведет к уменьшению арендных платежей, необходимости внесения изменений в лесохозяйственный регламент лесничества и лесной план субъекта, ухудшению показателей отчетности и др. Отсутствие актуальной и достоверной информации о лесных ресурсах и ее периодического обновления препятствует эффективному, многоцелевому использованию лесных ресурсов.

Отсутствие экономического обоснования лесохозяйственных мероприятий

Арендатор должен вести деятельность согласно проекту освоения лесов, в основе которого зачастую лежат устаревшие материалы лесоустройства и экономически необоснованные показатели выполнения лесохозяйственных мероприятий. В материалах классического лесоустройства отсутствует оценка экономической составляющей назначенных мероприятий, поэтому арендатору остается только суммировать все затраты по необоснованным с экономической точки зрения мероприятиям и соотносить их с выручкой от заготовки в объеме расчетной лесосеки. Первичная документация планирования не учитывает разрозненность лесфонда, наличие экономически недоступных лесов, состояние дорожной сети, наличие низкобонитетных насаждений, сезонность лесозаготовок, малый запас леса в выделе, нормативы интенсивности по выборочным рубкам, целесообразность назначения лесовосстановительных мероприятий и др. В итоге, на первый взгляд, лесной участок может содержать хорошие средние показатели, но организация лесозаготовительного производства будет низкорентабельной. В этом одна из основных причин того, что расчетная лесосека в Карелии осваивается не полностью. Отсутствие экономики в проекте освоения лесов заставляет арендатора переносить все затраты, в первую очередь, на заготовку, а потом остатки перераспределять на другие лесохозяй-

ственные мероприятия, при этом в первую очередь на те, за невыполнение которых штрафуют. Например, сделать посадку надо обязательно, а на последующем уходе можно и сэкономить, что совершенно не сочетается с принципами интенсивного лесного хозяйства.

Отсутствие гарантий при планировании в долгосрочной перспективе

По российскому лесному законодательству леса с целью заготовки древесины передаются на срок от 10 до 49 лет. Для ведения устойчивого лесного хозяйства, связанного с непрерывным лесопользованием за счет лесовосстановления, проведения ухода за лесом, строительства дорог, эти сроки являются недостаточными, учитывая, что оборот рубки составляет по хвойному хозяйству более 100 лет. Так как лесной участок можно получить только через аукцион, то существуют риски потерять лесной участок с вложенными в него инвестициями по окончании срока аренды, проиграв очередной аукцион. С одной стороны, Лесной Кодекс позволяет продлевать срок аренды, при условии выполнения всех требований договора аренды. Но хотя преимущественное право аренды закреплено в лесном законодательстве, механизм этого процесса государством не установлен и нет гарантий, что аренда будет продлена. В настоящее время рассматривается законопроект о возможности продления договора аренды лесного участка. Также возможны случаи изъятия части арендованного участка на нужды государства (строительства федеральной трассы, линии электропередач, газотрубопроводов и др.). Так как участки находятся на землях лесного фонда и принадлежат государству, то зачастую мнение арендаторов не учитывается, а лесные участки переводят в другие категории. В этом случае арендатор обязан внести изменения как в разрешительные документы (договор аренды, проект освоения), так и, возможно, в организацию лесозаготовительной деятельности (дислокацию мест рубок, в планы по строительству дорог, объемы заготовки). Найти равнозначный участок, скорее всего, будет трудно, так как все лучшие территории уже поделены между арендаторами.

Необоснованные нормативы по рубкам ухода и лесовосстановлению, а также отсутствие регионального подхода в их назначении

Наблюдая за развитием лесопромышленного комплекса, можно отметить, что интенсивным лесным хозяйством, в первую очередь, стремятся заниматься крупные компании, ощущая с каждым годом дефицит доступных лесных ресурсов. Часто оказывается, что использование существующих нормативов по лесовосстановлению и уходу за лесом не позволяет достичь целей интенсивного лесного хозяйства. Например, из-за низкой интенсивности выборки на рубках ухода деревья вырубаются в основном на волоках, а пасака остается практически не тронутой, поэтому лесоводственный эффект от такого ухода нулевой и относительно высоки затраты на заготовку. Существующие Правила лесовосстановления (2007) сдерживают переход на технологии

интенсивного лесовыращивания, предъявляя жесткие требования к первоначальной густоте культур, прямолинейности и параллельности их рядов, которые в условиях Карелии, где распространены завалуненные малоплодородные почвы, часто невыполнимы [27]. Здесь же можно отметить, что нормативная база разработана для всей территории страны [14, 39, 42, 69, 70, 71], а природные условия к нормативам разработаны для районов, распределенных на девять групп. Для сравнения с Финляндией, площадь которой в 50 раз меньше России, рекомендации для ведения хозяйства разработаны для 4 климатических районов.

