

КРУЖИЛИН С.Н.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ
И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ
НАСАЖДЕНИЙ**

Учебное пособие



Новочеркасск
2015

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортюнова
ФГБОУ ВО «ДОНСКОЙ ГАУ»

Кружилин С.Н.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Учебное пособие
для аспирантов направления «Лесное хозяйство» направленности «Лесные
культуры, селекция, семеноводство»

Новочеркасск
2015

УДК 630 (075.8)
К 841

Рецензенты: Маркова И.С. канд. с.-х. наук., доц. каф. Лесоводства и лесных мелиораций НИМИ ДГАУ.

Кружилин С.Н.

К 841 Современные проблемы создания и формирования искусственных насаждений [Текст]: учеб. пособие для аспирантов направ. «Лесное хозяйство» направленности «Лесные культуры, селекция, семеноводство» / С.Н. Кружилин; Новочерк. инж.-мелиор. ин-т ДГАУ, каф. лесных культур и лесопаркового хозяйства. – Новочеркасск, 2015. – 158 с.

В учебном пособии рассматриваются современные проблемы создания и формирования искусственных насаждений до возраста функциональной спелости, в зависимости от типа условий местопроизрастания, категории лесокультурной площади и типов почв.

Ключевые слова: искусственные насаждения, проектирование, моделирование, эталонные насаждения, условия местопроизрастания.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИСКУССТВЕННОЕ ЛЕСНОЕ НАСАЖДЕНИЕ, ЕГО ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ.....	8
2 ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ, КУСТАРНИКИ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ В НАСАЖДЕНИИ	9
3 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЩИХ ПОРОД.....	13
3.1 Биология и экология хвойных пород	13
3.2 Биология и экология лиственных пород.....	15
4 РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ	19
4.1 Особенности роста древесных растений и лесоводственные приемы воздействия на рост.....	19
4.2 Тропизмы.....	23
4.3 Особенности роста мужских и женских особей двудомных древесных растений	24
4.4 Роль гетерозисных и триплоидных форм в повышении продуктивности искусственных насаждений	26
4.5 Таксационные законы роста, и производительности древостоев	27
5 АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ НАСАЖДЕНИЙ.....	28
5.1 Общая оценка климата. Климатические законы роста	28
5.2 Анализ изменений теплообеспеченности, условий увлажнения и частоты проявления неблагоприятных природных явлений в течение жизни одного поколения леса	33
6 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ.....	35
6.1 Оценка почв. Бонитет почв как показатель условий местопроизрастания.....	35
6.2 Типы леса (типы условий местопроизрастания).....	38
6.3 Коэффициент экологического соответствия К.Б.Лосицкого.....	41
6.4 Количественные методы оценки условий местопроизрастания	43
7 ГУСТОТА ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР И ПЛОЩАДЬ ПРОИЗРАСТАНИЯ (ПРОДУЦИРОВАНИЯ) ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ.....	44
7.1 Определение густоты по фотосинтезирующей поверхности листьев.....	46
7.2 Метод определения оптимальной густоты молодых насаждений ели по горизонтальной проекции крон и критическому расстоянию между кронами	47
7.3 Воднобалансовый метод определения густоты насаждения и площади произрастания деревьев	48
7.4 Метод определения площади произрастания (питания) и густоты по продуктивности деревьев.....	50
7.5 Площадь произрастания (роста) дерева и способы ее определения. Несовершенство понятия «площадь питания» дерева. Условный параметр питания	51
8 СПОСОБЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ И РЯДОВ ПРИ СОЗДАНИИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ	53
8.1 Способы размещения посадочных (посевных) мест при создании лесных насаждений	53
8.2 Направление рядов посадки (посева).....	55
9 ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД	58
9.1 Межвидовые взаимовлияния древесных пород.....	58

9.2 Характер взаимоотношений между индивидами внутри вида. Дифференциация древесных пород в процессе роста и ее значение при формировании искусственного насаждения	61
10 ПРИЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ.....	62
10.1 Зонально-типологический подход при проектировании лесных насаждений	62
10.2 Выбор главных пород в эксплуатационных лесах	63
10.3 Выбор главных пород для защитных насаждений	64
10.4 Выбор древесных пород и кустарников для рекреационных насаждений	66
10.5 Типы лесных культур. Типы и способы смешения	71
10.6 Одновременный и разновременный ввод древесных пород в лесные культуры	75
10.7 Проектирование насаждений с участием быстро-и медленно-растущих пород	78
10.8 Проектирование насаждений с участием пород-антагонистов	80
10.9 Проектирование насаждений из пород с разным возрастом спелости (долговечности).....	81
10.10 Формирование ярусности (вертикальной структуры) насаждения	81
10.11 Горизонтальная структура древостоя	83
10.12 Корневые системы деревьев в насаждениях	85
11 УСТОЙЧИВОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ.....	88
11.1 Устойчивость искусственного лесного насаждения	88
11.2 Устойчивость к низким температурам	89
11.3 Проектирование лесных насаждений, устойчивых в условиях недостаточного увлажнения	91
11.4 Повышение устойчивости и долговечности насаждений в условиях засоления	93
11.5 Проектирование пожароустойчивых насаждений.....	95
11.6 Проектирование ветроустойчивых насаждений	97
11.7 Устойчивость насаждений к гололеду, снеголому, снеговалу и способы ее повышения.....	99
11.8 Устойчивость насаждений к насекомым - вредителям леса.....	102
11.9 Устойчивость насаждений к заболеваниям грибного и бактериального характера	104
11.10 Приемы ослабления отрицательного воздействия на лесные культуры диких животных	106
12 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ СПЛОШНЫХ КУЛЬТУРАХ.....	107
12.1 Оптимальные (эталонные) насаждения	107
12.2 Моделирование чистых насаждений сосны обыкновенной	109
12.3 Моделирование чистых насаждений ели	110
12.4 Моделирование чистых насаждений березы и осины.....	111
12.5 Моделирование чистых насаждений тополя канадского.....	114
12.6 Моделирование чистых насаждений дуба черешчатого.....	115
12.7 Моделирование смешанных насаждений дуба черешчатого	116
12.8 Моделирование состава дубово-липовых насаждений	119
12.9 Моделирование выращивания дубово-грабовых насаждений	120
13 ПРОГРАММИРОВАННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ДУБРАВ НА НАЖНЕМ ДОНУ .	121
13.1 Общие сведения о территории Нижнего Дона.....	121
13.2 Предлагаемые варианты лесных культур и программы их выращивания.....	123
13.3 Экономическое обоснование выращивания культур дуба	128
14 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ ЧАСТИЧНЫХ КУЛЬТУРАХ.....	131

14.1 Моделирование лесных насаждений на вырубках с недостаточным по количеству или неудовлетворительным по составу возобновлением пород	131
14.2 Моделирование лесных насаждений при реконструкции малоценных молодняков	133
14.3 Моделирование при реконструкции изреженных насаждений	134
15 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	136
16 ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ И РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ	139
16.1 Особенности моделирования защитных лесных насаждений	139
16.2 Особенности моделирования рекреационных лесных насаждений	141
17 СТРУКТУРА (СОДЕРЖАНИЕ) ПРОЕКТА ЛЕСНОГО НАСАЖДЕНИЯ.....	143
18. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ЛЕСНОГО НАСАЖДЕНИЯ	145
Литература.....	157

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс XX в. вывел человечество на массовое создание искусственных лесов – лесных культур, или, как ещё их называют, *man-made forest*, т.е. лесами, сделанными человеком. Создание таких искусственных насаждений позволяет решать ряд важнейших экономических задач в деле потребления требуемого древесного сырья.

Вместе с тем, лесные культуры входят в единую систему леса, являясь одновременно не только потенциальным сырьевым ресурсом, но и составной и очень важной частью биосферы, элементом географического ландшафта. Создавая лесные культуры, мы имеем дело, прежде всего, с живыми древесными организмами, биологически полностью подобными таковым в естественном лесу, но лишь объединёнными (исходно сгруппированными) в популяции искусственного происхождения. В процессе роста искусственных популяций дендрокультур действуют законы биологии культивируемых древесных и кустарниковых пород в сочетании с законами роста и развития сообщества искусственно созданной древесной формации. В целом же искусственные леса – это есть биологическая система, реально управляемая человеком в нужном для него хозяйственном (целевом) направлении.

В деятельности специалистов лесного хозяйства одной из важнейших задач является выполнение комплекса работ по лесовосстановлению и лесоразведению.

Уделяя большое внимание подбору древесных пород и кустарников применительно к определенным лесорастительным условиям и климату, их размещению на площади, схемам смешения и технологии выращивания культур до смыкания полога. ГОСТ 17559-82 определяет проект лесных культур как «документ, содержащий описание лесорастительных условий и технологии создания лесных культур на лесокультурной площади». В определении отсутствует самое главное - объект проектирования - искусственное лесное насаждение.

Лесные культуры, согласно того же ГОСТ 17559-82, - это «лесные насаждения, созданные посевом или посадкой». Следовательно, и проект лесных культур должен быть проектом искусственного лесного насаждения определенного функционального назначения и технологии его выращивания. Проект искусственного насаждения должен содержать модель будущего насаждения и программу его выращивания.

В настоящее время сложилась практика, когда лесокультурное проектирование охватывает лишь первые 4-5 лет выращивания искусственного насаждения (до смыкания лесных культур) и не рассматривает вопросы выращивания и формирования искусственного насаждения после смыкания. Введено понятие «завершенное лесокультурное производство», как будто весь смысл выращивания леса состоит в том, чтобы добиться смыкания крон высаженных на лесокультурную площадь деревьев. Предполагается, что в дальнейшем, применив лесоводственные меры ухода (осветления, прочистки,

прореживания, проходные рубки), лесовод получит необходимое насаждение. Какое? Ведь лесокультурный проект не содержит модели искусственного насаждения, а рубки ухода проводятся без четкого представления конечной цели - какое насаждение формировать (ближайшая цель - изменение состава, полноты, густоты).

В проект лесных культур не включаются и не прорабатываются вопросы формирования вертикальной и горизонтальной структуры будущего лесного насаждения, не разрабатываются вопросы устойчивости лесных насаждений к пожарам, ветровалу, снеголому, гололедным явлениям, вредной энтомофауне, диким животным и другим неблагоприятным явлениям. Отсутствует экологическое обоснование проектируемых мероприятий.

Дисциплина «Современные проблемы создания и формирования искусственных насаждений» ставит своей целью научить проектировать искусственные насаждения разного целевого (функционального) назначения, моделировать процессы их роста, густоту, полноту, состав и, в конечном счете, осуществлять программное лесовыращивание. Главный объект дисциплины - искусственное лесное насаждение, его модель (исходная, промежуточная, конечная), приемы лесовыращивания, повышения устойчивости, долговечности и др.

Разработкой вопросов программирования и моделирования лесных насаждений занимались В.Г.Нестеров, К.Б. Лосицкий, А.И. Писаренко, М.И. Калинин, М.И. Гордиенко, В.С. Чуенков, М.Д. Мерзленко, М.М. Михайлов, А.П. Тябера, Л.А. Кайрюкшис, М.И. Швец и многие другие исследователи.

1 ИСКУССТВЕННОЕ ЛЕСНОЕ НАСАЖДЕНИЕ, ЕГО ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Лесное насаждение (лесной фитоценоз) представляет собой участок леса, состоящий из древостоя, а так же, как правило, из подроста, подлеска и живого напочвенного покрова (ГОСТ 18486-87).

Как следует из определения, основными компонентами лесного насаждения являются древостой, подрост, подлесок и живой напочвенный покров. Обратимся к определениям этих компонентов.

Древостой - это совокупность деревьев, являющихся основным компонентом насаждения.

Подрост - древесные растения естественного происхождения, растущие под пологом леса и способные образовать древостой, высота которых не превышает 1/4 высоты деревьев основного полога.

Кустарники, реже деревья, произрастающие под пологом леса и неспособные образовать древостой в конкретных условиях местопроизрастания, образуют в насаждении **подлесок**.

Живой напочвенный покров - есть совокупность мхов, лишайников, травянистых растений и полукустарников, произрастающих на покрытых и не покрытых лесом землях.

Древостой, подрост, подлесок, внеярусная растительность (лианы и др.) и живой напочвенный покров - характеризуют надземную часть лесного насаждения, а корневые системы деревьев, кустарников, травянистых растений, вместе с почвой и материнской породой - его подземную часть.

Основным компонентом лесного насаждения, как уже отмечалось, является древостой. Другие компоненты (подрост, подлесок, живой напочвенный покров) в одних насаждениях могут быть, а в других - отсутствовать.

Древостой характеризуется:

- составом древесных пород;
- формой (ярусностью);
- возрастом и возрастной структурой;
- происхождением;
- классом бонитета;
- полнотой и сомкнутостью полога;
- густотой и др.

В насаждении древостой может быть полностью искусственного происхождения (при сплошных лесных культурах), а может состоять из деревьев, высаженных (посеянных) на лесокультурную площадь, и деревьев, естественно произрастающих на ней (при частичных лесных культурах).

Лесные насаждения могут быть источником получения древесины, технического и лекарственного сырья, пищевой продукции (орехи, ягоды и др.), базой лесохозяйственных хозяйств.

Велика мелиоративная, эстетическая, рекреационная роль лесов и лесных насаждений. Из многих полезных функций лесного насаждения приоритет отдают одной из них, которая считается главной и определяет главное функциональное назначение насаждения. Проектирование искусственных насаждений должно начинаться с четкого представления их функционального назначения.

Наиболее часто главное функциональное назначение насаждений сводится к решению трех задач:

- ✓ получение древесины (технического сырья);
- ✓ выполнение защитных и улучшающих функций (почвозащитных, водоохраннх, стокорегулирующих и др.);
- ✓ эстетическое и рекреационное назначение.

Лесное насаждение, создаваемое с целью получения древесины, параллельно будет выполнять защитные, эстетические и другие функции, но эти функции отодвигаются на второй план. Точно также насаждение, создаваемое с защитной целью, будет служить источником получения древесины, лекарственного сырья и т.п. Исходя из главного функционального назначения насаждения, подбирают его состав, форму, густоту, полноту и другие показатели.

2 ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ, КУСТАРНИКИ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ В НАСАЖДЕНИИ

Древесные породы, образующие лесное насаждение, имеют разное значение. Различают главные, сопутствующие и второстепенные древесные породы.

Главная древесная порода - это порода, которая в определенных лесорастительных и экономических условиях наилучшим образом отвечает хозяйственным целям (ГОСТ 18486-87). К главным относят породы с высокой продуктивностью и ценной древесиной, насаждения которых обладают высокими защитными, рекреационными, природоулучшающими и другими полезными функциями. Главные породы, как правило, представлены деревьями первой величины (высота 20 м и более). При выборе главных пород учитывают их соответствие природным и лесорастительным условиям того района, в котором предстоит выращивать эти породы. В лесах России к главным породам относят сосну, ель, лиственницу, пихту, дуб, бук, тополя, древовидные ивы и др.

Сопутствующая древесная порода вводится в искусственное насаждение с целью улучшения роста главной породы, повышения устойчивости, защитных, рекреационных и других полезных функций насаждения. Сопутствующая порода, как правило, должна быть теневыносливой, способной расти во втором ярусе древостоя. К сопутствующим породам относятся граб, липа, клены (остролистный, явор, полевой) и другие. Сопутствующая порода

может быть представлена как деревом первой, так и второй и даже третьей величины. Помимо соответствия природным и лесорастительным условиям, сопутствующая порода должна соответствовать главной породе (не быть для нее антагонистом, обеспечивать лучший рост главной породы и т.п.).

При естественном возобновлении леса, наряду с главными, выделяют второстепенные и нежелательные древесные породы.

Второстепенная древесная порода - древесная порода меньшей хозяйственной ценности, чем главная порода (например, береза и осина в сосновых и еловых насаждениях).

Нежелательная древесная порода - древесная порода, не отвечающая хозяйственным целям в определенных экономических условиях.

В том случае, когда восстановление леса осуществляется комбинированно (естественное возобновление + лесные культуры), на лесокультурной площади, наряду с главными, могут оказаться второстепенные и нежелательные древесные породы.

Не все древесные породы способны формировать лесные насаждения. Различают **лесообразующие** и **лесонеобразующие** породы. К лесонеобразующим породам относятся: тополи белый, черный пирамидальный, туркестанский, айлант высочайший и другие. Тополь белый, например, встречается в пойменных лесах Кубани и ее притоков только в виде куртин, не образуя сколько-нибудь значительных по площади массивов. Тополь черный (осокорь), напротив, формирует естественные леса «осокорники». Площадь лесов с главной породой осиной (тополем дрожащим) в России составляет 18 млн. га.

В чем причина, что один вид тополя образует леса на огромных территориях, а другие способны расти лишь в виде отдельных деревьев или небольших групп (куртин)? Причина заключается в особенностях биологии и экологии древесных пород. Деревья тополя черного пирамидального, например, могут достигать высоты 20-25 м, при диаметре кроны всего 4 х 4 м и поверхностных горизонтальных корнях уходящих в стороны на 20 м и более. Массивное насаждение оказывается неустойчивым и быстро распадается на отдельные группы деревьев.