Косвенная система измерения таксационных показателей

Основным лесохозяйственным нормативом при назначении интенсивности рубок ухода и контроля над их выполнением является относительная полнота насаждения. Этот показатель оценивается через косвенные измерения, требующие дополнительных расчетов на основе таблиц «нормального» древостоя. Опытные специалисты определяют полноту при глазомерной таксации. В итоге оценка таксационных показателей до и после рубки становится сложной задачей, субъективной и с большим разбросом точности. Более понятны, точны и легче инструментально подтверждаемы такие показатели, как абсолютная полнота, высота древостоя и количество стволов. Использование перечисленных показателей позволяет быстро и точно контролировать свою работу исполнителю (оператору харвестера, вальщику, мастеру леса), проводить объективную оценку контролирующим органам, а также осуществлять мониторинг за последующим развитием древостоя.

Малая плотность дорог круглогодичного действия

Для ведения интенсивного лесного хозяйства необходима развитая дорожная сеть круглогодичного действия. Из-за низкой плотности дорог арендаторы часто используют «зимники» и вынуждены распределять лесфонд на зоны зимнего и летнего освоения. В итоге, когда в летний период необходимо выполнять мероприятия по интенсивному лесному хозяйству, большинство лесных участков недоступны, так как зимние дороги становятся непригодными для эксплуатации.

Отсутствие спроса на низкосортную тонкомерную древесину

Рубки ухода за молодняком априори не рентабельны. Снизить затраты на их проведение возможно за счет использования заготовленной тонкомерной древесины, например в энергетических целях. Это также позволит обеспечить энергетическую независимость региона от других видов топлива (газа, угля, мазута), развивать местную социальную инфраструктуру и снизить воздействие на окружающую среду.

Отсутствие государственной поддержки для ведения интенсивного лесного хозяйства

Так как леса в России принадлежат государству, то очевидно, что оно должно в первую очередь быть заинтересованным в развитии интенсивного лесного хозяйства. Но, несмотря на периодические заяв-

ления государства о необходимости перехода на интенсивные методы ведения лесного хозяйства, предпосылок для этого так и нет. Например, в Финляндии осуществляется частичная компенсация затрат на строительство дорог, уход за лесом, лесовосстановление.

Нарушение принципов рубок ухода

Основная цель рубок ухода — получить качественный древостой к определенному возрасту (возрасту рубки) за счет создания благоприятных условий для оставляемых деревьев. Иногда лесопользователь нарушает этот принцип и ведет лесохозяйственную деятельность в виде проходных рубок ухода путем заготовки лучших деревьев, что позволяет раньше установленного возраста прийти в лес и получить более высокий доход. Но такой подход приведет к ухудшению качества и уменьшению запаса леса к моменту основной рубки.

Неэффективная кадровая политика государства

С принятием в 2006 г. нового Лесного Кодекса были ликвидированы лесхозы, которые играли существенную роль в занятости населения лесных поселков. Многие квалифицированные специалисты ушли из лесного хозяйства, была разрушена отлаженная система охраны лесов от пожаров и незаконных рубок леса. Сокращение численности лесничих и загруженность их постоянной «бумажной» работой для отчетности практически не позволяют им посещать лесные участки и контролировать деятельность арендаторов, не говоря уже про неарендованную территорию, которая, можно сказать, осталась «беспризорной». Среди населения, в том числе и студентов, упал престиж лесной профессии. Малая популяризация лесного дела, низкие зарплаты, отсутствие производственного опыта работы, потеря преемственности поколений вынуждает студентов после окончания учебы идти работать в другие места, не связанные с лесной промышленностью.

Сохранение биоразнообразия

При ведении интенсивного лесного хозяйства нельзя забывать об экологии. В организацию лесозаготовительного производства должны быть включены элементы системы природоохранного планирования, направленные на сохранение флоры и фауны, в том числе редких и исчезающих видов [27].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варфоломеев, Л. А.* Почвенная экология лесных культур на Севере / Л. А. Варфоломеев, Р. В. Сунгуров ; СевНИИЛХ. Архангельск, 2007. 291 с.
2. *Гроздова, Н. Б.* Береза / Н. Б. Гроздова. Москва : Лесн. пром-сть, 1979. 78 с.
3. Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов Российской Федерации за 2012 год. 123 с.
4. *Казимиров, Н. И.* Ель / Н. И. Казимиров. Москва : Лесн. пром-сть, 1983. 80 с.
5. *Крутов, В. И.* Грибные болезни древесных пород : учебное пособие / В. И. Крутов, И. И. Минкевич ; КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2002. 196 с.
6. *Куусела, К.* Динамика бореальных хвойных лесов / К. Куусела. Хельсинки : Metsateollisuus, 1991. 210 с.
7. *Маркова, И. А.* Лесокультурное дело на Северо-Западе России : в 2 ч. Ч. 1. 180 с. ; Ч. 2. 112 с. / И. А. Маркова ; СПбГЛТУ. Санкт-Петербург, 2013. 180 с.
8. *Маркова, И. А.* Подготовка почвы под лесные культуры в таежной зоне СССР и за рубежом : Обзор. информ. ЦБНТИ Гослесхоза СССР / И. А. Маркова, Н. В. Дерябина // Лесоведение и лесоводство. 1981. № 3. 32 с.
9. Методические указания по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению / ВНИИЛМ. Москва, 2011. 98 с.
10. *Миронов В. В.* Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении / В. В. Миронов. Москва : Лесн. пром-сть, 1977. 232 с.

11. Михайлов, Л. Е. Осина / Л. Е. Михайлов. Москва : Агропромиздат, 1985. 72 с.
12. Моисеев, Б. Н. Проблемы устойчивого использования лесов на Северо-Западе России / Б. Н. Моисеев // Лесохозяйственная информация. 2008. № 1—2. С. 10—14.
13. Побединский, А. В. Сосна / А. В. Побединский. Москва : Лесн. пром-сть, 1979. 125 с.
14. Правила лесовосстановления (утв. приказом МПР России от 16.07.2007 г. № 183).
15. Рекомендации по лесовосстановлению в Республике Карелия и Мурманской области / Сост. А. И. Соколов, А. И. Павлов ; КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2005. 28 с.
16. Рекомендации по лесовосстановлению и уходу за молодняками на Северо-Западе России / А. В. Дорошин, В. И. Гулицкий, А. В. Жигунов [и др.] ; НИИ леса Финляндии. Йоэнсуу, 2005. 56 с.
17. Смоляницкая, Л. Б. Биологическое обоснование режима ухода за лесными культурами в связи с технологией их производства и зарастанием травянистой растительностью // Восстановление леса на северо-западе РСФСР / Л. Б. Смоляницкая ; ЛенНИИЛХ. Ленинград, 1978. С. 35—42.
18. Перспективы ускоренного выращивания сосны в среднетаежной подзоне Карелии / А. И. Соколов [и др.] // Лесное хозяйство. 2010. № 1. С. 42—44.
19. Ускоренное выращивание культур ели в среднетаежной подзоне Карелии / А. И. Соколов [и др.] // Лесной журнал. 2013. № 5. С. 96—105. (Изв. высш. учеб. заведений).
20. Шумаков, В. С. Современные способы подготовки почв под лесные культуры / В. С. Шумаков, В. Н. Кураев. Москва : Лесн. пром-сть, 1973. 160 с.
21. К вопросу об интенсификации лесного хозяйства в России. Лесной форум Гринпис России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=8683>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
22. Сайт акционерного общества «Latvijas valsts meži» (LVM) [Электронный ресурс]. URL: http://www.lvm.lv/rus/les/lvm_i_les/, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
23. Вервейко, И. В. Интенсификация ведения лесного хозяйства как основа устойчивого лесопользования / И. В. Вервейко // Тезисы участников XV Петербургского междунар. лесопромышл. форума. Санкт-Петербург, 2013.