Быстрота роста. Быстро- и медленнорастущие породы

Быстрота роста - важная характеристика древесной породы. Быстрораствующие породы в лесных культурах раньше смыкаются кронами, раньше создают мелиоративный и декоративный эффект, позволяют за короткий срок получать нужное количество древесины.

Прирост древесных пород идет по высоте, диаметру ствола и кроны. С возрастом увеличиваются объем, масса и протяженность корневой системы. Несмотря на широкое употребление в специальной литературе терминов «быстрораствующая» и «медленнорастущая» порода, четкие критерии, по которым можно было бы решать, к какой группе отнести породу, отсутствуют.

Проф. Н.К. Вехов (1937) в качестве критерия быстроты роста использовал высоту деревьев в возрасте 10 лет. Все породы он делил на шесть групп.

Группа	Характер роста	Высота в возрасте 10 лет, м
А	Исключительной быстроты	Свыше 10
Б	Очень быстрого	7-10
В	Быстрого	5-7
Г	Умеренного	2-5
Д	Медленного	0,55 - 2
Е	Очень медленного	до 0,5

По А.И. Колесникову (1974), «быстрорастущими считаются такие древесные растения, которые в молодом возрасте растут быстрее других». Разработанная им классификация несовершенна. Неубедительна и попытка оценивать все древесные растения по одной шкале, то есть, стремление сделать классификацию универсальной для хвойных, лиственных пород и кустарников.

По Г.И.Редько (1974), «быстрорастущими древесными породами принято считать такие породы, насаждения которых к возрасту рубки имеют средний прирост древесины не менее $6 \text{ м}^3/\text{га}$ - для твердолиственных, $10 \text{ м}^3/\text{га}$ - для хвойных и $15 \text{ м}^3/\text{га}$ - для мягколиственных.

По М.И. Гордиенко (1985), к быстрорастущим относятся такие древесные породы, насаждения которых к возрасту главной рубки имеют средний прирост древесины на гектар по твердолиственному хозяйству - 6 м^3 , по хвойному - 8 м^3 и по мягколиственному - 10 м^3 и более. Как видим из приведенных примеров, критерии, применяемые для определения быстрорастущих пород, могут существенно отличаться.

Выращивание леса осуществляется на зональной основе, логично и быстроту роста оценивать применительно к лесорастительным зонам. Тепло, свет, богатство почв, условия увлажнения и другие факторы оказывают огромное влияние на величину прироста. Приросты по высоте, диаметру и продуктивность насаждений сосны обыкновенной в северных широтах существенно отличаются от приростов и продуктивности этой породы в южных широтах. Одна и та же древесная порода, являясь медленнорастущей в одной лесорастительной зоне, в другой лесорастительной зоне может быть породой умеренного роста. В пределах зоны имеет смысл оценивать прирост породы в оптимальных для ее роста условиях. В зоне степи быстрорастущими породами являются:

- твердолиственные: робиния лжеакация, гледичия обыкновенная, софора японская, вяз приземистый, дуб северный;
- мягколиственные: тополя (канадский, белый, осокорь, осина и др.), древовидные ивы (белая, ломкая и др.), ольха (черная, серая).

Помимо древостоя, искусственное насаждение может иметь кустарниковый полог. На необходимость введения кустарников при выра-

щивании леса в степи впервые обратил внимание акад. Г.Н.Высоцкий в 1893 году.

В искусственном насаждении кустарники выполняют следующую роль:

- отеняют почву, препятствуют ее задернению;
- в первые годы после посадки создают боковое отенение древесным породам и служат для них подгоном;
- хорошо скрепляют поверхность почвы корнями, препятствуют ее смыву и размыву (ценное качество для насаждений, выполняющих почвозащитные и стокорегулирующие функции);
- кустарники являются местом обитания многих птиц, а их плоды часто составляют корм для пернатых санитаров леса;
- кустарники могут иметь хозяйственное значение как медоносы, источники получения орехов, ягод, технического и лекарственного сырья;
- в большинстве случаев кустарники выполняют почвоулучшающую роль; есть среди них и азотонакопители (аморфа, лох, карагана и др.).

Для формирования подлеска в лесном насаждении используют теневыносливые кустарники (жимолость, бузину, бересклет и др.). Светолюбивые кустарники (аморфа, скумпия и др.) для этих целей непригодны. В линейные (полосные) насаждения светолюбивые кустарники вводят в крайние ряды, а при небольшой ширине полосы и в ее центральную часть. Недостаток верхнего света в этих условиях компенсируется за счет бокового освещения.

В предотвращении задернения почвы в искусственном насаждении важную роль играют такие свойства кустарников, как время их облиствления весной и сбрасывания листьев осенью (продолжительность пребывания в облиственном состоянии), а также их отеняющая способность.

Согласно исследованиям Украинской сельскохозяйственной академии (П.И.Герасименко), отеняющая способность отдельных видов кустарников была следующей (таблица 1).

Таблица 1 - Отеняющая способность кустарников (возраст 4 года)

Порода	Площадь проекции кроны, м ²	Площадь листовой поверхности, м ²	Площадь эффективного затенения, где не растут сорняки, м ²
Бузина красная (одногодичная поросль)	2,33	11,32	1,12
Свидина (дерен)	2,31	6,99	1,03
Бирючина	0,92	2,17	0,23
Клен татарский	0,82	3,98	0,21
Акация желтая (карагана)	0,81	2,26	0,06
Бересклет европейский	0,44	2,05	0,03

Как следует из таблицы 1, отеняющая способность кустарников неодинакова и это их свойство необходимо учитывать при проектировании искусственных насаждений.

3 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

3.1 Биология и экология хвойных пород

В лесах России произрастает несколько десятков видов хвойных пород. Наибольшее хозяйственное значение из них имеют сосна, ель, пихта и лиственница.

Род *сосна* представлен следующими видами: обыкновенной, крючковой (Сосновского), кедровой сибирской (кедром сибирским), кедровой европейской (кедром европейским), корейской или маньчжурской (кедром корейским), малорослой (кедровым стлаником), Палласовой (крымской), пихтундской и другими.

При выращивании искусственных лесных насаждений в качестве главной породы чаще других используют сосну обыкновенную (европейская часть России, Сибирь, Алтай и др.). На юге европейской части России и на Кавказе заметное место принадлежит культурам сосны крымской. В Сибири, на Алтае и в европейской части выращивают кедр сибирский.

Сосна обыкновенная и сосна Палласова (крымская) - крупные деревья высотой до 40 м и диаметром ствола до 1 м. Породы светлюбивые, малотребовательные к условиям местопроизрастания, засухоустойчивые и жаростойкие. Это главные породы в боровых и субборовых типах условий местопроизрастания, включая сухие и очень сухие боры и субори. В сугрудках и горах, где имеется возможность выращивать более ценные древесные породы, культуры сосны создают реже. Сосна обыкновенная и Палласова (крымская) способны расти на мелких, малоразвитых и смытых почвах, что делает их ценными в лесной мелиорации.



Рисунок 1. – Сосна крымская, на песчаном массиве (Петровский район Ставропольского края)

Сосну обыкновенную отличают высокая морозостойкость и зимостойкость (переносит морозы до -45°C). Сосна крымская уступает ей по морозостойкости (способна переносить морозы до -35°C).

Сосна обыкновенная и Палласова (крымская) имеют мощные корневые системы, которые глубоко проникают в почву и подпочву, что обеспечивает устойчивость этих пород к ветровалу. Затопление и заиливание не переносят, поэтому на участках, подверженных затоплению, культуры сосны не создают. Плохо переносят эти сосны засоленные почвы, хотя у сосны обыкновенной выделена форма более устойчивая в условиях засоления, чем основной вид.

Сосна обыкновенная и Палласова (крымская) не переносят верхушечного затенения, поэтому не пригодны для предварительных и подпологовых культур. Культуры этих сосен чаще создают посадкой 2-х летних сеянцев, реже - посевом семян.

Сосна кедровая сибирская (кедр сибирский) - крупное дерево высотой до 45 м и диаметром до 2 м. Доживает до 300-400 лет. Кедр сибирский морозостоек и зимостоек (может переносить морозы до -55°C). В первые годы растет медленно и способен переносить затенение. С изменением возраста от 1-2 до 15 лет потребность к освещению кедра увеличивается в 15 раз (Н.К. Таланцев, А.Н. Пряжников, Н.П. Мишуков, 1978). По сравнению с сосной обыкновенной считается более теневыносливой породой. В горах Алтая и Саян кедр сибирский встречается на высотах до 2000-2400 м над уровнем моря, но лучший рост и производительность имеет на высоте 300-600 м над уровнем моря (Г.В. Крылов, 1957).

К почвенным условиям малотребователен, но проявляет высокую требовательность к влажности почв и воздуха. Сухие типы леса (типы условий местопроизрастания) для него непригодны.

Корневая система мощная, хорошо развитая, чаще поверхностного, реже якорного типа. В лесные культуры кедр вводят посадкой 3-4-х летних сеянцев.

Ель в лесах России представлена следующими видами: европейской (или обыкновенной), восточной (или кавказской), сибирской и саянской. В лесные культуры чаще вводят ель обыкновенную (или европейскую).

Ель обыкновенная - дерево высотой до 60 м и диаметром ствола до 1 м и более, доживает до 250-300 лет. Порода морозо- и зимостойкая (переносит морозы до -45°C), но в молодом возрасте нередко повреждается поздними весенними заморозками. Отличается теневыносливостью. Требует свежих, влажных и богатых почв. Главная порода в свежих и влажных раменах и сураменах. Сухие и бедные типы леса (типы условий местопроизрастания) для ели непригодны. Плохо переносит сухость воздуха, задымление и загазованность. Корневая система поверхностного типа и ель часто подвержена ветровалу и ветролому.

В лесные культуры вводят посадкой саженцев (высота 0,4-0,5 м), двухлетних сеянцев, реже - посевом семян. Как теневыносливая порода, ель ус-

пешно используется для создания предварительных и подпологовых культур. При полном освещении рост ее не ухудшается, поэтому культуры ели создают на вырубках, пустырях, прогалинах и других категориях лесокультурных площадей.

Пихта в лесах России представлена видами: сибирской, кавказской (или Нордмана), белокорой (или амурской), цельнолистной. Это крупные деревья до 50 (70) м высотой и до 2 м в диаметре. Пихта сибирская и белокорая доживают до 250 лет, а пихта кавказская даже до 800 лет. Биология и экология пихты близка биологии и экологии ели. В Сибири и на Кавказе эти две породы часто произрастают вместе, образуя елово-пихтовые и пихтово-еловые насаждения. Пихта морозо- и зимостойка, теневынослива, требовательна к богатству и влажности почв. Оптимальными для нее являются свежие и влажные рамени и сурамени.

Загазованность воздуха переносит плохо, поэтому в зеленых зонах крупных промышленных городов неустойчива. Плохо переносит также сухость воздуха. Как теневыносливую породу пихту используют при создании предварительных и подпологовых культур. В лесные культуры вводят посадкой 2-х летних сеянцев, реже - посевом семян.

В лесах России произрастают лиственницы: сибирская, Сукачева, Гмелина (или даурская), курильская и другие виды. Лиственничные леса занимают огромную площадь в Восточной Сибири, на Урале, в Забайкалье и в других районах. Общая площадь лиственничных лесов России по состоянию на 1.01.1993 г. составляла 263 млн. гектаров.

Лиственница - дерево до 50 м высоты и диаметром ствола до 1 м, доживает до 300-400 лет (некоторые деревья - до 800-900 лет). Отличается высоким светолюбием, исключительной морозо- и зимостойкостью (переносят морозы до -60 °C). К почве неприхотлива. Растет значительно быстрее сосны, ели и пихты. Корневая система сильно разветвленная, глубокая, с хорошо развитым стержневым корнем.

Культуры лиственницы выращивают от северных районов до степных, на умеренно влажных и свежих, хорошо воздухопроницаемых почвах. В культуры вводят посадкой 2-3-летних сеянцев, редко - посевом семян. Смешанные культуры лиственницы создают с участием таких теневыносливых пород, как липа, клен остролистный, ель, пихта, бук и другие.

3.2 Биология и экология лиственных пород

Лиственные древесные породы образуют различные типы леса: дубравы, букняки, осинники, березняки, ольшаники, осокорники, ветляники и другие. Вместе с хвойными породами нередко формируют смешанные древостой. Различают широколиственные леса, образованные дубом, буком и их спутниками, и мелколиственные, с участием березы, осины, ольхи серой и других пород с мелкими листьями.

В состав широколиственных лесов, помимо дуба, входят ясень обыкновенный, клен остролистный, липа крупно- и мелколистная, граб (в западных областях Украины) и другие. В европейской части России самый обширный ареал занимает дуб черешчатый. В горных лесах Северного Кавказа, помимо дуба черешчатого, произрастают дуб скальный, дуб пушистый, дуб Гартвиса и др. На Дальнем Востоке, в Уссурийской тайге и на Южном Сахалине растет дуб монгольский. В лесные культуры вводят главным образом дуб черешчатый.;

Дуб черешчатый - крупное дерево высотой до 40 м и диаметром ствола до 1,5 м. Доживает до 200-300 лет (отдельные деревья - до 1000-1500 лет). В первые годы растет медленно, переносит затенение, в том числе и верхушечное. С 5-6 лет рост его ускоряется, верхушечное затенение с этого момента отрицательно сказывается на росте дуба, а боковое затенение («шуба»), наоборот, благоприятствует росту в высоту. Дуб требователен к богатству и влажности почвы. Оптимальными условиями для него являются свежие и влажные дубравы (D_2 - D_3), где он формирует насаждения первого класса бонитета. Может расти и в сухих дубравах, но производительность его при этом снижается до III-IV классов бонитета. Выращивают дуб и в судубравах (C_2 - C_3), где производительность его снижается из-за недостатка элементов питания (примерно на один класс бонитета по сравнению с D_2 - D_3).

Корневая система дуба мощная, хорошо развитая, со стержневым корнем, глубоко проникающим в грунт. Дуб способен использовать влагу глубоких слоев, что делает его устойчивым к засухе в условиях степи. Переносит засоление почвы. Выдерживает морозы до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то же время часто погибает поздними весенними заморозками. В степной зоне в бесснежные и малоснежные зимы имеет место вымерзание корней у молодых дубков, высаженных в лесные культуры. Дуб плохо растет на заболоченных участках. Проточное затопление способен выдерживать в течение 20 дней. В лесные культуры дуб вводят посевом желудей или посадкой 2-х летних сеянцев. В смешанных культурах вместе с дубом высаживают теневыносливые породы - граб, липу, клен остролистный и другие.

Ясень обыкновенный - крупное дерево высотой до 40 м и диаметром ствола до 1 м. Растет в широколиственных лесах европейской части России и на Кавказе. Древесина твердая, упругая, с красивой текстурой. Порода светолюбивая, верхушечного затенения не переносит. Теплолюбивее дуба черешчатого, но способен переносить морозы до $-35 \dots -40\text{ }^{\circ}\text{C}$. В молодом возрасте листья и молодые побеги ясеня обыкновенного нередко повреждаются поздними весенними заморозками. Предпочитает плодородные, свежие и влажные типы условий местопроизрастания (D_2 , D_3 , C_2 , C_3). Может расти и в сухих типах (D_0), но продуктивность его здесь заметно снижается. Корневая система поверхностного типа.

Ясень обыкновенный считается кальцефильной древесной породой. Повышенную кислотность почвы переносит плохо. Выращивают в смеси с

теневыносливыми породами (кленом, липой, грабом и др.). В лесные культуры вводят посадкой 1-летних сеянцев.

На юго-востоке ЕТС при выращивании лесных насаждений в качестве главной породы используют **ясень ланцетный (зеленый)** - интродуцент из Северной Америки. По скорости роста этот вид уступает ясеню обыкновенному. Светолюбив, отличается высокой засухоустойчивостью, морозостойкостью, устойчив к поздним весенним заморозкам, менее требователен к плодородию почв, способен переносить засоление почв. Выращивают в смеси с теневыносливыми древесными породами и кустарниками (кленом полевым, татарским и др.). В лесные культуры вводят посадкой 1-2-летних сеянцев.

Бук восточный произрастает в среднегорном поясе лесов Северного Кавказа. Это дерево высотой до 40 (50) м и диаметром ствола до 1,5-2,0 м. Древесина твердая, прочная, с характерной текстурой. Бук теневынослив, относительно теплолюбив, требователен к влажности воздуха. Предпочитает свежие и влажные плодородные почвы. Наиболее высокопроизводительные насаждения образует на высотах 700-1200 м над уровнем моря. В лесные культуры обычно вводят посадкой 2-3-4-летних сеянцев.