24. Стандарт отрасли ОСТ 56-108-98 «Лесоводство. Термины и определения» (утв. приказом Рослесхоза № 203 от 03.12.1998 г.).
25. Яковлев, Ф. С. Типы лесов Карелии и их природное районирование / Ф. С. Яковлев, В. С. Воронова. Петрозаводск : Госиздат КАССР, 1959. 190 с.
26. Крышень, А. М. Типы лесорастительных условий на автоморфных почвах Карелии / А. М. Крышень // Ботанический журнал. 2010. Т. 95. № 3. С. 281—297.
27. Интенсивное устойчивое лесное хозяйство : барьеры и перспективы развития : Сб. ст. / Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва : WWF России, 2013. 214 с.
28. Методология разработки и проекты правил (технических регламентов) рубок леса главного пользования, рубок ухода и лесовосстановления в Республике Карелия : Препринт / И. Р. Шегельман [и др.]. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2005. 84 с.
29. Вяльккю, Э. Россия и Финляндия : сравнение лесоводственных правил и рекомендаций / Э. Вяльккю, Т. Лейнонен // Устойчивое лесопользование. 2012. № 3 (32). С. 13—17.
30. Романюк, Б. Д. Природоохранное планирование ведения лесного хозяйства. 3-е изд. / Б. Д. Романюк, А. Т. Загидуллина, А. А. Кнize ; Проект Всемирного фонда дикой природы (WWF) «Псковский модельный лес». Санкт-Петербург, 2009. 32 с.
31. Примеры зарубежного опыта устойчивого лесопользования и лесопользования : Сб. ст. / Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва : WWF России, 2012. 180 с.
32. Кудряшова, А. М. Коммерческие рубки ухода для модели интенсивного и устойчивого ведения лесного хозяйства : учеб. матер. для спец. лесн. хоз-ва / А. М. Кудряшова, П. В. Безверхов, И. Ю. Киселева. Санкт-Петербург, 2008. 72 с.
33. Романюк, Б. Д. Новые региональные нормативы для интенсивной и устойчивой модели ведения лесного хозяйства (на примере Тихвинского района Ленинградской области) / Б. Д. Романюк, А. М. Кудряшова ; НИИ леса Финляндии. Йоэнсуу, 2009. 80 с.
34. Буш, К. К. Экологические и технологические основы рубок ухода / К. К. Буш, И. К. Иевинь. Рига : Зинатне, 1984. 172 с.
35. Атрохин, В. Г. Рубки ухода и промежуточное пользование / В. Г. Атрохин, И. К. Иевинь. Москва, 1985. 255 с.
36. Промежуточное пользование лесом на северо-западе России / В. А. Ананьев [и др.] ; НИИ леса Финляндии. Йоэнсуу, 2005. 150 с.

37. Мартынов, А. Н. Современные проблемы лесовыращивания. Химический и комплексный уход за лесом : учебное пособие / А. Н. Мартынов, Н. В. Беляева, О. И. Григорьева ; СПбГЛТА. Санкт-Петербург, 2008. 80 с.
38. Рубки ухода за лесом. Оценка качества. ОСТ 56-97-93 (утв. приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 22 ноября 1993 г. № 310).
39. Правила ухода за лесом : приказ МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 185.
40. Лейнонен, Т. Лесовосстановление на Северо-Западе России и сравнение с Финляндией : комментарии финских специалистов / Т. Лейнонен, М. Туртиайнен, А. Сиеккинен ; НИИ леса Финляндии. Йоэнсуу, 2009. 40 с.
41. Основы лесного хозяйства в Финляндии / Т. Фредрикссон [и др.] ; пер. с фин. А. Юнтунен, М. Лейнонен. Хяменлинна: Metsakustannus Oy, 2006. 231 с.
42. Правила заготовки древесины: приказ ФАЛХ от 01 августа 2011 г. № 337.
43. Мелехов, И. С. Лесоводство. 2-е изд., доп. и испр. / И. С. Мелехов ; МГУЛ. Москва, 2003. 320 с.
44. Об установлении возраста рубок: приказ МПР РФ от 19 февраля 2008 г. № 37.
45. Научно-исследовательский институт лесного хозяйства Швеции [Электронный ресурс]. URL: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Roja/Rojningens-grunder/Hur-paverkas-bestandet/> http://www.lvm.lv/rus/les/lvm_i_les/, свободный. Загл. с экрана. Яз. шв.
46. Хокаярви, Т. Правила ведения лесного хозяйства / [Электронный ресурс]. URL: http://www.idanmetsatieto.info/fi/document.cfm?doc=show&doc_id=1018, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
47. Лесная энциклопедия. Т. 1. Москва, 1985.
48. Научно-исследовательский институт лесного хозяйства Швеции [Электронный ресурс]. URL: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Roja/Rojningens-Nar-Var-Hur/Vilka-trad-ska-rojas-bort/Roj-bort-trad-med-kvalitetsfel/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. шв.
49. Сукачев, В. Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии / В. Н. Сукачев. Ленинград: Наука, 1972. Т. 1. 420 с.
50. Волков, А. Д. Типы леса Карелии / А. Д. Волков ; КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2008. 180 с.