Клен остролистный - дерево высотой до 30 м и диаметром ствола до 1 м. Растет в смешанных и широколиственных лесах европейской части России, а также на Кавказе. Древесина твердая, прочная, с красивой текстурой. Теневынослив, зимостоек. Предпочитает свежие, рыхлые, плодородные почвы, но удовлетворительно растет и в сухих типах (Д₁). Часто вводится в качестве сопутствующей породы при выращивании лесных насаждений дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, ореха черного и др.

Береза. В лесах России произрастает несколько десятков видов берез (повислая, пушистая, плосколистная, даурская, низкая, Эрмана и др.). Важнейшим образователем березовых формаций в лесах России является береза повислая (известна еще как береза бородавчатая). Это дерево высотой до 25-35 м и диаметром ствола до 0,6-0,9 м. Отличается быстрым ростом. Светолюбива, зимостойка, легко переносит поздневесенние и ранневесенние заморозки. Среднетребовательна к плодородию и влажности почв. Может расти на бедных и сухих почвах. Крона березы ажурная, пропускает много света, поэтому под чистыми березовыми древостоями развивается обильный травяной покров. В лесные культуры вводят посадкой сеянцев.

Липа мелколистная - дерево высотой до 28 м и диаметром ствола до 1,5 м. Распространена в европейской части России от 62-63° северной широты до южных границ лесостепи. Растет на Кавказе, Урале, местами заходит в Западную Сибирь (до р. Иртыша).

Теневынослива, зимостойка, редко повреждается морозом. Хорошо растет на богатых, свежих и влажных почвах. Избегает заболоченных, засоленных и сильно сухих почв. Вводится как сопутствующая порода в лесные культуры дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, ореха черного, робинии лжеакалии и других пород.



Рисунок 2. – Липа мелколистная в рядовой посадке

Осина (тополь дрожащий). Дерево высотой до 30-35 м и диаметром ствола до 1 м. Имеет огромный ареал на территории России. Довольно светолюбива, зимостойка, устойчива к заморозкам, среднетребовательна к плодородию и влажности почвы. Мирится с некоторой бедностью почв, но в таких условиях не отличается хорошим ростом. Успешно переносит проточное затопление, но застоя воды не выдерживает. В естественных лесах образует чистые и смешанные насаждения (с елью, пихтой, березой и другими породами). В лесные культуры вводят посадкой семян.

Робиния лжеакация и гледичия обыкновенная - породы интродуценты из Северной Америки. История их выращивания в южных областях России насчитывает около 200 лет. Отличаются быстрым ростом, достигают высоты 30-35 м и диаметра ствола 60-80 см. Древесина твердая, высоких физико-механических качеств. Светолюбивы, недостаточно морозо- и зимостойки. Способны переносить засуху (особенно гледичия). Могут произрастать на почвах среднего плодородия, в том числе сухих и с некоторым засолением. Однако наивысшей продуктивности достигают на богатых, свежих, хорошо дренированных почвах. Заболачивание, затопление (в том числе и проточное) переносят плохо. Способны давать корневые отпрыски.

Робиния лжеакация является почвоулучшающей породой. На ее корнях имеются клубеньки, содержащие азотфиксирующие бактерии. На корнях гледичии обыкновенной клубеньков нет. Обе породы обладают ажурными кронами, пропускающими много света, что приводит к задержанию почвы. В лесные насаждения вводят в смеси с теневыносливыми древесными породами.

ми и кустарниками (кленами остролистным, полевым, татарским, липой и др.). Лесные культуры создают посадкой 1-но летних сеянцев и сравнительно редко - посевом семян.

Орех черный - интродуцент из Северной Америки. Дерево высотой до 30 м и диаметром ствола до 1 м. Древесина ценится выше древесины дуба черешчатого. Светолюбив, зимостоек, но может повреждаться поздними весенними заморозками. Предпочитает свежие и богатые типы условий местопроизрастания (D_2 , D_3). Может расти и в сухих условиях (D_0 , но производительность его при этом падает. Засоление почв переносит плохо. Крона ажурная, пропускает много света, что ведет к задернению почвы. Выращивают его в смеси с кленом остролистным, липой мелколистной и другими теневыносливыми деревьями и кустарниками. В культуры вводят посевом семян или посадкой 1-2 летних сеянцев.

4 РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

4.1 Особенности роста древесных растений и лесоводственные приемы воздействия на рост

Жизненный цикл древесных растений (их онтогенез) состоит из ряда последовательно наступающих возрастных периодов или этапов: эмбрионального, ювенильного, виргинильного, генеративного и старости.

Эмбриональный этап начинается еще на материнском растении и заканчивается образованием зародыша и семени.

Ювениальный этап начинается с прорастания семени и формирования нового растительного организма. Хвоя и листья в этот период отличаются от хвои и листьев взрослых растений.

Виргинильный этап - переход растений к образованию фотосинтезирующих органов, типичных для взрослого растения. На этом этапе растения обладают сильным вегетативным ростом и не способны к образованию генеративных органов. Этот этап называют еще фазой роста (девственным периодом).

Генеративный этап характеризуется способностью растений к образованию, наряду с вегетативными, также и генеративных органов.

Этап старости или старение - характеризуется ослаблением вегетативного роста, затуханием генеративных процессов, снижением устойчивости к факторам внешней среды и гибелью древесного растения.

Между ростом и плодоношением (семеношением) древесных растений существует обратная зависимость. С началом плодоношения (семеношения) уменьшаются и ослабляются ростовые процессы. Скороплодные формы древесных растений никогда не достигают таких крупных размеров, как формы, поздно вступающие в плодоношение (семеношение).

В годы обильных урожаев годовичные кольца деревьев имеют минимальную ширину. Чем чаще и обильнее плодоносит дерево, тем меньше его прирост по высоте и диаметру. Отсюда важные для лесовода выводы. Во-первых, если мы стремимся получить как можно больше древесины с единицы площади, то в лесные культуры необходимо вводить формы, поздно вступающие в плодоношение (генеративный этап) и слабо-плодоносящие. Во-вторых, различными лесоводственными приемами продлять этап роста и замедлять наступление плодоношения (семеношения). Этого можно достигнуть увеличением густоты древостоя и другими методами.

Наличие указанных корреляций между ростом и развитием растения позволяет по разному оценивать посадочный материал семенного и вегетативного происхождения. При вегетативном размножении растений (черенками, отводками, прививкой и т.п.) потомство не только наследует признаки маточного растения, но и раньше начинает плодоносить (на 2-4 года). Это свойство можно оценить как положительное при закладке плантаций ореха грецкого, лещины, облепихи, кизила и т.п., то есть в том случае, когда речь идет о получении плодов. Когда целью лесовыращивания является получение древесины, более раннее плодоношение следует рассматривать, как фактор отрицательный.

В первый год жизни большинство древесных растений в своей надземной части имеют одну точку роста. С возрастом появляются боковые побеги и число точек роста стремительно возрастает. Например, у 8-летних деревьев сосны, произрастающих в Донском учебно-опытном лесхозе, их насчитывается до 100-150 и более.

Рост боковых побегов приводит к замедлению роста центрального и в целом роста дерева в высоту. Чтобы ускорить рост центрального побега ствола, необходимо:

- замедлить рост боковых побегов, добиться их постепенного отмирания (достигается боковым отенением, путем введения «подгонных» пород);
- сократить число боковых точек роста (выламыванием или ошмыгиванием почек, обрезкой боковых ветвей и др.).

Удаление боковых почек и побегов ускоряет прирост ствола в высоту и по диаметру. Этот прием применяют при выращивании культур ели, сосны, осины, тополей, орехов черного и грецкого, бархата амурского, робинии лжеакалии и других пород. Обрезка боковых побегов в раннем возрасте позволяет выращивать менее сучковатую древесину (например, у сосны, ели), избегать ряда опасных заболеваний (стволовой гнили у осины и др.). В то же время обрезка боковых побегов имеет и ряд недостатков:

- прием требует значительных затрат сил и средств, что ведет к удорожанию лесовыращивания;
- после обрезки боковых побегов увеличивается ширина и изменяется структура годовичных колец ствола, а это снижает физико-механические качества древесины;

- у лиственных пород обрезка боковых ветвей эффективна при условии затенения ствола; если ствол хорошо освещен, то после обрезки из спящих и придаточных почек появляются новые боковые побеги и число точек роста восстанавливается или даже возрастает;

- при сырой погоде обрезка может создавать условия для проникновения в ствол спор грибов и других инфекционных начал.

У тополей осенью наблюдается «веткопад», при котором деревья сбрасывают боковые недостаточно развитые побеги. Этим также достигается уменьшение точек роста и усиливается рост деревьев в высоту. «Веткопаду» способствует ветер, поэтому для нормального роста тополей необходим простор, чтобы ветры разных направлений и силы время от времени гнули и раскачивали деревья. В России в последние десятилетия большое внимание уделяется плантационному выращиванию тополей с редким размещением посадочных мест, где ветер может выполнять свое полезное дело.

В регуляции роста древесных растений большое значение имеют внутренние корреляции - взаимовлияние органов. У древесных пород имеет место **явление апикального доминирования** - торможение роста боковых побегов и почек верхушечной почкой. Апикальное доминирование усиливается при боковом затенении и ослабляется при хорошем освещении. Повреждение верхушечной почки у хвойных усиливает рост побегов на нижерасположенных мутовках и часто ведет к формированию многоствольного уродливого дерева. По этой причине сеянцы и саженцы хвойных пород с поврежденной верхушечной почкой бракуются. У большинства лиственных растений повреждение верхушечной почки ведет к появлению побегов замещения, верхние почки которых выполняют функцию апикального доминирования.

Важной особенностью роста древесных растений является его ритмичность - чередование периодов роста и покоя. Существуют ритмы, следующие за изменениями во внешней среде (например, ростовые процессы в дневные и ночные часы протекают по разному) и ритмы, контролируемые внутренними факторами.

На рост древесных растений оказывают влияние фитогормоны, стимулирующие или ингибирующие ростовые процессы. Стимуляторами роста являются ауксины, гиббереллины и цитокинины. Ингибиторами - абсцизовая кислота, кумарин и другие соединения. Фитогормоны достаточно широко применяются при выращивании посадочного материала и закладке лесных насаждений.

Исключительно большое значение в жизни древесных растений играют экологические факторы (свет, тепло, влага и др.), которые определяют продолжительность вегетации, рост и продуктивность лесных насаждений.

При конструировании искусственных насаждений учитывают годовой и многолетний ритмы роста древесных растений. На протяжении вегетационного периода рост дерева в высоту и по диаметру происходит неравномерно. Физиологически рост в высоту заканчивается тогда, когда сформируется верхушечная почка. В центральных районах европейской части России рост в

высоту заканчивается у сосны и ели во второй половине июня – начале июля; у лиственницы - в первой половине августа; у дуба - во второй половине мая; у березы и осины - в первой половине июня. Продолжительность роста в высоту составляет: у сосны - 45-50 дней, у ели - 36-54 дня, у лиственницы Сукачева - 44-68 дней (В.П.Тимофеев, 1964); у дуба черешчатого - 21-55 дней, у березы повислой - 84 дня (К.Б.Лосицкий, В.С.Чуенков, 1980). Годовой ритм роста определяет продуктивность, устойчивость древесной породы и физико-механические качества ее древесины.

Как уже отмечалось, дуб черешчатый рано формирует прирост (в конце мая). В условиях степи (зона недостаточного увлажнения) это биоэкологическое свойство способствует устойчивости дубовых насаждений. Когда формируется основной прирост (апрель-май), почва еще содержит достаточный запас продуктивной влаги, который к июлю-августу резко сокращается, приближаясь к нулю.

Сроки окончания ростовых процессов влияют на устойчивость древесных растений к низким температурам. Когда рост древесных пород растягивается до сентября (софора японская, аморфа и др.), побеги часто не успевают одревеснеть до наступления холодов и побиваются первыми осенними заморозками.

В течение вегетации дерево растет в толщину. Физико-механические свойства древесины во многом определяются соотношением ранней и поздней древесины в годичном кольце. Плотность и объемная масса часто оказываются функционально связанными с долей поздней древесины в годичном кольце. Чем больше процент поздней древесины, тем выше ее физико-механические качества. У хвойных, например, средняя плотность поздней древесины нередко бывает в 2-3 раза выше, чем ранней (В.И.Вихров, 1949; Н.И.Стрекаловский, 1949 и др.).

Многолетние ритмы роста у разных древесных пород протекают по разному. Тополя, ивы, ольха, робиния лжеакация, гледичия обыкновенная, айлант высочайший и некоторые другие породы быстро растут в высоту в первые 10-15 лет. Затем рост их в высоту замедляется и к 30-40 годам полностью прекращается или составляет незначительную величину. Дуб черешчатый первые 4-5 лет медленно растет в высоту, кустится. С 6-7 лет прирост в высоту ускоряется, достигая максимума в 15-22 лет, затем постепенно уменьшается до 80-100 лет.

При определении оптимального состава насаждений необходимо считаться с законом большого роста и подбирать древесные породы так, чтобы кульминация роста в высоту у разных пород приходилась на разные возрастные этапы, поскольку в этот период происходит наибольшее потребление питательных веществ и влаги из почвы и усиливается межвидовая конкуренция. Если кульминация роста у древесных пород, входящих в состав насаждения, приходится на один и тот же возрастной этап, это ведет к ослаблению роста всех пород, снижению устойчивости насаждения.

4.2 Тропизмы

Древесным растениям присущи **тропизмы** - ростовые движения, обусловленные изгибанием или искривлением органов в ответ на факторы среды, действующие односторонне. Тропизмы свойственны растущим частям и являются следствием быстрого роста клеток на одной стороне побега, корня, листа. Они позволяют древесному растению эффективно использовать источники пищи, воду, свет, а также защищаться от неблагоприятного влияния различных факторов. Различают фототропизм, геотропизм, гидротропизм, аэротропизм и другие.

Фототропическая реакция позволяет растению при посредстве ростовых движений побегов поставить ассимилирующие органы в наиболее благоприятное положение по отношению к свету и использовать его наилучшим образом. Эта реакция сильнее выражена у светолюбивых пород и слабее - у теневыносливых. Сильнее она проявляется у молодых растений, слабее - у старых. Главный побег древесного, растения положительно реагирует на свет. При верхнем затенении верхушечный побег начинает искривляться по направлению к свету. Это приводит к изгибам и искривлению ствола, т.е. к ухудшению его качества.

При выращивании искусственных насаждений стремятся обеспечить равномерную освещенность крон. Это достигается равномерным размещением растений на площади при посадке, а в последующем – проведением рубок ухода.

Геотропизм - обусловлен силой притяжения земли. Свойство органа расти по направлению к центру земли называется положительным геотропизмом. Примером положительного геотропизма является рост стержневых корней. Ствол дерева, растущий в направлении, обратном действию силы тяжести - пример отрицательного геотропизма.

С геотропизмом лесовод имеет дело при выращивании искусственных насаждений на склоновых землях. При произрастании на склоне корневая система древесного растения развивается в основном вниз по склону и почти не растет вверх. Независимо от крутизны склона ствол дерева занимает вертикальное положение по отношению к центру земли.

Явление геотропизма можно наблюдать и у деревьев, стволы которых по разным причинам оказались в наклоненном или горизонтальном положении. Отрастающие от стволов побеги занимают вертикальное положение.

Явление геотропизма необходимо учитывать при проектировании насаждений на склонах, а также при проведении рубок ухода. Деревья с наклоненными стволами не могут формировать высококачественный ствол и должны вырубаться.

Гидротропизм - обусловлен неравномерным распределением воды в почве и связанным с ним неравномерным ростом корней. У древесных пород гидротропизм выражается в более быстром росте корней в сторону повышенного увлажнения (например, около оросительных и распределительных

каналов при наличии фильтрации воды). Гидротропизм приводит к формированию асимметричных корневых систем. Сила гидротропической реакции у разных пород неодинакова. Она сильнее выражена у влаголюбивых пород (например, тополей) и меньше у пород, малотребовательных к влаге. Гидротропизм проявляется в условиях недостатка влаги. Избыток влаги отрицательно сказывается на росте корней.

Аэротропизм - выражается в изменении направления роста корней, обусловленном односторонним действием какого-либо газа. Корни древесных растений обладают выраженным положительным тропизмом по отношению к кислороду и отрицательным - к углекислому газу и аммиаку. Уплотнение почвы (например, в лесах рекреационного назначения) ухудшает доступ кислорода к корням, что отрицательно сказывается на их росте.

Галотропизм. Корни большинства древесных растений, встречая сильно засоленные слои почвы, уходят в стороны, т.е. обладают отрицательным галотропизмом (И.А.Крупеников, 1947 и др.).