51. Сайт компании Stihl [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stihl.ru/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
52. Сайт компании Husqvarna [Электронный ресурс]. URL: <http://www.husqvarna.com/ru/home/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
53. Сайт компании Mense [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mense.fi/ru/produksiya/golovki-dlya-raschistki-lesa>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
54. Сайт компании Cangini Benne [Электронный ресурс]. URL: <http://www.canginibenne.com/eng/products/agriculture-and-green-maintenance/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
55. Сайт компании Bracke Forest [Электронный ресурс]. URL: <http://www.brackeforest.com/parser.php?did=344:2415>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
56. Сайт компании Risutec [Электронный ресурс]. URL: <http://www.risutec.fi/en/products/risutec-ii>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
57. Сайт компании Naarva [Электронный ресурс]. URL: http://www.pentinpaja.fi/app/product/list/-/id/8/set_language/en, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
58. Сайт компании Ponsse [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ponsse.com/ru/produksiya>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
59. Сайт компании Vimek. [Электронный ресурс]. URL: <http://vimek.se/en/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
60. Технология и машины лесосечных работ : учебник для вузов / В. И. Пятакин [и др.] ; СПбГЛГУ. Санкт-Петербург, 2012. 362 с.
61. Шегельман, И. Р. Машины и технология заготовки сортиментов на лесосеке / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2011. 108 с.
62. Шегельман, И. Р. Техническое оснащение современных лесозаготовок / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов. Санкт-Петербург : ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. 344 с.
63. Сайт компании Ebeaver [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ebeaver.se/En/Default.aspx>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
64. Радиоуправляемый харвардер RCMHarveri [Электронный ресурс]. URL: <http://www.voltake.fi/rcm-harvester>, свободный. Загл. с экрана. Яз. фин.
65. Лесозаготовительная техника. Харвестер для сбора биомассы Valmet 801c (Bioenergy Combi) // Электронный журнал ЛеспромИнформ [Электронный ресурс]. URL: <http://lesprominform.ru/gallery/finnmetko2006/1752-foto.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

66. Сайт компании Silvatec [Электронный ресурс]. URL: <http://www.silvatec.com/uk/forside.htm>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
67. Сайт компании Naarva [Электронный ресурс]. URL: http://www.pentinpaja.fi/app/product/view/-/id/6/cat_id/2/set_language/en, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
68. Hallongrena, H. A search for better competitiveness in mechanized early cleaning through product development: evaluation of two Naarva uprooters / H. Hallongrena, J. Rantalab // International Journal of Forest Engineering. 2013. Vol. 24. № 2. P. 91—100.
69. Лесной Кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ.
70. Правила санитарной безопасности в лесах : постановление правительства РФ от 29 июня 2007 г. № 414.
71. Правила пожарной безопасности в лесах : постановление правительства РФ от 30 июня 2007 г. № 417.
72. Интенсивное лесное хозяйство : новые решения и опыт Финляндии / В. С. Сюнёв [и др.] // Европейский Союз и Северная Европа: прошлое, настоящее и будущее: сб. ст. Петрозаводск: Петропресс, 2013. С. 112—124.
73. Организация и совершенствование образовательного процесса на лесоинженерном факультете государственного университета в рамках международного сотрудничества / В. М. Лукашевич [и др.] // Alma mater (Вестник высшей школы) / РУДН. Москва, 2014. № 2. С. 59—63.
74. Суханов, Ю. В. Применение моделирования хода роста древостоя в учебном процессе лесных специальностей / Ю. В. Суханов, В. М. Лукашевич, А. Н. Пеккоев // Междунар. научно-исследовательский журнал. 2013. № 5—1 (12). С. 77—79.
75. Лесотаксационные таблицы / Карельское лесоустроительное предприятие Института леса Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1978. 34 с.
76. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013—2020 годы [Электронный ресурс]. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/e82/GP_2013-2020.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
77. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации: Приказ № 248/482 от 31 октября 2008 года // Мин-во промышленности и торговли Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/ministry/47/Strategiya_razvitiya_lesnogo_kompleksa.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