4.3 Особенности роста мужских и женских особей двудомных древесных растений

Для ряда древесных пород характерна двудомность и наличие мужских и женских особей (тополя, ивы, ясень ланцетный, айлант высочайший, клен ясенелистный, бархат амурский, шелковица белая и черная, облепиха крушиновая и др.). Половой диморфизм древесных растений изучен недостаточно, хотя этому вопросу посвящено значительное количество работ (М.А.Розанова, 1928, Л.Ф.Правдин, 1950, М.Д.Данилов, В.С.Степанов, 1953, С.Н.Макаров, 1954, Е.Г.Орленко, О.Ф.Сыромятникова, 1958, А.П.Нечаев, 1962, В.Б.Волкович, 1966, С.Б.Качановский, 1968, А.П.Царев, 1969, А.М.Ильин, 1969, В.К.Кириенко, С.А.Петров, 1973, Н.В.Лысова, 1977 и др.).

Не останавливаясь на морфологических различиях и физиологических особенностях мужских и женских особей, коснемся двух вопросов - роста и устойчивости деревьев разного пола. Многие исследователи отмечают, что в одинаковых условиях произрастания мужские особи достигают более крупных размеров, чем женские. По М.И.Вересину (1963), мужские деревья и клоны тополей растут быстрее женских на 20-25 %.

А.П.Царев (1969) установил, что в условиях Воронежской области мужские особи осины занимают менее плодородные участки, нежели женские. В мужских осинниках в возрасте 30 лет преобладали прямоствольные деревья с более крупными кронами. В 39-44-летнем возрасте преимущество мужских осинников по высоте составляло от 0,3 до 1,5 м; по диаметру различия в одном случае отсутствовали. В двух других преимуществе имели мужские осинники, у которых средний диаметр оказался больше на 1,6-1,7 см.

По данным Н.В.Лысовой (1977), в условиях Волгоградской области мужские особи ясеня зеленого (ланцетного) и клена ясенелистного имели

большую надземную фитомассу и размеры (высоту, диаметр). Мужские особи ясеня ланцетного в возрасте 21 и 24 года по высоте превосходили женские соответственно на 1,0 и 0,5 м. Мужские особи клена ясенелистного в возрасте 20, 36 и 9 лет превосходили женские по высоте соответственно на 2,6, 1,1 и 0,5 м. Лучший рост мужских особей характеризовался и лучшей биологической продуктивностью - в 1,5-2 раза более высокой, чем у женских особей.

В лесных культурах Донского учебно-опытного лесхоза Ростовской области мужские особи ясеня зеленого (ланцетного) в возрасте 20 лет имели: ср. высоту - $10,44 \pm 0,07$ м и ср. диаметр - $11,1 \pm 0,2$ см; женские - ср. высоту - $9,75 \pm 0,05$ м и ср. диаметр - $9,4 \pm 0,1$ см. Превосходство мужских особей по высоте составляло 1,04 м, по диаметру - 1,7 см (А.А.Кулыгин, 1990).

На бурых почвах Астраханской области, в возрасте 49 лет мужские деревья ясеня ланцетного (зеленого) имели ср. высоту - 11,5 м и диаметр на высоте груди - 31,0 см; женские особи в этом же возрасте имели ср. высоту 8,0 м и диаметр - 17,8 см. Разница в высотах составила 3,5 м, в диаметрах - 13,2 см в пользу мужских деревьев (Г.Л.Маттис, А.П.Баданов и др., 1975).

С.Н.Макаров (1954), Н.В.Лысова (1977) и другие указывают на большую устойчивость мужских особей к неблагоприятным факторам среды.

Согласно исследованиям, выполненным в разных регионах страны, женские экземпляры осины более устойчивы к сердцевинной гнили, чем мужские (Н.И.Федоров, Е.С.Раптунович, 1969, А.П.Царев, 1969, В.Б.Волкович, 1966 и др.).

Краткий обзор говорит о том, что при проектировании и выращивании лесных насаждений лесовод должен учитывать различия в росте и устойчивости мужских и женских особей.

При облесении оврагов и балок предпочтительнее использовать женские особи клена ясенелистного, ясеня ланцетного, айланта высочайшего, осины, облепихи крушиновой и других пород. Самосев перечисленных пород будет способствовать быстрому зарастанию откосов и предотвращению процессов эрозии.

На орошаемых землях, рисовых системах, наоборот, в защитные насаждения необходимо вводить мужские особи тополей, ив, ясеня ланцетного и др., так как женские образуют в большом количестве семена и сильно засоряют оросители и чеки самосевом. В озеленении предпочтение отдают мужским формам тополей, ив, шелковицы и некоторых других видов, поскольку женские особи сильно загрязняют территорию пухом и опадающими плодами (шелковица).

Продуктивность насаждений можно повысить введением мужских особей, достигающих более крупных размеров и обеспечивающих получение большего количества древесины.

Пол растений легко контролировать при вегетативном размножении. При семенном - это сделать трудно, поэтому процент участия мужских и женских особей в насаждении регулируют рубками ухода.

4.4 Роль гетерозисных и триплоидных форм в повышении продуктивности искусственных насаждений

Увеличение жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения (F_1) по сравнению с родительскими формами получил название *гетерозиса*.

Гетерозис может быть *истинный* - превосходство гибрида по какому-нибудь признаку над лучшим родителем, и *гипотетический* - превосходство гибрида над средней по обоим родителям. Различают также гетерозис *соматический* - более сильное развитие вегетативных органов у гибридных организмов; *репродуктивный* - мощное развитие репродуктивных органов и формирование более высокого урожая семян и плодов и *адаптивный* - повышение приспособленности гибридных организмов к изменяющимся условиям среды.

Гетерозис может быть *моногибридный одногенный*. Проявляется он при скрещивании двух гомозиготных линий, различия между которыми состоят только в генах одной аллельной пары.

Еще 200 лет назад русский академик И.Кельрейтер впервые научно установил, что гибриды первого поколения лучше растут, более долговечны, сильнее развивают свою вегетативную массу.

В лесокультурной практике явление гетерозиса используют для повышения продуктивности лесов (соматический гетерозис) и их устойчивости (адаптивный гетерозис). Репродуктивный гетерозис имеет хозяйственное значение при выращивании орехоносов, семечковых, косточковых и некоторых других пород.

У древесных пород явление гетерозиса наблюдается как при межвидовой, так и при внутривидовой гибридизации географически отдаленных и различных по условиям жизни форм. Явление гетерозиса выявлено, например, у некоторых межвидовых гибридов лиственниц (л. сибирская х л. европейская; л. сибирская х л. японская; л. европейская х л. японская и др.); у елей (е. колючая х е. обыкновенная); у некоторых сложных межвидовых гибридов орехов от повторных скрещиваний (о. маньчжурский х о. грецкий х о. черный и др.); у гибридных тополей: «Русского», «Максима Горького», «Советского пирамидального», «Яблокова» и других.

Опыт выращивания гетерозисных гибридов тополей в лесных культурах показал, что оборот рубки сокращается до 15-20 лет (вместо 30-40), запас древесины увеличивается в 2-6 раз.

По данным А.С.Яблокова (1970), межвидовые гибриды русской осины с серым и белым тополями, а также тополей бальзамического и душистого с осинкой, по силе роста (объему и диаметру) превосходят не только обычную диплоидную осину, но и осину триплоидную, отобранную в разных географических районах.

Триплоидные формы древесных растений (с тройным набором хромосом в ядре клетки) отличаются более высокой продуктивностью по сравне-

нию с обычными диплоидными формами. В 1935 году шведский селекционер Нильсон-Эле нашел на полуострове Лилле насаждение осины, которое выделялось большими темными листьями. Листовые черешки, почки, ветви, тычинки цветков и другие органы тоже были крупнее, чем у нормального типа осины. Цитологическое исследование показало, что насаждение состояло из триплоидных осин и представляло мужской клон. Обычные диплоидные формы этой породы имеют 38 хромосом (2×19), у триплоидных форм их 57 (3×19).

В возрасте 57 лет насаждение триплоидной осины превосходило одно-возрастное насаждение диплоидной осины по росту в высоту - на 11 %, по диаметру - на 10 %, по накоплению древесной массы - на 36 %.

Позднее в Швеции, СССР, Финляндии и других странах находили триплоидные формы осины. В нашей стране высокопродуктивные формы осины описаны А.С.Яблоковым (1949), С.П.Иванниковым (1952), Е.Г.Орленко (1964) и др.

Триплоидные формы известны у тополя серого, березы, ольхи, лиственницы и других пород. Использование триплоидных форм - один из способов повышения продуктивности искусственных насаждений.

4.5 Таксационные законы роста, и производительности древостоев

Для лучшего понимания особенностей роста и производительности насаждений необходимо вспомнить некоторые законы, отражающие связи между таксационными показателями древостоев, а также связи производительности древостоев с биологическими процессами, протекающими в древостоях.

Закон Эйхгорна-Герхардта. Эйхгорн (1904) установил, что *запас нормального древостоя является функцией средней высоты*. Эту же мысль развил Герхардт (1909), который на примере ели и сосны показал, что *общая производительность древостоев также является функцией средней высоты*. Дальнейшие исследования показали, что закон Эйхгорна-Герхардта нуждается в уточнении. В пределах одинаковой высоты общая производительность зависит еще от густоты и типа роста древостоев. В настоящее время общую производительность древостоя рассматривают, как функцию высоты, возраста, густоты и типа роста (В.В.Антанайтис и др., 1986).

Закон А.В.Тюрина. А.В.Тюрин (1913) пришел к выводу, что *нормальные сомкнутые чистые разновозрастные сосновые насаждения, имеющие в одинаковом возрасте равные высоты, имели одинаковый ход роста в прошлом и будут иметь одинаковый рост в будущем, независимо от того, находятся ли они в Германии, Петербургской или Архангельской губерниях*. Это положение проф. А.В.Тюрина легло в основу всеобщих таблиц хода роста древостоев и в основу всеобщей бонитировочной шкалы.

Более поздними исследованиями было установлено существование разных типов роста древостоев. По современным представлениям, ход роста разных древостоев можно считать идентичным при совпадении высот в трех (а не в одном!) возрастах (В.В.Загреев, 1978 и др.). Такими опорными возрастными для хвойных и твердолиственных пород в качестве придержки рекомендованы 50, 100 и 150 лет, для мягколиственных - 20, 50 и 80 лет (А.В.Антанайтис и др., 1986).

Закон Ассмана. Согласно этого закона *максимальный текущий прирост запаса древостоев* (а тем самым и общая производительность древостоев) *связан с оптимальной суммой площадей сечений*, которая зависит от древесной породы, возраста, условий среды (климата, условий местопроизрастания), хозяйственного режима.

Немецкие лесоводы выдвинули положение, что максимальный текущий прирост запаса обеспечивается оптимальной суммой площадей сечений при минимальном числе деревьев. При такой постановке хозяйство ориентируется на выращивание крупных деревьев.

Выявление оптимальных сумм площадей сечений производят на бонитетной или на почвенно-типологической основах. Оптимальную сумму площадей сечений в разном возрасте использовали для моделирования хода роста чистых сосновых и еловых древостоев.

Аллометрический закон роста. Изменение размеров одного показателя растения в зависимости от роста другого показателя в биологии принято называть относительным ростом.

Аллометрический закон гласит: *отношение скорости роста двух частей организма или элемента экосистемы* (например, древостоя в лесной экосистеме) *являются постоянными*. Любые таблицы хода роста свидетельствуют, что динамика всех таксационных показателей является взаимосвязанной. Между таксационными показателями деревьев существуют стохастические связи неодинаковой тесноты.

5 АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ НАСАЖДЕНИЙ

5.1 Общая оценка климата. Климатические законы роста

На распространение лесов, их видовой состав и производительность исключительно большое влияние оказывает климат. При оценке климата обращают внимание на его соответствие (или несоответствие) биологии леса, а также на соответствие (или несоответствие) биологии и экологии намечаемых для выращивания древесных пород.

Северная граница распространения лесов связана с тепловым фактором. Граница тундры с лесотундрой проходит примерно вдоль июльской изотермы 10 °С. Хотя на произрастание лесов отрицательно влияют многие

факторы (сильные зимние ветры, вызывающие потерю влаги растениями; ограниченная мощность почвы из-за близости вечной мерзлоты и др.), главным остается недостаток тепла.

Южная граница лесов связана с характером увлажнения территории. Г.Н.Высоцкий ввел понятие о лесной ксерохоре - граница распространения леса, определяемой засушливостью климата. В качестве показателя влажности и засушливости он предложил омброэвапорометрический коррелятив (ОК) - отношение годового количества осадков к испаряемости по Вильду (количество влаги в миллиметрах, испарившейся с открытой поверхности). Для лесной зоны ОК Высоцкого равен 1,24, для границы лесной и лесостепной зон - 0,97, для черноземной степи - 0,63 и для сухой степи - 0,33.

При проектировании искусственных насаждений в лесной зоне необходимо стремиться к улучшению теплового режима, а в зоне степи - к улучшению влагообеспеченности насаждений (исключение могут составлять пойменные участки с близким залеганием грунтовых вод и т.п.).

Тепловой режим и условия увлажнения оказывают большое влияние на прирост и продуктивность насаждений. Одним из первых обратил на это внимание проф. А.П.Тольский в статье «К вопросу о влиянии температуры и осадков на прирост сосны в толщину», опубликованной в «Лесном журнале» в 1904 году (№ 5). Работами А.П. Тольского, Н.С.Нестерова и других исследователей эта связь раскрыта достаточно полно.

Проф. С.Г.Заозерский в конце 40-х годов проанализировал рост древесных пород в Велико-Анадоле (по материалам Д.В.Померанцева) и, сопоставив их с метеорологическими показателями, установил прямую связь приростов ясеня с количеством выпадающих осадков.

По исследованиям В.В.Паракина (1974), в Ростовской области уменьшение количества осадков за год и за вегетационный период вызывало снижение приростов робинии лжеакации по высоте и диаметру. Условия увлажнения влияют не только на приросты, но и на устойчивость лесных насаждений. Массовое усыхание леса в степи, как правило, начинается после 2-3 засушливых лет.

При выращивании лесных насаждений для оценки условий увлажнения территорий часто используют гидротермический коэффициент (ГТК).

Годовой ГТК определяют путем деления годового количества осадков (миллиметров) на годовую температуру воздуха (градусов Цельсия).

Гидротермический коэффициент за период активной вегетации (ГТК Г.Т.Селянинова) рассчитывают по следующей формуле:

$$K = \frac{R * 10}{\sum t}$$

где R - сумма осадков за период с температурами выше 10°C , мм;
 $\sum t$ - сумма активных температур за то же время, $^{\circ}\text{C}$.

По Г.Т.Селянинову, северная граница степной полосы на всем пространстве ЕТС хорошо совпадает с изолинией $K - 1$, а северная граница полупустыни - с изолинией $K - 0,5$.

Коэффициент Г.Т.Селянинова дает представление о характере увлажнения территории и позволяет в стадии проекта решать ряд важных вопросов.

В зоне недостаточного увлажнения при выборе состава древостоя предпочтение отдают засухоустойчивым древесным породам, а системы обработки почвы должны быть направлены на накопление и бережное расходование влаги (исключение составляют участки с близким залеганием грунтовых вод).

В зоне достаточного увлажнения в состав древостоя могут вводиться незасухоустойчивые древесные породы, а при подготовке почвы задача накопления и бережного расходования влаги не ставится.

В зоне избыточного увлажнения обработка почвы, способ посадки леса должны быть направлены на уменьшение отрицательного влияния избытка влаги. Зона избыточного увлажнения, как правило, характеризуется недостатком тепла, поэтому состав, полноту и форму древостоя выбирают так, чтобы обеспечить оптимальный тепловой режим в насаждении.

Общая оценка климата включает анализ теплового режима (средние месячные и годовые температуры воздуха; сумма положительных температур за период вегетации; продолжительность периодов вегетации и безморозного периода; даты первых и последних заморозков и др.), условий увлажнения (ср. месячное и годовое количество осадков, испаряемость, относительная влажность воздуха и др.), ветрового режима (скорость и направление ветров и др.).

При общей оценке климата обращают внимание на абсолютный минимум и абсолютный максимум температур воздуха. Сильные морозы могут приводить к периодическому обмерзанию, нередко и к гибели древесных растений, а высокие летние температуры - вызывать ожог ("подгорание") листьев, снижение устойчивости и продуктивности деревьев. Способность разных видов древесных растений переносить сильные морозы и жару неодинакова. Крайне низкие и крайне высокие температуры могут явиться препятствием для выращивания отдельных видов деревьев и кустарников. Так, взрослые деревья ореха грецкого успешно выносят морозы до -25°C . При морозах от $-25,1$ до -30°C отмечается подмерзание 1-2 летних побегов; морозы же -35°C и ниже, как правило, приводят к вымерзанию деревьев. Создание промышленных плантаций и лесных насаждений ореха грецкого будет перспективно в районах, где зимние температуры не опускаются (или редко опускаются) ниже -25°C . Необходимо иметь в виду, что подмерзание 1-летних побегов ореха грецкого ведет к потере прироста и урожая (женские цветки у этой породы образуются на побегах текущего года).