78. Информационные технологии в лесном хозяйстве : учебное пособие / МарГТУ. Йошкар-Ола, 2000. 378 с.
79. Старостенко, Д. А. Геоинформационные технологии в лесной отрасли / Д. А. Старостенко // МПР. Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России». 2000. № 11—12. С. 137.
80. Дмитриев, Ю. И. Цели и направления модернизации системы управления лесным хозяйством Российской Федерации / Федеральное агентство лесного хозяйства; МарГТУ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/74/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
81. Пахучий, В. В. Ведение лесного хозяйства на базе ГИС : учебное пособие / В. В. Пахучий ; СЛИ. Сыктывкар, 2013. 56 с.
82. Грешнов, С. П. О проблемах внедрения ГИС в лесное хозяйство / С. П. Грешнов, Д. А. Старостенко // ГИС Ассоциация : Информ. бюл. 1999. № 1 (18). С. 20.
83. Демин, К. К. Состояние и направления развития НИОКР для лесного комплекса Карелии / К. К. Демин, П. Е. Мощевикин, И. Р. Шегельман // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 1. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 1996. С. 16—17.
84. Ковкин, Р. В. Геоинформационные системы : учебное пособие / Р. В. Ковкин, Н. Г. Макаров. Томск, 2008. 175 с.
85. Берестов, В. Л. Проблемы теории и практики лесного планирования / В. Л. Берестов, С. Г. Кузнецов С. А. Коньшакова // Лесной комплекс : состояние и перспективы развития: Междунар. научно-техн. конф. ; БГИТА. Брянск, 2008. С. 68—72.
86. Rykäläinen, J. Развитие лесного планирования Финляндии : Методы и опыт / J. Rykäläinen, M. Kurttila ; Научно-исследовательский институт леса Финляндии ; Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä, 2009. 44 с.
87. Гурьев, А. Т. Имитационное моделирование процессов лесного комплекса : учебное пособие /А. Т. Гурьев, А. Л. Блок ; АГТУ. Архангельск, 2003. 188 с.
88. Уемов, А. И. Логические основы метода моделирования / А. И. Уемов. Москва: Мысль, 1971. 311 с.
89. Ханина, Л. Г. Компьютерные системы поддержки принятия решений в лесном хозяйстве : обзор современного состояния / Л. Г. Ханина, В. Э. Смирнов, Н. В. Лукина // Хвойные бореальной зоны. 2009. XXVI. № 2. С. 187—196.

90. Поддержка принятия управленческих решений: инструментально-информационное обеспечение / З. Н. Козенко [и др.] ; под ред. А. Ф. Рогачёва ; ВГУ. Волгоград, 2001. 124 с.
91. *Поваляев, Е.* Системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS. Ч. 1 / Е. Поваляев, С. Хуторной // Chip News. 2001. № 10. С. 4—12.
92. *Экономов, А.* Система GPS. Взгляд изнутри и снаружи/iXBT.com [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ixbt.com/car/gps/gps.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
93. Введение в GPS (Глобальная Навигационная Система) / Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Швейцария, 2001 [Электронный ресурс]. URL: <http://gbucitrb.ru/referens/help.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
94. *Ефременко, П. Е.* Современные программно-аппаратные GNSS-средства для создания и актуализации локальных ГИС-проектов / П. Е. Ефременко, М. В. Шевченко, А. И. Горб // Збірник наукових праць. Харків, 2013. Вып. 17. С. 12—18.
95. *Паламарчук, М.* Дистанционное зондирование леса / М. Паламарчук // Производственно-практический журнал для специалистов в области геодезии, картографии, землеустройства, ГИС, инженерных изысканий, геологии InternetGEO. 2014. № 2. Март — апр. С. 35—44.
96. *Токарева, О. С.* Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли : учебное пособие / О. С. Токарева. Томск : Изд-во Томского политехнического ун-та, 2010. 148 с.
97. Дистанционное зондирование Земли из космоса — обзор законодательства правоприменительной практики. Москва, 2009 [Электронный ресурс]. URL: http://gis-lab.info/docs/books/balagurov05_rs-law-practice/balagurov05_rs-law-practice.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
98. *Самардак, А. С.* Геоинформационные системы : учебник / А. С. Самардак ; ДВГУ. Владивосток, 2005. 124 с.
99. Arbolidar: Преврати свои древостой в доход! [Электронный ресурс]. URL: [http://www.arbonaut.com/files/whitepaper050210_vedos-Russian\(1\).pdf](http://www.arbonaut.com/files/whitepaper050210_vedos-Russian(1).pdf), свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
100. Предложения по повышению интенсивности ведения лесного хозяйства и эффективного использования лесных ресурсов в Республике Карелия [Электронный ресурс]. URL: http://www.idanmetsatieto.info/rus/document.cfm?doc=show&doc_id=1411, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