В степной и отчасти в лесостепной зонах накопление влаги в почве осуществляют за счет снегозадержания. В малоснежные зимы снегоза-

держание может оказаться малоэффективным приемом, поэтому такие данные, как мощность снежного покрова, даты его появления и схода, запасы воды в снеге и колебание их по годам важны для лесовода при разработке системы обработки почв под лесные культуры. Снежный покров, кроме того, защищает почву от глубокого промерзания, а корни древесных растений - от вымерзания.

В общую оценку климата необходимо включать и анализ температуры почвы на глубине залегания корневых систем. Следует отметить, что морозостойкость корневых систем древесных пород значительно ниже морозостойкости их надземных частей. Так, вымерзание корней робинии лжеакалии начинается при температуре -6, -7 °С, каштана конского -10, -11°, липы крупнолистной при -13, -14°, клена остролистного -16°, липы мелколистной - при -18°, тополя бальзамического -19, -20°, березы бородавчатой -19°, лиственницы сибирской -25° и ели обыкновенной - при -33 °С (Е.И.Авдошин, 1959).

Для районов, где почвы подвержены дефляции, необходим анализ ветрового режима (направлений и частоты проявлений опасных ветров). Система обработки почвы здесь должна обеспечивать защиту ее от дефляции (кулисный пар, кулисная обработка почвы и др.). Ветер является причиной ветровала и ветролома деревьев в лесу. Данные о сильных ветрах (более 15 м/с), их направлении, частоте проявления важны для проектирования ветроустойчивых насаждений.

Проектируя искусственные насаждения, лесовод стремится к максимальной их продуктивности, поэтому общая оценка климата часто используется для оценки возможной производительности древостоев. При определении продуктивности леса применяют ряд индексов.

П.И.Колосков (1963) предложил при оценке климата применять биоклиматический потенциал, в основе которого лежит предпосылка, что накопление органического вещества и прохождение фаз развития растений примерно пропорциональны положительной температуре в степени 3/2.

По С.Патерсону (1956), годовая производительность древостоев (текущий прирост запаса) в разных климатических зонах является функцией гидротермического режима территории и характеризуется индексом CVP (C - климат, V - растительность, P - продуктивность).

Индекс CVP вычисляют по формуле:

$$CVP = \frac{T}{T_a} \cdot P \cdot \frac{G}{12} \cdot \frac{E}{200},$$

где T - среднемесячная температура наиболее жаркого месяца, °С;

T_a - разница между среднемесячными температурами наиболее жаркого и наиболее холодного месяца;

P - среднегодовое количество осадков, мм;

G - продолжительность вегетационного периода, мес.;

E - местная солнечная радиация (обуславливающая транспирацию).

Установлена следующая связь между средним текущим приростом запаса и климатическим индексом:

Индекс <i>CVP</i>	Среднегодовой текущий прирост запаса, м ³ /га
0-25	0 (вегетация невозможна)
25-100	0-3
100-300	3-6
300-1000	6-9

Климатический индекс Патерсона дает общие представления о потенциальных возможностях отдельных климатических районов и мало что значит для практики проектирования лесных насаждений. При расчете текущего прироста не учитываются условия местопроизрастания, состав, возраст, полнота и другие факторы, влияющие на прирост насаждений.

К.Б.Лосицкий и В.С.Чуенков (1980) в качестве комплексного показателя приняли радиационный индекс сухости (показатель климатических условий увлажнения). Этот показатель в соизмеримых величинах (ккал) характеризует соотношение между радиационным балансом и суммой осадков за год или вегетационный период. К.Б.Лосицкий и В.С.Чуенковым (1980) установлена следующая закономерность.

На единицу радиационного баланса (1 кДж/см²/год) или на 100 ОС активных температур при общей обеспеченности влагой приходится для насаждений отдельно взятой древесной породы в одинаковом возрасте одна и та же величина годичного прироста древесины независимо от географического района. Эта величина названа показателем потенциальной продуктивности (P_T).

Показатели потенциальной продуктивности насаждений основных лесообразующих пород на европейской территории приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели потенциальной продуктивности насаждений основных лесообразующих пород, м³ на 1 га/год

Порода	На 1 кДж/см ² /год		На 100 °С активных температур	
	по запасу па корню	по общей продуктивности	по запасу на корню	по общей продуктивности
Сосна	0,04	0,08	0,22	0,40
Ель обыкновенная	0,06	0,10	0,31	0,52
Дуб черешчатый	0,03	0,05	0,19	0,31
Береза	0,04	0,05	0,20	0,27
Осина	0,05	0,07	0,26	0,38
Ольха черная	0,04	0,05	0,21	0,28

Величина P_m полностью согласуется с быстротой роста отдельной древесной породы, то есть со способностью накапливать фитомассу в определенном количестве в единицу времени.

5.2 Анализ изменений теплообеспеченности, условий увлажнения и частоты проявления неблагоприятных природных явлений в течение жизни одного поколения леса

Такой анализ позволяет предвидеть кризисные явления в жизни леса в связи с изменениями (отклонениями) климата от нормы и намечать меры по снижению отрицательных последствий. Чтобы проектировать устойчивые насаждения, необходимо четко представлять, что может создавать угрозу существованию леса.

При оценке климата пользуются многолетними данными, охватывающими разные отрезки времени (10, 15, 20, 25 лет и т.д.). Агронома могут удовлетворить 20-летние данные о количестве осадков, так как он имеет дело с выращиванием 1-2 летних растений. Лесоводу необходимо иметь данные как минимум за период жизни одного поколения леса, а это может составлять 80-100 лет и более.

Оценка теплообеспеченности может осуществляться через сумму положительных и активных температур за период вегетации. Как недостаток, так и избыток тепла могут отрицательно сказываться на росте насаждений.

В южных районах ЕТС основным лимитирующим фактором в жизни леса является влага, поэтому анализ возможных изменений условий увлажнения в течение жизни одного поколения леса необходимо проводить в стадии проектирования. Приходную часть водного баланса в степи и полупустыне составляют атмосферные осадки (за исключением участков с близким залеганием грунтовых вод). Если продолжительность жизни леса в степи 60 лет (а это зависит от условий местопроизрастания, состава насаждения и других причин), то среднее количество осадков за 60 гидрологических лет мы вправе рассматривать как норму для данного географического пункта. Сравнивая количество осадков за конкретный гидрологический год с нормой, можно судить о степени отклонения их от нормы. Уменьшение осадков от нормы более, чем на 20 %, заметно сказывается на приростах, а более значительное уменьшение - на 30-40 % и более - приводит к суховершинности. Массовое усыхание леса в степи, как правило, начиналось после 2-3 засушливых лет, следовавших один за другим.

Оценка условий увлажнения может осуществляться через анализ годовых гидротермических коэффициентов (ГТК) и ГТК за период активной вегетации (Селянинова).

Для степных лесов неблагоприятными природными явлениями считаются:

- суровые зимы с крайне низкими температурами воздуха и почвы, при которых случается обмерзание деревьев, образование на стволах морозобойных трещин, подмерзание корневых систем;
- гололедные явления с массовыми поломками деревьев;
- в летний период дни с атмосферной засухой (относительная влажность воздуха 30 % и ниже);

- дни с крайне высокими (балластными) температурами (+35 °С и выше);
- пыльные бури (дефляция почв) и другие.

При анализе изменения климатических элементов (температуры, осадков и др.) применяют метод скользящих десятилетних средних. Этот метод заключается в сглаживании сравнительно коротких колебаний и выявлении колебаний более продолжительных. Так, по В.М.Батовой (1966), с 1890 по 1960 гг. на Северном Кавказе хорошо прослеживается периодическое колебание количественных характеристик осадков и температуры воздуха. Установлена синхронность изменения скользящих средних температур воздуха и осадков по ряду пунктов Северного Кавказа. По мнению В.М.Батовой (1966), двадцатилетняя цикличность колебаний климата в рассматриваемом районе обязана изменением атмосферной циркуляции, которая, в свою очередь, обусловлена солнечной активностью.

Одновременно с анализом неблагоприятных явлений необходимо вести поиск приемов и средств, устраняющих или смягчающих неблагоприятное воздействие климата на лесные насаждения.

При всей важности изучения температурного режима, условий увлажнения и других климатических элементов за период жизни одного поколения леса (50-100 лет непрерывных наблюдений и более) - это все же информация о прошлом климате. Для лесовода большое значение имеет прогноз изменения климата и связанного с ним роста насаждений на ближайшие 50-100 лет и более.

На климат земли оказывают влияние планетарные явления (извержения вулканов, землетрясения и др.), деятельность человека (антропогенный фактор) и космические факторы (прежде всего солнечная активность). Для климата земли характерна цикличность процессов. Долгосрочное прогнозирование различных природных процессов основывается в основном на выявлении и изучении длительных циклов. В XX столетии сформировалась наука хронодендроклиматология, которая занимается реконструкцией климата былых эпох и прогнозированием его изменения в будущем. Хронодендроклиматология основывается на анализе приростов деревьев разных видов за длительный период времени (300-500 лет и более), выявлением цикличности изменений климата. Циклы длительностью менее одного столетия изучены более или менее удовлетворительно, что позволяет прогнозировать рост лесных насаждений в отдельных крупных регионах страны.

6 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

6.1 Оценка почв. Бонитет почв как показатель условий местопроизрастания

На рост лесных насаждений большое влияние оказывают почвенные и гидрологические условия.

Разные типы почв отличаются неодинаковым сложением, мощностью гумусового горизонта, содержанием гумуса, гранулометрическим составом, различной величиной рН почвенного раствора и др. Оценка почв сводится к оценке их пригодности для выращивания лесных насаждений, потенциально-го плодородия, влияния на устойчивость, долговечность и продуктивность будущего лесного насаждения.

При оценке почв учитывают мощность гумусового горизонта, содержание гумуса в почве, гранулометрический состав и др. Важным показателем является запас гумуса в расчете на 1 га площади.

Н.П.Болотина (1947) установила, что запасы гумуса в метровом слое составляют:

- в обыкновенных черноземах - 475-645 т/га;
- южных черноземах - 225-382 т/га;
- темно-каштановых почвах - от 173 до 310 т/га;
- в светло-каштановых почвах - от 105 до 193 т/га.

На незеродированных черноземах правобережья Дона запасы гумуса в слое 0-100 см по Е.В.Полуэктову и В.В.Турулеву (1995) следующие (т/га): обыкновенные черноземы - 442; североприазовские - 424 и южные - 337.

Ниже представлено описание почвенного профиля чернозема обыкновенного, сформированного под насаждением дуба черешчатого в условиях Донского лесхоза Ростовской области.

Почва – чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый с мощностью гумусового горизонта ($A_{++}B_1+B_2$)–81см.

A_0 (0-2 см) – лесная подстилка.

A (2-55 см) – гумусово-аккумулятивный горизонт, темно-серый, уплотненный тяжелосуглинистый, зернисто-комковатой структуры; большое количество корней, новообразований, включений нет, сухой, от 10 %-го HCl вскипает с глубины 44 см, переход в следующий горизонт постепенный.

B_1 (55-67 см) – гумусово-элювиальный горизонт, серый, уплотненный, наличие корней, вскипает от 10 %-ного HCl, новообразований, включений нет, свежий, переход в следующий горизонт постепенный.

B_2 (67-83 см) – гумусово-иллювиальный горизонт, серо-бурый, тяжелосуглинистый, плотный, вскипает от 10 %-ной HCl, свежий, переход в нижележащий горизонт заметный.

BC (83-121 см) – переходный, светло-бурый с затеками гумуса, комковатой структуры, небольшое количество корней, карбонаты в виде прожилок, включений, новообразований нет.

С – материнская порода – лессовидный суглинок желто-бурого цвета.

Именно запасы гумуса (т/га) во всей толще гумусового горизонта приняты проф. Ф.Л.Гаврилюком (1974) за основу при бонитировке черноземов и каштановых почв Нижнего Дона и Северного Кавказа (таблица 3). Кроме того, Ф.Л.Гаврилюк (1974) вводит поправочные коэффициенты на гранулометрический состав и степень смытости почв.

Поправочные коэффициенты на гранулометрический состав почв следующие: глинистые - 0,7-0,9; тяжелосуглинистые - 0,9-1,0; среднесуглинистые - 0,8-1,0; легкосуглинистые - 0,7-0,8; супесчаные - 0,5-0,6; песчаные мелкозернистые - 0,3; песчаные крупнозернистые - 0,1.

Таблица 3 - Бонитировка почв Нижнего Дона и Северного Кавказа
(по Ф.Я.Гаврилюку, 1974)

Баллы	Ростовская область	Краснодарский край	Ставропольский край
160	-	Черноземы предкавказские выщелоченные	-
151-160	Черноземы предкавказские промытые	Черноземы предкавказские промытые	-
141-150	Черноземы предкавказские карбонатные	Черноземы предкавказские карбонатные	-
131-140	Черноземы североприазовские промытые	-	Черноземы предкавказские выщелоченные
121-130	Черноземы североприазовские карбонатные	-	Черноземы предкавказские карбонатные
111-120	Черноземы обыкновенные на лессовидных породах	-	-
101-110	Черноземы обыкновенные на глинах	-	Черноземы предкавказские каштановые
91-100	Черноземы южные на лессовидных породах	-	-
81-90	Черноземы южные на глинах	-	-
71-80	Темнокаштановые почвы на лессовидных породах	-	Темнокаштановые почвы на лессовидных породах
61-70	Темно-каштановые почвы на глинах	-	Темно-каштановые почвы на глинах
51-60	Каштановые почвы	-	Каштановые почвы
41-50	Светло-каштановые почвы	-	Светло-каштановые почвы

Поправочные коэффициенты на степень смытости почв: слабая - 0,6-0,8; средняя - 0,4-0,6; сильная - 0,2-0,3.

В качестве эталона при оценке почв принят обыкновенный чернозем с мощностью горизонта $A + B = 75$ см и запасом гумуса 425 т/га (100 баллов).

Приведенная бонитировка почв (как и другие бонитировки) разрабатывалась применительно к выращиванию сельскохозяйственных культур (зерновых). Корневая система деревьев проникает на значительную глубину, многократно превышающую мощность гумусового горизонта (на 4-8 м и более). Однако многие исследователи отмечают, что основная масса корней древесных пород залегает в гумусовом горизонте, который является главным источником элементов питания для древесных растений, а при глубоком залегании грунтовых вод - и основным источником влаги (И.Н.Рахтеенко, 1952, Н.М.Светлицев, Н.Н.Бабкин, 1974, А.И.Шабаев, 1969 и др.).

Исследования И.И.Даньшина и А.А.Васильковича (1971), проведенные на Нижнем Дону, указывают на прямую связь роста и сохранности культур дуба в зависимости от почвенно-грунтовых условий. Лучший рост отмечен на обыкновенных, предкавказских и североприазовских черноземах (11,2 - 1,0 - 1а,9 классы бонитета). На южных черноземах дуб рос хуже (класс бонитета IV,3-II,3). На каштановых почвах с разной степенью засоления класс бонитета искусственных насаждений дуба составлял IV,6-III,5.

Приведенные примеры показывают, что с уменьшением бонитета почв уменьшается и бонитет искусственных насаждений.

Однако бонитет почв не учитывает такой важный показатель, как обеспеченность почвы влагой, которая оказывает существенное влияние на рост и производительность лесных насаждений.

В Д.Зеликов (1971) для Щелковского учебно-опытного лесхоза (Московская область) установил следующую зависимость между высотой 60-70-летних сосновых насаждений и уровнем грунтовых вод (таблица 4).

Приведенные данные указывают на прямую зависимость высоты сосны от уровня залегания грунтовых вод. При увеличении глубины залегания грунтовых вод происходит увеличение высоты и класса бонитета сосны.

Таблица 4 - Зависимость между высотой сосновых насаждений и уровнем грунтовых вод

Глубина грунтовых вод, см	Число проб	Высота сосны, м (M)	$\pm m_m$	$\pm V, \%$	$\pm P, \%$	Класс бонитета
0-40	51	15,8	0,477	21,6	3,02	III-IV
41-80	24	19,7	0,560	13,6	2,84	II
81-120	11	21,4	0,420	6,6	1,98	II-I
более 121	54	24,5	0,370	10,4	1,54	I

Почвенное плодородие нельзя охарактеризовать каким-то одним признаком. Богатство условий местопроизрастания определяется комплексом факторов (содержанием гумуса и элементов питания в почве, ее гранулометрическим составом, степенью увлажнения, присутствием глеевых горизонтов и др.). Необходимо также иметь в виду, что при наличии многих благоприятных условий, если одно из них минимальное, то именно это условие будет лимитировать рост насаждений. В степной зоне в качестве основного лимити-

тирующего фактора выступает недостаток влаги в почве. В условиях Московской области, как следует из таблицы 4, лимитирующим фактором является избыток влаги.

Для оценки потенциального почвенного плодородия в условиях действия антропогенного фактора в качестве индикатора В.С.Чуенков (1980) использовал верхнюю высоту (высоту лучших деревьев в древостое). Индикатор верхняя высота применим для естественных лесов, когда решается вопрос выбора главной породы.

Преимущество верхней высоты заключается в том, что самые высокие и самые толстые деревья не изменяют своего ранга в течение всей жизни насаждения. Какой бы вид рубок ухода ни проводили, верхняя высота всегда остается почти неизменной, так как при уходах все высокие деревья обычно не вырубает.

Если две исследуемые породы имеют одинаковый возраст, то сравнение их можно осуществлять непосредственно по абсолютному значению верхней высоты. Когда возраст сравниваемых пород различен, то оперируют средним приростом по верхней высоте преобладающих по возрасту деревьев.

Средний прирост по верхней высоте одной и той же древесной породы изменяется с изменением почв и может служить индикатором для оценки их плодородия. Для автотрофных дерново-подзолистых средне-суглинистых почв (Загорский лесхоз Московской области) В.С.Чуенковым установлена зависимость между средним приростом по верхней высоте ели и физико-химическими свойствами почвы, которая выражается линейным уравнением множественной регрессии.

Индикатор верхняя высота имеет много общего с бонитетом насаждений, который может служить одним из показателей оценки лесорастительных условий и устанавливается по высоте и возрасту. Но при использовании индикатора верхняя высота оперируют не средней высотой (подверженной колебаниям вследствие проведения рубок ухода, санитарных рубок и др.), а высотой лучших деревьев.

6.2 Типы леса (типы условий местопроизрастания)

Академик В.Н.Сукачев определял тип леса по главной древесной породе и растениям-эдификаторам. Сосновые леса он делит на 6 групп, в каждой из которых выделены типы леса. Еловые леса также делятся на группы с выделением в каждой из них типов леса.

Главная древесная порода и растение-эдификатор позволяют лесоводу косвенно оценивать условия местопроизрастания. Ель - порода, требовательная к богатству и влажности условий местопроизрастания. В бедных и сухих типах условий местопроизрастания она вытесняется другими породами (сосной, березой и др.). Сосна способна расти в бедных и сухих типах условий местопроизрастания, но может расти и по болоту. Сосняки-брусничники

произрастают на бедных, хорошо дренированных почвах (в покрове преобладает брусника). Сосняки-кисличники отличаются большим богатством почвы (в покрове преобладает кислица). Сосняки-сфагновые приурочены к заболоченным почвам низкого бонитета. Сосняки липовые и сосняки лещинные относятся к группе сложных сосняков и произрастают на богатых почвах.

Типология акад. В.Н.Сукачева разрабатывалась применительно к лесам естественного происхождения. В южных безлесных и малолесных областях широкое признание получила эдафическая сетка проф. Е.В.Алексеева и акад. П.С.Погребняка.

Эдафическая сетка Алексеева-Погребняка классифицирует типы условий произрастания (типы лесных участков, эдатопы) по признаку трофности (богатства почв) и степени увлажнения (таблица 5).

Таблица 5 - Эдафическая сетка Алексеева-Погребняка

Гигротопы	Трофотопы			
	А - бор	В - су- борь	С- сугрудок	Д-груд
0 - очень сухие	A ₀	B ₀	C ₀	D ₀
1 – сухие	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
2 – свежие	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
3 – влажные	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃
4 – сырые	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄
5 - мокрые (болота)	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅

Все многообразие условий местопроизрастания подразделяется на 24 типа. При выделении типов учитывают совокупность признаков, из которых основными являются видовой состав растительности и ее производительность или рост. В качестве вспомогательных признаков используют морфологическое строение, гранулометрический и химический состав почв, топографическое положение участка, уровень грунтовых вод и др.

Наращение богатства условий местопроизрастания идет от боровых типов к грудам. Зная требования древесных растений к богатству и влажности условий местопроизрастания, подбирают главные, сопутствующие породы и кустарники. В боровых и суборовых типах условий местопроизрастания в качестве главных пород используют сосну, лиственницу, березу. Породы, требовательные к богатству почв (дуб черешчатый, бук восточный, ель, пихта, ясень обыкновенный, клен остролистный, липа мелко- и крупнолистная, лещина и др.), выращивают в богатых типах условий местопроизрастания (в первую очередь в грудях, отчасти - в сугрудках). Породы, требовательные к богатству почв, не следует выращивать в боровых и суборовых типах, где они плохо растут, имеют низкую продуктивность и долговечность. Влаголюбивые породы (ольха, тополи, древовидные ивы) не следует проектировать

для выращивания в сухих и очень сухих типах, где они не способны нормально расти.

Эдафическая сетка Алексеева-Погребняка не учитывает ряд важных при выращивании лесных насаждений факторов, поэтому в пределах отдельных типов условий местопроизрастания выделяют еще **подтипы** (также по богатству и влажности) и **варианты**.

Варианты выделяют по реакции почвенного раствора (ацидофильные варианты), содержанию извести (кальциефильные), нитратных азотных соединений (нитрофильные), наличию вредных солей (галофильные варианты) и др. При выращивании лесных насаждений во многих случаях важно установить отдельные варианты, так как многие древесные породы очень чувствительны к отмеченным факторам.

Типология проф. А.Л.Бельгарда (1971) разработана для степных естественных и искусственных лесов.

Группу естественных лесов представляют пойменные, байрачные и аренные леса. В отличие от типологии Алексеева-Погребняка, ордината трофности заменена А.Л.Бельгардом на ординату минерализованности, где выделены следующие трофотопы:

АВ - физически бедные почвы, чаще всего глинистые пески;

В - относительно физически бедные почвенно-грунтовые условия, обычно связанные с легкими супесями или глинистыми песками;

ВС - относительно физически бедноватые почвенно-грунтовые условия;

С - относительно богатые трофотопы, связанные с супесчаными почвами;

Д - наиболее богатые местообитания, тяготеющие к плодородным суглинкам или супесям, подстилаемым прослойками глин или суглинков;

Д_с - встречается на более выщелоченных почвах;

Д_{ас} - характеризует наиболее благоприятные лесорастительные условия, способствующие формированию сложных лесных ценозов;

Д_п - тяготеет к почвам, отличающимся известной карбонатностью и в более влажных гигротипах - развитием нитрификационных процессов;

Де - формируется в пределах продолжительно поемных местообитаний и отличается некоторой солонцеватостью;

Е - типы леса, формирующиеся на физиологически относительно бедных почвах, которые характеризуются в поймах признаками засоления, а в условиях овражно-балочных систем - карбонатностью.

Кроме того, выделены еще трофотопы F и G, связанные с кустарниковыми ценозами.

По характеру увлажнения выделено девять гигротопов:

0 - очень сухие местообитания;

0-1-сухие;

1 - суховатые;

1-2 - свежеватые;

- 2 - свежие;
- 2-3 - влажноватые;
- 3 - влажные;
- 4 - сырые;
- 5 - мокрые.

Пойменные леса подразделяются на две группы: продолжительно-пойменные и краткопойменные, применительно к которым выделены типы леса.

Типология искусственных лесов степной зоны строится А.Л.Бельгардом (1971) с учетом типов местоположения (пойменные, аренные и плакорные). Пойменные условия обозначаются индексом.

В пределах типа местоположения, почвы по гранулометрическому составу делятся на: пески (П), супеси (СП) и суглинки (СГ). Засоленные типы имеют свой индекс (З). Учитывается тип (подтип) почвы (обыкновенные черноземы, южные черноземы, темно-каштановые почвы).

Гигротопы выделяются по тем же признакам, что и для естественных лесов (0 - очень сухие; 0-1 - сухие; 1 - суховатые; 1-2 - свежеватые; 2 - свежие; 3 - влажные; 4 - сырые; 5 - мокрые).

Типология А.Л.Бельгарда сложна, громоздка, отличается большой дробностью, но она позволяет достаточно полно оценивать лесорастительные условия и определять как ассортимент пород для выращивания, так и тип лесного насаждения, в наибольшей степени соответствующий этим условиям.

Кроме рассмотренных, имеется большое число типологий, разработанных разными авторами (начиная с классика отечественного лесоводства Г.Ф.Морозова), которые могут быть использованы при оценке условий местопроизрастания. Необходимо однако иметь в виду, что тип лесорастительных условий может изменяться под влиянием разных факторов. Вырубка лесов, состоящих из сильно транспирирующих древесных пород и замена их породами с меньшими транспирационными расходами может приводить к превращению влажных типов в сырые. Возможны и обратные превращения (сырых - во влажные и т.п.).

6.3 Коэффициент экологического соответствия К.Б.Лосицкого

В качестве показателя оценки почвенных условий для прогнозирования продуктивности насаждений определенного состава К.Б.Лосицкий (1968) предложил ввести коэффициент экологического соответствия Кэс.

Коэффициент экологического соответствия определяют по отношению величины запаса на корню в возрасте спелости или среднего годовичного прироста при данных почвенных условиях к запасу или годовичному приросту насаждений на почвах наиболее высокого плодородия, обеспечивающих выращивание насаждений наивысшей продуктивности в пределах того или ино-

го географического района. Наивысший запас принимается за единицу, для всех других почвенных условий Кэс выражается в долях единицы.

По К.Б.Лосицкому (1980), в сосновых лесах Белоруссии наивысшей продуктивности насаждения сосны достигают в типе леса сосняк кисличный на дерново-подзолистых, легкосуглинистых, свежих почвах, где класс бонитета составляет Ia, запас на 1 га в возрасте спелости 785 м^3 и коэффициент экологического соответствия равен 1,00. В сосняке орляковом, на дерново-подзолистых, суглинистых почвах, подстилаемых суглинком, насаждения сосны имеют I класс бонитета и запас на 1 га в возрасте спелости - 625 м^3 . Разделив запас 625 м^3 на 785 м^3 , получим коэффициент экологического соответствия Кэс = 0,80. В сосняке вересковом на дерново-подзолистых, песчаных, суховатых почвах насаждения сосны в возрасте спелости имеют III класс бонитета и запас $380 \text{ м}^3/\text{га}$. Коэффициент экологического соответствия для этих условий будет равен

$$\text{Кэс} = 0,48 \quad (380 \text{ м}^3 / 785 \text{ м}^3 = 0,48).$$

В Московской области на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава коэффициент экологического соответствия для сосны и ели следующий (по К.Б. Лосицкому, 1980):

	Сосна	Ель
Тяжелосуглинистые	-	0,74
Среднесуглинистые	0,80	1,00
Легкосуглинистые	1,00	0,74
Супесчаные	0,80	0,58
Песок связный	0,63	0,42
Песок рыхлый	0,48	-

По типам условий произрастания для центральной и западной части зоны смешанных лесов Кэс для сосны имеет следующий ряд:

$$\begin{aligned} A_1 - 0,37; \quad A_2 - 0,48; \quad A_3 - 0,63; \quad A_4 - 0,48; \quad A_5 - 0,25; \\ B_2 - 0,80; \quad B_3 - 1,00; \quad B_4 - 0,63; \quad C_2 - 1,00. \end{aligned}$$

Через коэффициент экологического соответствия можно прогнозировать продуктивность проектируемых лесных насаждений. Так, в условиях Белоруссии, наивысший запас в возрасте спелости еловые насаждения имеют в типе леса ельник снытьевый на дерново-подзолистых, суглинистых, влажных почвах - $1126 \text{ м}^3/\text{га}$ (Кэс = 1,00). В ельнике черничном на дерново-подзолистых супесчаных оглеенных влажных почвах Кэс для ели равен 0,56. В этом случае запас еловых насаждений в возрасте спелости составит $630 \text{ м}^3/\text{га}$ ($1126 \text{ м}^3 \times 0,56 = 630 \text{ м}^3$).

6.4 Количественные методы оценки условий местопроизрастания

Типология В.Н.Сукачева (как и типологии других авторов) позволяет лишь косвенно судить о богатстве и влажности условий местопроизрастания.

Не содержит количественных показателей оценки условий местопроизрастания и эдафическая сетка Алексеева-Погребняка. Условия увлажнения получают лишь словесную оценку (сухие, свежие, влажные и т.п.), а соответствующий ряд трофности позволяет судить о богатстве (груд - богатые условия; бор - бедные и т.п.).

Типология А.Л.Бельгарда (1971) разработана применительно к отдельным типам почв. Это позволяет оценивать богатство условий местопроизрастания отчасти и количественно (через запасы гумуса в т/га).

В южных областях России, при выращивании лесных насаждений в степи и полупустыни, лесоводы сталкиваются с крайне неоднородными, сложными лесорастительными условиями. Это послужило основанием для глубокого изучения почв (их сложения, гранулометрического состава, обеспеченности элементами питания, степени засоленности и др.). Соответственно для отдельных районов были разработаны шкалы лесопригодности, в основе которых лежат количественные показатели.

Однако, зная количество в корнеобитаемом слое основных элементов питания (азота, фосфора, калия), лесовод сможет воспользоваться этими данными при условии, если ему известна потребность отдельных видов древесных растений в элементах питания. Потребность же эта изменяется с возрастом. Кроме того, необходимо иметь в виду, что древесные растения не только потребляют, но и возвращают часть элементов питания в почву через корневые выделения, опад листьев и др. Несмотря на сложность вопроса, в перспективе лесоводы все чаще будут прибегать к количественным методам оценки богатства условий местопроизрастания.

Количественные методы оценки условий местопроизрастания применяют при выращивании лесных насаждений в затопляемой части речных пойм. Подбор древесных пород для таких участков осуществляют с учетом продолжительности затопления (в днях) и его характера (проточное или непроточное; весеннее или летнее и т.п.).

Пригодность засоленных почв для лесовыращивания также оценивают количественными методами (по содержанию Cl' , SO_4'' , CO_3'' , таблица 6).

К солевыносливым древесным породам Е.С.Мигунова относит в частности - дуб черешчатый (позднораспускающуюся форму), грушу лесную, ясень остроплодный, робинию лжеакацию, гледичию обыкновенную, клен полевой, клен татарский, вяз гладкий и др.

**Таблица 6 - Допустимые, угнетающие и токсические количества
легкорастворимых солей для солевыносливых деревьев и кустарников
(по Е.С.Мигуновой, 1978)**

Ионы вредных солей	Увлажнение	Содержание, %, к массе почвы		
		допустимое, менее:	угнетающее	токсическое, более:
CO ₃ ^{''}	Недостаточное	0,005	0,005-0,001	0,01
(сода)	Умеренное	0,01	0,01-0,02	0,02
	Повышенное	0,02	0,02-0,04	0,04
Cl [']	Недостаточное	0,01	0,01-0,03	0,03
(хлориды)	Умеренное	0,02	0,03-0,06	0,06
	Повышенное	0,03	0,06-0,15	0,15
SO ₄ (сульфаты за вычетом гипса)	Недостаточное	0,1	0,1-0,3	0,3
	Умеренное	0,3	0,3-0,5	0,5
	Повышенное	0,5	0,5-1,0	1,0

7 ГУСТОТА ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР И ПЛОЩАДЬ ПРОИЗРАСТАНИЯ (ПРОДУЦИРОВАНИЯ) ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Под густотой лесных культур понимают число деревьев и кустарников, культивируемых на единице площади (ГОСТ 17559-82). При расчетах густоты лесных культур выражают числом деревьев и кустарников, приходящихся на 1 гектар лесокультурной площади.

Различают густоту посадки (посева) лесных культур и густоту стояния деревьев в лесных насаждениях в год проведения учета (в 10, 15, 20 лет и т.д.). От густоты и размещения деревьев на площади зависят срок смыкания древесного полога, интенсивность дифференциации и самоизреживания насаждений, быстрота роста деревьев и качество их стволов, продуктивность и устойчивость насаждений к неблагоприятным факторам среды и др. От густоты зависят средоулучшающие, защитные и другие свойства насаждений.

Густота насаждений определяется многими факторами:

- возрастом насаждения (с возрастом густота уменьшается);
- методом производства культур;
- биологией древесных пород;
- составом пород, входящих в древостой;
- для разновозрастных искусственных насаждений — возрастом входящих в древостой пород;
- условиями водообеспеченности насаждения;
- условиями произрастания;
- функциональным назначением насаждения;
- хозяйственными соображениями и др.

Густота насаждения должна устанавливаться на зональной и типологической основе (применительно к лесорастительной зоне, типу леса или типу условий местопроизрастания).

При определении густоты ориентируются на лучшие (эталонные) насаждения естественного или искусственного происхождения, с учетом их возраста, состава, условий произрастания и др. За последние 100 лет заложено большое число опытных лесных культур с разной первоначальной густотой. Разработаны методы определения оптимальной густоты насаждений в разном возрасте. Выявлен ряд закономерностей, позволяющих моделировать изменение густоты. Рассмотрим подробнее факторы, влияющие на густоту.

Возраст искусственного насаждения. Высаженные на лесокультурную площадь деревья растут, увеличивается объем их надземной и подземной фитомассы. С возрастом для нормального роста деревьев требуется все большая площадь среды обитания. В естественных насаждениях происходит процесс самоизреживания древостоя. В искусственных – изреживания добиваются рубками ухода.

Метод производства – оказывает заметное влияние на густоту лесных культур. При посеве первоначальная густота бывает больше, чем при посадке (хотя и не всегда).