101. Шегельман, И. Р. Анализ эффективности лесотранспортных машин с использованием спутниковых радионавигационных систем (СРНС) / И. Р. Шегельман, А. В. Кузнецов, В. И. Скрыпник // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2009. № 3. С. 112—115.
102. Кузнецов, А. В. Система GPS-мониторинга автотранспорта / А. В. Кузнецов, А. С. Васильев. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2006. 21 с.
103. Герасимов, Ю. Ю. Геоинформационные системы: теория и применение в лесном комплексе / Ю. Ю. Герасимов, С. А. Кильпелайнен, Г. А. Давыдков. Йоэнсуу: Изд-во ун-та Йоуэнсуу, 2000. 201 с.
104. ООО «ЛесИС» — ГИС TOPOL-L для лесного хозяйства, лесоустройства и арендаторов лесного фонда [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lesis.ru>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
105. ГИС ТороL-L для работы с информацией о лесном фонде / Земельный вестник Московской области. 2010. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zemvest.ru/jurnal/arhiv-jurnala/5-2010/06/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
106. Официальный сайт ГИС MapInfo Professional® 12.0 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esti-map.ru/Программноеобеспечение/PBMapInfo/MapInfoProfessional/tabid/48/Default.aspx/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
107. Руководство пользователя «ЛесГИС» [Электронный ресурс]. URL: http://www.lesgis.ru/doc/lesgis/rukovodstvo_polzovatelya_v_3.docx свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
108. Сайт «Про ГИС» [Электронный ресурс] URL: <http://pro-gis.ru/program/wingis>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
109. Сайт ФГУП «Рослесинфорг» Севзаплеспроект [Электронный ресурс]. URL: <http://sevzaplesproekt.roslesinforg.ru/activity/inform/8>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
110. Геоинформационные системы Esri для лесного хозяйства России [Электронный ресурс]. URL: http://esri-cis.ru/upload/docs/event/Forest_brochure.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
111. Поваров, Е. Д. Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Севзаплеспроект», «Единая система автоматизированного учета лесов» / Е. Д. Поваров, И. А. Мишкинис [Электронный ресурс]. URL: http://www.roslesinforg.ru/press/news/189/Povarov_E.D.%2C_Mishkinis_I.A.%2C_Filial_FGUP__Roslesinforg___Sevzaplesproekt_%2C__Edinaya_Sistema..._.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

-
112. Сайт компании ООО Научно-внедренческая фирма «ЛабМастер» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lab-master.ru/prodserv/prog/gis>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 113. *Переволоцкая, Т. В.* Геоинформационные системы в лесном хозяйстве : Географическая информационная система Formap / Т. В. Переволоцкая ; Гомельский гос. ун-т им Ф. Скорины. Гомель, 2012. 48 с.
 114. Сайт НПО «Белинвестлес» [Электронный ресурс]. URL: <http://belinvestles.by>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 115. Сайт ГИС с открытым доступом QGIS [Электронный ресурс]. URL: <http://www.qgis.org/ru/site/about/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 116. Сайт компании NextGIS [Электронный ресурс] URL: <http://nextgis.ru>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 117. Сайт компании ООО «Техкарта» [Электронный ресурс]. URL: [http://tmap.su/besplatnaya-gis-dlya-arendatorov-lesnogo-uchastka-na-osnove-qgis-\(nextgis\).html](http://tmap.su/besplatnaya-gis-dlya-arendatorov-lesnogo-uchastka-na-osnove-qgis-(nextgis).html), свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 118. Сайт центра геоинформационных исследований [Электронный ресурс]. URL: <http://geocnt.geonet.ru/ru/gg20>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 119. Сайт компании Easy Trace Group [Электронный ресурс]. URL: http://www.easytrace.com/program/about_ru, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 120. Сайт группа компаний «РЕЗИДЕНТ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.resident.ru/software/mapedit/release.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 121. Сайт центра геоинформационных исследований [Электронный ресурс]. URL: <http://geocnt.geonet.ru/ru/geodraw>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 122. Сайт компании «Ракурс». [Электронный ресурс] URL: <http://www.racurs.ru/?page=654>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 123. *Смирнов В. В.* Работа в программе Photomod 5/21 [Электронный ресурс]. URL: http://www.racurs.ru/download/articles/Smirnov_Lite_edu_project.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 124. Программа для обработки данных дистанционного зондирования ERDAS IMAGINE [Электронный ресурс]. URL: <http://erdas-russia.ru/products/detail/123/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
 125. Webinar: Getting Started with ERDAS IMAGINE [Электронный ресурс]. URL: <http://www.imagem.nl/en/node/714>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