Биология и лесоводственные свойства древесных пород должны учитываться при определении густоты. В одном и том же возрасте, в одинаковых лесорастительных условиях разные древесные породы имеют неодинаковые размеры. Неодинаковой будет и их густота. Для медленнорастущих пород густота будет больше, для быстрорастущих – меньше. Светолюбивые породы выращивают в менее густых древостоях, теневыносливые – в более густых.

В смешанных насаждениях густота зависит от лесоводственных свойств входящих в них древесных пород, их процентного участия в составе насаждений и возраста (для разновозрастных древостоев).

Густота зависит от функционального назначения создаваемых насаждений (получение древесины, защитные функции, для рекреации). В свою очередь при выращивании древесины могут ставиться разные задачи (получение определенных сортиментов и т.п.), что необходимо учитывать при определении густоты. Неодинаковыми могут быть защитные и природоулучшающие функции лесных насаждений. Так задачам увеличения объемов суммарного стока наиболее полно отвечают лиственные насаждения умеренной густоты, а целям максимального перевода поверхностного стока в грунтовый – хвойные насаждения сложной конструкции с большой густотой и высокой сомкнутостью полога.

Густота, устанавливаемая хозяйственными соображениями. При выращивании лесных культур сосны многие лесохозяйственные предприятия сознательно идут на увеличение первоначальной густоты с тем, чтобы в возрасте 7-10 лет в декабре провести вырубку части деревьев и реализовать их на новогодние елки (совмещение выращивания древесины с выращиванием новогодних елок). Обычно рубят каждый второй ряд или каждое второе де-

рево в ряду, хотя возможны и другие подходы. За счет реализации новогодних елок окупаются полностью или частично затраты на создание культур. Большая первоначальная густота может иметь и лесоводственное значение – более раннее смыкание культур, сокращение агротехнических уходов, лучшая очищаемость нижней части ствола от сучьев.

Лесные полосы из тополей, создаваемые на орошаемых землях, могут иметь большую первоначальную густоту, чем необходимо. При размещении в ряду узкокронных тополей через 1,0 м, а ширококронных – через 1,5-2,0 м представляется возможным в возрасте 10-15 лет провести вырубку каждого второго дерева и получить 50-70 м³ древесины на каждый километр ряда (А.А.Кулыгин, 1970). Этим достигается создание мелиоративного эффекта с получением древесины. Большая первоначальная густота обеспечивает более раннее смыкание крон и способствует усилению защитных функций насаждения (биологический дренаж

7.1 Определение густоты по фотосинтезирующей поверхности листьев

Большая часть (95-98 %) органического вещества растений создается в процессе фотосинтеза. В связи с этим особое значение имеет оптимизация листовой поверхности на 1 га, т.е. приведение лесного насаждения к такой оптической системе, которая работала бы с максимальной эффективностью и обеспечивала получение максимального количества древесины.

Оптимальный листовой индекс (отношение площади листьев к площади, занимаемой растениями) для сельскохозяйственных ценозов в среднем равен 5 га/га (И.С.Мелехов, 1980).

Как показали исследования А.А.Молчанова (1949), М.Д.Данилова (1953), В.В.Смирнова (1957, 1961), Н.Ф.Лоляковой-Минченко (1961), Г.П.Ольстера (1950) и др., площадь поверхности листьев 1 га сомкнутых лиственных насаждений колеблется в пределах 5-10 га, площадь поверхности хвой достигает 13 га.

Наибольший средний прирост древесины и всей фитомассы лесные насаждения имеют при фотосинтезирующей поверхности листьев (хвой) 4-6 и даже 8 га (у тополей) на 1 га площади (Г.И.Редько, 1985).

Зная оптимальный листовой индекс лесного насаждения и площадь листьев дерева в различном возрасте, легко определить густоту насаждения. Например: оптимальная листовая поверхность лесного насаждения – 6 га на 1 га; средняя площадь листьев дерева – 30 м². Разделив первый показатель на второй, получаем число стволов на 1 гектаре ($60000 \text{ м}^2 : 30 \text{ м}^2 = 2000$). Однако расчеты осложняются из-за недостаточного количества данных, характеризующих оптимальный листовой индекс насаждений разных древесных пород применительно к разным областям и типам леса (типам условий местопроизрастания). Тем не менее, в ближайшем будущем этот метод найдет ши-

рокое применение, так как в основе его лежит максимальное использование солнечных лучей фотосинтезирующей поверхностью листьев.

7.2 Метод определения оптимальной густоты молодых насаждений ели по горизонтальной проекции крон и критическому расстоянию между кронами

Метод разработан литовскими лесоводами Л.Кайрюкштитсом и А.Юодвалькисом (1976). При изучении роста и развития елей было установлено, что в природе существует определенная граница, при которой начинает проявляться отрицательное взаимовлияние особей друг на друга. Граница сближения крон, при которой деревья проявляют взаимное отрицательное влияние, приводящее к снижению прироста в высоту более, чем на 5-10 %, получила название границы критического сближения крон. Она зависит от высоты дерева и выражается уравнением:

$$Y=73,249 - \frac{24,769}{x}$$

где Y- критическое расстояние между кронами деревьев, см;
x – высота деревьев, м (0,5-5,0 м).

В таблице 7 приведены данные, характеризующие оптимальное количество деревьев ели в зависимости от их высоты (для молодняков с высотой 0,5-5,0 м).

Таблица 7 – Оптимальное количество деревьев в еловых молодняках в зависимости от их средней высоты
(по Л.Кайрюкштитсу и А.Юодвалькису, 1976)

Средняя высота, м	Критическое расстояние между кронами, см	Макс.количество дер., при котором исключено отрицательное взаимовлияние, шт./га	Хозяйственно оптимальное количество деревьев, шт./га
1,5	57	5530	2500
2,0	60	4000	2500
2,5	62	3220	2500
3,0	65	2770	2500
3,5	66	2430	2430
4,0	67	2110	2120
4,5	68	1880	1880
5,0	68	1690	1690

Зная критическое расстояние между кронами и среднюю площадь горизонтальной проекции хорошо развитых деревьев, рассчитывают оптимальное количество елей, при котором обеспечивается максимальный прирост в высоту наибольшего количества елей:

$$N = \frac{12080}{(D+0,73-\frac{0,25}{H})^2},$$

где N - оптимальное количество деревьев;

D - диаметр кроны, м;

H - средняя высота деревьев, м (0,5-5,0 м).

7.3 Воднобалансовый метод определения густоты насаждения и площади произрастания деревьев

На юго-востоке Европейской части России главным фактором, определяющим рост, устойчивость и долговечность насаждений является влага. Воднобалансовый метод основывается на приведение в соответствие густоты древостоя с запасами почвенной влаги. Метод разработан учеными ВНИ-АЛМИ (Н.Ф.Кулик, Н.М.Светлицев, Н.С.Зюзь и др.) для песчаных территорий.

Основной расход воды древесными растениями осуществляется в процессе транспирации, а последняя зависит от массы листьев (хвои), приходящейся на одно дерево и на 1 гектар насаждения. Согласно исследованиям Н.М.Светлицева (1965), на Етеревском песчаном массиве (Волгоградская область), чтобы древостой сосны не испытывали недостатка влага, масса сырой хвои не должна превышать 13,5 т/га. Разделив эту величину на массу хвои одного дерева сосны в определенном возрасте (5, 10, 15, 20 лет и т.д.), получим количество деревьев, которое необходимо иметь на I гектаре. По расчетам Н.М.Светлицева (1965), число стволов сосны на 1 га должно быть следующим: в 5 лет - 8300; 8 лет -4700; 16 лет-2313; 30лет- 1310; 40 лет- 1170 и в 50 лет- 1153.

Необходимо отметить, что с 15-20 лет масса хвои увеличивается и может превышать 18 т/га, поэтому одной из задач рубок ухода является приведение массы хвои к оптимальной величине (13,5 т/га).

Увеличение количества хвои в сосновых насаждениях идет до определенного возраста, а затем становится величиной более или менее постоянной и зависит в основном от полноты насаждения и условий местопроизрастания (таблица 8).

Таблица 8 - Масса сырой и абсолютно сухой хвои сосны в 100-летних насаждениях при полноте 1,0 (по В.В.Ильинскому, 1968).

Тип леса и класс бонитета	Масса хвои, т/га	
	Сырой	Сухой
Сосняк-кисличник – В2 (I класс бонитета)	13,4	5,2
Сосняк-долгомошник - В3 (II класс бонитета)	13,0	5,3
Сосняк травянисто-болотный – В4 (III класс бонитета)	11,1	4,9
Сосняк сфагновый - А5 (IV класс бонитета)	10,0	4,6

Как следует из таблицы 8, масса сырой хвои в 100-летних насаждениях сосны составляет 10,0-13,4 т/га, сухой - 4,6-5,2 т/га.

Потребление воды лесными насаждениями (ТК) приведено в таблице 9

Таблица 9 - Потребление воды сомкнутыми лесными насаждениями на песках юго-востока ЕТС (по Н.Ф.Кулику, 1984)

Порода	Годовой расход влаги на 1 т воздушно-сухих листьев (хвои), м ²
Сосна обыкновенная	300-400
Робиния лжеакация	1500-1700
Тополь черный, гибридный	1500-1900
Дуб черешчатый	1200-1500
Лох узколистный	1700
Вяз приземистый	1000-1500
Саксаул зайсанский	1200-1500

Густоту легко определить, если знать площадь произрастания (питания) деревьев в разном возрасте. Для расчета площади произрастания (питания) на юго-востоке ЕТС используют зависимость:

$$П = 1,43 \frac{ТК * Мд}{Ос}$$

где $П$ - площадь произрастания (питания), м²;

$Ос$ - величина годовых осадков, мм;

$ТК$ - транспирационный коэффициент (годовой расход влаги), м³, на 1 т воздушно-сухой массы листьев (хвои);

$Мд$ - масса листьев (хвои) на одном дереве в воздушно-сухом состоянии, кг;

1,43 - метрический переводной коэффициент, в котором учитывается также процент использования атмосферных осадков на транспирацию - в среднем 70 % с учетом дополнительного накопления (Н.Ф.Кулик, Н.С.Зюзь, 1984).

Массу листьев (хвои) на одном дереве в разном возрасте определяют экспериментально. Остальные показатели берут из справочной литературы.

Например, если принять что масса хвои сосны в возрасте шести лет (срок смыкания культур), составит 1,14 кг, а значение транспирационного коэффициента – 350, то площадь произрастания одного растения составит:

$$П = \frac{1,43 \cdot 390 \cdot 1,54}{490,1} = 1,75 \text{ м}^2$$

Исходя из этого, а также из удобства при проведении механизированных работ (учитывая возможности современной техники), *ширина междурядий принимается равной 2,5 м.* Расстояние растений в ряду (шаг посадки)

проектируется 0,75 м. Густоту культур определим, как частное от деления площади одного гектара в квадратных метрах на площадь произрастания. Она составит 5300 шт./га.

7.4 Метод определения площади произрастания (питания) и густоты по продуктивности деревьев

Метод предложен Ю.Л.Ковалевым (1981). Смысл метода заключается в следующем: разные условия произрастания обладают определенной производительностью биомассы с единицы площади, которая комплексно характеризует почвенно-грунтовые и климатические условия места произрастания за период своего накопления. Если эту биомассу сомкнутого насаждения разделить на биомассу среднего дерева, не стесненного в площади произрастания (питания), то можно получить его оптимальную площадь.

Для определения биомассы деревьев в чистых, одновозрастных, полностью сомкнувшихся насаждениях закладывают пробные участки, на которых должно быть не менее 25-30 деревьев. Пограничная линия пробной площади определяется по середине междурядья, а в ряду - там, где кончается сомкнутость по проекции крайнего дерева. Используя таблицы объемов деревьев по диаметрам стволов, определяют продуктивность участка.

При определении расчетного дерева достаточно установить объем 19 процентов лучших по объему деревьев, исключить из них 4 процента наилучших, а из оставшихся - найти среднее расчетное дерево. Оптимальную площадь произрастания (питания) дерева находят по формуле:

$$S_{onm} = \frac{m \cdot S_n}{V_o},$$

где S_{onm} - оптимальная площадь произрастания (питания), м²;

m - объем расчетного дерева, дм³;

V_o - общая продуктивность участка (определяется по объемам деревьев), дм³;

S_n - площадь пробного участка, м².

Пример: В 15-летнем насаждении гледичии обыкновенной заложена пробная площадь (S_n) размером 347,2 м², на которой произрастает 112 деревьев. Древесная масса на пробе (V_o) 10103,52 дм³, расчетного дерева (/я) 275,3 дм³. Подставляя данные в формулу, получим:

$$S_{onm} = \frac{275,3 \text{ дм}^3 \cdot 347,2 \text{ м}^2}{10103,52 \text{ дм}^3} = 9,46 \text{ м}^2$$

Существующая площадь произрастания (питания) определяется путем деления площади пробы на число произрастающих на ней деревьев: $347,2 \text{ м}^2 : 112 = 3,1 \text{ м}^2$. В приведенном примере существующая площадь произрастания (питания) в три с лишним раза меньше оптимальной.

Для гледичии обыкновенной, произрастающей в условиях Новокубанского района Краснодарского края, Ю.Л.Ковалевым (1981) приводятся следующие данные оптимальной площади произрастания (питания) и густоты:

Возраст, лет	Площадь, произрастания (питания), м^2	Число стволов на 1 га, шт.
5	1,8	5555
10	4,8	2083
15	9,2	1086
20	13,2	757
25	17,1	588
30	20,1	497
35	21,8	458
40	24,2	403

Рассматриваемый метод рассчитан на создание оптимальных условий для роста лучших деревьев и не учитывает целевого назначения насаждения (например, как размещение скажется на его защитных функциях).

7.5 Площадь произрастания (роста) дерева и способы ее определения.

Несовершенство понятия «площадь питания» дерева.

Условный параметр питания

В лесоводственной литературе площадь роста дерева и методы ее определения освещены в работах Ф.К.Штера (1963), А.Л.Тяберы (1978, 1979) и других исследователей.

Определяют площадь произрастания дерева в искусственном или естественном насаждении следующим образом (рисунок 3).

Исследуемое дерево (P_0) и произрастающие рядом соседние деревья ($P_1 - P_6$) наносят на план. От исследуемого дерева (P_0) до соседних деревьев ($P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$) проводят прямые линии. Расстояния P_0P_1, P_0P_2, P_0P_3 и т.д. делят пропорционально диаметрам деревьев P_0 и $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ на высоте 1,3 м. Через полученные точки к линиям P_0P_1, P_0P_2, P_0P_3 и т.д. проводят перпендикуляры. В результате пересечения перпендикуляров получается полигон площади произрастания (роста) исследуемого дерева.

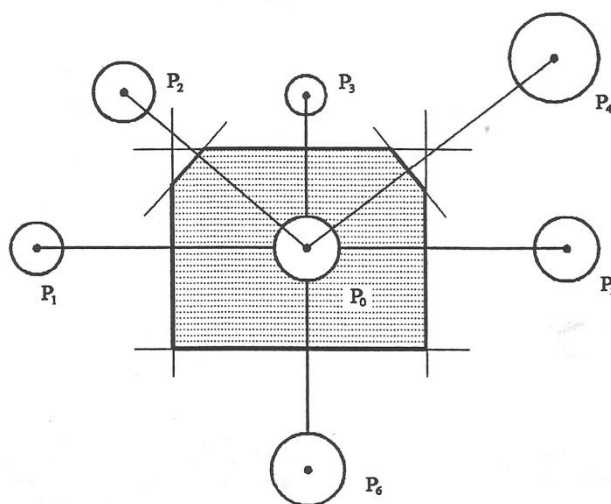


Рисунок 3 - Размещение деревьев на площади в лесном насаждении

Достоинство данной методики состоит в том, что площадь произрастания (роста) определяется с учетом диаметров (т.е. размеров) исследуемого и произрастающего рядом с ним деревьев. Более крупное дерево будет иметь большую площадь произрастания. Это соответствует тому, что приходится наблюдать в лесном насаждении.

В специальной литературе широко применяется термин «площадь питания» древесного растения. Если площадь одного гектара разделить на число произрастающих на нем древесных растений (или на число биогрупп), мы получим «площадь питания» одного растения (соответственно, «площадь питания» одной биогруппы). «Площадь питания» можно определить, умножив ширину междурядья на расстояние между растениями в ряду («шаг посадки»). В численном выражении «площадь питания» показывает, сколько квадратных метров горизонтальной поверхности почвы приходится на одно дерево в насаждении.

В первые 1-2 года после посадки корневая система высаженного древесного растения использует лишь часть приходящейся на него «площадь питания». В дальнейшем происходит взаимопроникновение корней в соседние «площадь питания». В 20-30-летнем искусственном насаждении корневые системы могут распространяться в стороны на 7-10 м и более. С дифференциацией древесных пород в процессе роста происходит перераспределение условной «площадь питания» и более крупные деревья занимают большую площадь.