126. Программный комплекс ENVI [Электронный ресурс]. URL: <http://www.envisoft.ru/envi.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
127. General Purpose Simulation System [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/GPSS>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
128. Официальный сайт разработчика SIMPROCESS [Электронный ресурс]. URL: <http://simprocess.com/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
129. Официальный сайт разработчика [Электронный ресурс]. URL: AutoMod <http://www.automod.com>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
130. Официальный сайт разработчика [Электронный ресурс]. URL: FlexSim Software Products <http://www.flexsim.com/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
131. Официальный сайт разработчика MathWorks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mathworks.com>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
132. Официальный сайт разработчика [Электронный ресурс]. URL: Visual Solutions <http://www.vissim.com>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
133. Официальный сайт разработчика National Instruments [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ni.com/labview>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
134. Официальный сайт разработчика The Repast Suite [Электронный ресурс]. URL: <http://repast.sourceforge.net>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
135. Официальный сайт разработчика The AnyLogic Company [Электронный ресурс]. URL: <http://www.anylogic.ru>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
136. Анализ одного варианта обеспечения древесным топливом строящейся котельной / Ю. Ю. Герасимов [и др.] // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 93 (09).
137. Научно-исследовательский институт леса Финляндии Metla [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metla.fi>, свободный. Загл. с экрана. Яз. фин.
138. MetINFO — MOTTI Stand Simulator [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metla.fi/metinfo/motti/index-en.htm>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

139. Системные требования к MOTTI Stand Simulator [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metla.fi/metinfo/motti/motti-tuki-en.htm>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
140. *Hynynen, J.* Applying the MOTTI simulator to analyse the effects of alternative management schedules on timber and non-timber production / J. Hynynen., A. Ahtikoski., J. Siitonen., R. Sievanen., J. Liski // *Forest Ecology and Management* 207. 2005. P. 5—18.
141. Лесной центр Финляндии — Тапио [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tapio.fi/les>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
142. Laser Scanning of Forest Resources: The Nordic Experience / J. Hynynen [et. al.] // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2004. № 19. P. 1—18 [Электронный ресурс]. URL: https://courseware.e-education.psu.edu/courses/geog497D/Downloads/Readings/Articles/Naasset_2004.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
143. Лесные культуры. Ускоренное лесовыращивание / Е. М. Романов [и др.] : учебное пособие / МарГТУ. Йошкор-Ола, 2007. 288 с.
144. Стратегия разработки системы лесохозяйственных и природоохранных нормативов для среднетаежного лесного района с целью внедрения модели устойчивого интенсивного лесного хозяйства : матер. круглого стола, 18 марта 2013 г., г. Санкт-Петербург / сост. Н. Шматков ; Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва : WWF России, 2013. 120 с.
145. Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России / ВНИИЦлесресурс. Москва, 1996. 192 с.
146. *Ярошенко, А.* Европейская тайга на грани тысячелетий / А. Ярошенко ; Гринпис России. Москва, 1999. 66 с.
147. Сайт компании Usewood Pro [Электронный ресурс]. URL: <http://www.usewood.fi/index.php/en/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
148. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Москва, 2010.

Учебное издание

Авторы-составители:

Сюнёв Владимир Сергеевич

Соколов Александр Иванович

Кильпеляйнен Сергей Адольфович

Лукашевич Виктор Михайлович

Пеккоев Алексей Николаевич

Суханов Юрий Владимирович

ИНТЕНСИВНОЕ ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Учебное пособие

для студентов лесотехнических вузов

Редактор *О. В. Обарчук*

Художественный редактор *Е. Ю. Ермолаева*

Подписано в печать 01.12.2014. Формат 70×100 $\frac{1}{16}$.
Бумага офсетная. 13 уч.-изд. л. Тираж 200 экз. Изд. № 253

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ

185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

ISBN: 978-5-6021-2175-7