«Площадь питания» не учитывает тип почв. Разные типы почв характеризуются разной мощностью гумусового горизонта, содержанием гумуса, в целом плодородием. При одной и той же площади 3 м^2 , дерево на обыкновенном черноземе будет находиться в лучших условиях питания, чем дерево на южном черноземе.

При вычислении «площади питания» учитывают число стволов на 1 га. При одинаковом количестве деревьев на единице площади они могут существенно различаться в размерах. В одном случае возможно преобладание де-

ревью с крупными по диаметру стволами, а в другом - с более маломерными. Для учета качества искусственного насаждения М.Д.Мерзленко (1986) предложил рассчитывать условный параметр питания или продуцирования, соответствующий 1 м² площади сечения среднего дерева. В этом случае площадь питания рассчитывается не просто на одно дерево насаждения, а как условно скорректированная на площадь сечения среднего дерева насаждения. Формула условного параметра питания имеет следующий вид:

$$S = \frac{10000}{N * g},$$

где S - условный параметр питания, м²;

N - число стволов на 1 га;

g - площадь сечения среднего дерева (с точностью до 0,0001 м²).

8 СПОСОБЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ И РЯДОВ ПРИ СОЗДАНИИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

8.1 Способы размещения посадочных (посевных) мест при создании лесных насаждений

При выращивании лесных насаждений применяют квадратное, прямоугольное, треугольное (шахматное), квадратно-диагональное, рядовое и другие варианты размещения посадочных (посевных) мест.

Проектируемое размещение древесных пород должно удовлетворять трем основным требованиям:

- обеспечивать оптимальные условия для роста древесных пород;
- наилучшим образом решать функциональные задачи, поставленные перед лесным насаждением;
- создавать условия для максимальной механизации работ по посадке (посеву) лесных культур.

Самым оптимальным размещением, обеспечивающим лучшие условия для роста древесных растений, считается **квадратное**. Лесничество Велико-Анадольского лесничества В.Е.Графф, а позднее Н.Я.Дахнов применяли такое размещение посадочных мест (соответственно, 2 x 2 и 1 x 1 м). Прибегали к квадратному размещению донские лесоводы Д.К.Домашевский, П.А.Лукиянов, И.П.Антонов, А.А.Конюшко и другие (1 x 1, 1,5 x 1,5, 2 x 2 м). При такой посадке (посеве) древесные растения равномерно размещены на площади, что обеспечивает каждому из них одинаковый световой и тепловой режимы, возможность равномерно развивать крону и корневую систему. Квадратное размещение позволяет проводить обработку почвы в двух взаимноперпендикулярных направлениях.

Частное от деления ширины междурядий на расстояние в ряду получило название **индекса равномерности размещения**. При квадратном размещении индекс равен 1.

В Донском учебно-опытном лесхозе Ростовской области имеются старые (1907 и 1937-1940 гг.) насаждения, созданные с квадратным размещением посадочных мест. В большинстве случаев эти насаждения отличаются хорошим ростом и высокой продуктивностью.

Начиная с 50-х годов, когда широко стали осуществлять механизированную посадку леса, квадратное размещение применялось на ограниченных площадях, хотя ряд лесоводов активно выступали за такое размещение (В.Л.Векшегонов, 1953, 1954, 1965 и др.). Причины заключались в следующем:

- при механизированной посадке трудно было выдержать квадратное размещение растений, так как шаг посадки обеспечивался ручной подачей семян в посадочную щель;
- трудностью проведения механизированных агротехнических уходов, поскольку «седлать» ряды древесных пород обычными тракторами без ущерба для растений можно лишь первые 1-3 года;
- более поздним смыканием культур при размещении 1,5 x 1,5 и 2x2 м;
- для посадки требовались участки с ровным рельефом и близкими соотношениями длины и ширины (на узких вытянутых в длину участках не представлялось возможным проводить уход в двух направлениях).

С появлением орудий, обеспечивающих механизированный уход в ряду (КБЛ-1, КРН-1 и др.), перекрестная обработка участков с квадратным размещением посадочных мест перестала быть актуальной и к тому же требовала больших энергозатрат.

Решая вопросы механизации работ, лесоводы как-то оставили в стороне биологическую сторону вопроса - оптимизацию условий роста.

Квадратное размещение посадочных (посевных) мест попрежнему остается оптимальным при выращивании лесных насаждений. Выпуск лесопосадочных машин с жестко регулируемым шагом посадки позволяет механизировать процесс посадки культур с таким размещением, а наличие высококлиренсных тракторов и орудий к ним - проведение механизированных уходов. Высококлиренсный трактор Т-25 АК, например, имеет дорожный просвет 1500 мм, а самоходное шасси СШ-0611 - 1100 мм. С помощью машин подобного типа можно вести уход за лесными культурами путем «седлания» рядов. Агрегатироваться с высококлиренсными тракторами могут специальные орудия (высококлиренсный культиватор КВП-2,8 и др.).

Прямоугольное размещение, так же, как и квадратное, создает условия для механизированного ухода за лесными культурами в двух направлениях. Такое размещение позволяет увеличивать густоту посадки (посева) в рядах и в расчете на 1 га, но ухудшает условия для равномерного роста крон и корневых систем. Индекс равномерности размещения (частное от деления ширины междурядий на расстояние в ряду) при прямоугольном размещении

больше 1. Посадка и уход за лесными культурами могут осуществляться механизированным способом.

Треугольное или шахматное размещение предусматривает смещение растений в четных рядах (по отношению к их положению в нечетных) на $1/2$ шага посадки. Такое размещение применяют при создании стокорегулирующих лесных полос, живых изгородей и в других случаях. Треугольное размещение при одинаковом количестве рядов и посадочных мест усиливает защитные функции насаждения по сравнению с прямоугольным или квадратным размещением. Для древесных пород создается благоприятный световой и тепловой режим, а также хорошие условия для роста крон и корневых систем. Посадка таких культур может быть механизирована (Л.Л.Карабанов, 1989).

Рядовое размещение создает хорошие условия для механизации работ при посадке леса и проведении агротехнических уходов. Однако индекс равномерности размещения при рядовых посадках (посеве) наименее благоприятен для древесных растений и может составлять 3-5 единиц. Большая загущенность в рядах при широких междурядьях приводит к неравномерности развития крон, корневых систем, т.е. к асимметричному развитию древесных пород.

Ширину междурядий при рядовом размещении принимают равной 2,5; 3,0; 4,0 м, а расстояние в ряду (шаг посадки) - 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 м и другие.

Посадка (посев) леса могут проводиться одиночными растениями и биогруппами по несколько растений в каждой (10-30 шт. и др.). При посадке (посеве) биогруппами различают размещение биогрупп (расстояние между их центрами) и размещение растений внутри биогруппы. При близком размещении в биогруппе у растений часто происходит срастание стволиков и корней. К возрасту спелости в биогруппе должно остаться одно (максимум два) дерева. Остальные деревья вырубает.

8.2 Направление рядов посадки (посева)

Одним из способов направленного изменения условий среды при выращивании лесных культур является ориентирование рядов посадки (посева) относительно стран света. В лесных культурах с направлением рядов посадки север-юг (С-Ю) складывается совсем иной световой, тепловой режим, условия увлажнения, чем в культурах с направлением рядов с запада на восток (З-В).

По исследованиям Н.М.Колпиковой (1959), выполненным в Московской области, в 12-летних чистых культурах сосны с размещением рядов С-Ю и З-В (размещение деревьев 3,0 х 0,8 м), микроклимат характеризовался следующим образом. Наиболее сильное освещение в верхней части крон сосен в рядах с направлением С-Ю отмечалось два раза в течение дня - в утренние и вечерние часы (9 и 17 ч). В полуденные часы (14ч) интенсивность

освещения резко снижалась и составляла к 13 часам в июле всего 1/5 часть своего максимального утреннего освещения.

В рядах с направлением 3-В максимальное освещение крон сосен приходилось на полуденные часы (12-14 ч) и была в 9 раз больше по сравнению с освещенностью в эти же часы в рядах С-Ю. В утренние и вечерние часы освещение крон сосен в рядах 3-В была слабой.

Деревья в рядах С-Ю в утренние и вечерние часы открыты действию прямых солнечных лучей и затеняют друг друга в наиболее жаркие полуденные часы. Деревья же в рядах 3-В притеняют друг друга в утренние и вечерние часы, а в полуденные находятся под воздействием прямых лучей. В полуденные часы солнечные лучи характеризуются большой интенсивностью, короткими волнами и физиологически менее ценны для древесных пород по сравнению с утренними и вечерними лучами. Таким образом, в лесных культурах с направлением рядов С-Ю создается более благоприятный для процесса ассимиляции режим освещения, чем при направленности рядов 3-В.

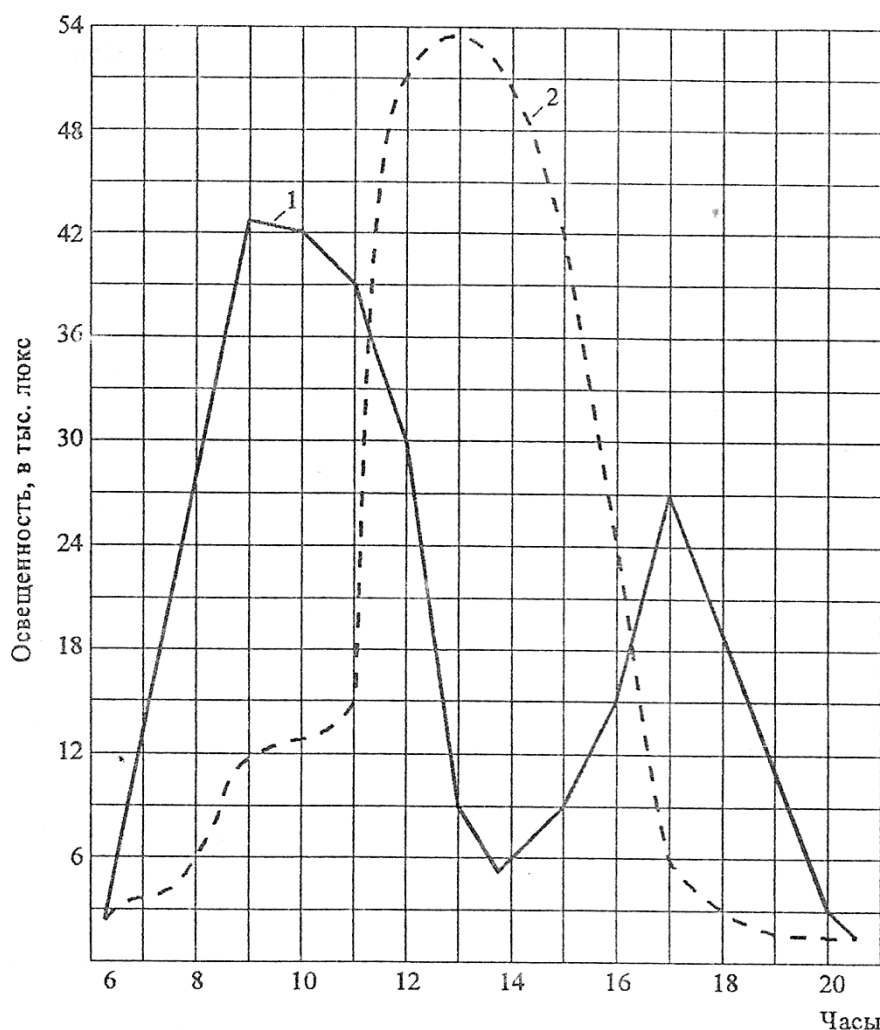


Рисунок 4 - Изменение интенсивности освещения в течение безоблачного дня на высоте 5 м в культурах сосны (по Н.М.Колпиковой, 1959): 1 - культуры с направлением рядов С-Ю; 2 - культуры с направлением рядов 3-В

В культурах с направлением рядов С-Ю в утренние и вечерние часы температура воздуха на высоте 2 м и у поверхности почвы была на 2-5° ниже, чем при направленности рядов З-В. К полудню, наоборот, в междурядьях С-Ю температура воздуха на высоте 2 м была на 3-6 °С больше. При направленности рядов С-Ю сильнее прогревалась почва в междурядьях до глубины 30 см, причем различия температур достигали 3-5°.

Запас древесины на 1 га в культурах сосны с направлением рядов с севера на юг был на 10-15 % больше по сравнению с запасом в культурах с направлением рядов с запада на восток (Н.М.Колпикова, 1959).

В условиях Подолии (Украина) лучший рост культур дуба отмечался при направлении рядов с запада на восток (З-В). Для района характерны периодические засухи и недостаток влаги. При направлении рядов с запада на восток междурядья были открыты для западных теплых и влажных воздушных масс. В жаркое время дня деревья соседних рядов отеняли междурядья, благодаря чему уменьшалось испарение с верхних слоев почвы и транспирация влаги растениями.

Более благоприятные условия микроклимата способствовали лучшему росту деревьев в рядах с направленностью с запада на восток (З-В). В Каме-нец-Подольском лесхоззаге (Украина) в дубово-грабовых культурах в возрасте 30 лет самой большой высоты (15,4 м) и диаметра (12,8 см) дуб достигал в рядах с направленностью З-В (размещение посадочных мест 2 x 0,5 м). Продуктивность насаждений с разной направленностью рядов показана в таблице 10.

Таблица 10 - Продуктивность 30-летних дубово-грабовых культур при различном направлении рядов (по М.Ф.Мойко, 1967)

Направление рядов	Схема смещения чистыми рядами	Густота, шт./га	Средний запас насаждения, м ³ /га	Средний годичный прирост, м ³ /га	Продуктивность культур, %
З-В	Д-Г-Г	2094	159,25	5,31	124,1
С-Ю	Д-Г-Г	2182	128,32	4,28	100,0
СЗ-ЮВ	Д-Г-Г	2389	143,64	4,79	111,8

Как следует из таблицы 10, продуктивность дубово-грабовых культур с направлением рядов З-В на 24,1 % выше, чем с направлением рядов С-Ю.

В прошлом столетии, при выращивании леса в степи, ряды посадок располагали с севера на юг с целью уменьшения вредного влияния сухих восточных ветров (Ф.К.Арнольд, 1893).

Приведенные примеры показывают, что:

- при выращивании лесных культур направление рядов посадки может заметно повлиять на их рост и продуктивность;
- в разных климатических районах оптимальное направление рядов может быть как с севера на юг (С-Ю), так и с запада на восток (З-В).

9 ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

9.1 Межвидовые взаимодействия древесных пород

Проектируя смешанные насаждения, лесовод должен учитывать характер взаимодействия вводимых в его состав древесных пород, насколько эти взаимодействия благоприятны (или неблагоприятны) для формирования высокопродуктивного, устойчивого насаждения. Взаимодействия древесных пород динамичны, они изменяются с возрастом, а также с изменением лесорастительных условий. Взаимоотношения между двумя древесными породами могут быть существенно изменены введением третьей древесной породы. Характер взаимодействий во многом зависит от количественного участия отдельных древесных пород в составе насаждения и от характера размещения этих пород на лесокультурной площади, от условий местопроизрастания.

Зная характер взаимодействия древесных пород, лесовод уже в стадии проектирования насаждения должен уметь подбирать оптимальный состав пород, схемы смешения и размещения, а в процессе выращивания активно воздействовать на характер взаимоотношений, оказывая покровительство одним видам древесных растений и ограничивая отрицательное влияние других видов. Достигается это с помощью лесоводственных приемов (рубок ухода).

Академик В.Н.Сукачев все разнообразие взаимосвязей растений объединил в три группы.

1. Непосредственные воздействия одних особей на другие при их контакте между собой. Примерами непосредственного воздействия одних особей на другие могут служить срастания стволов, корневых систем, охлестывание ветвями, давление корней и другие.

2. Влияние через изменение физико-химических свойств среды обитания растений - трансбиотические взаимосвязи (конкуренция из-за средств к жизни, затенение, образование лесной подстилки и гумуса, ослабление силы ветра и др.).

3. Взаимодействие через деятельность различных организмов, особенно микроорганизмов - трансбиотические взаимосвязи. М.В.Колесниченко (1968) дает следующую классификацию форм проявления взаимодействия древесных растений:

- генеалогические (при опылении цветков);
- механические (при охлестывании и давлении);
- физиологические (при срастании корней и стволов);
- биофизические (при изменении режима света и пр.);
- биотрофные (при потреблении и возврате пищи);
- аллелопатия (при выделении и усвоении фитонцидов).

По характеру влияния различают породы-активаторы и породы-ингибиторы (соответственно улучшают или ухудшают рост других пород).

Таблица 11 - Аллелопатические группы древесных растений (по М.В.Колесниченко, 1976)

Главная порода (акцептор)	Доноры фитонцидов	
	Активаторы	Ингибиторы
1	2	3
Дуб черешчатый	Гледичия обыкновенная, жимолость татарская, клен остролистный, полевой татарский, лещина обыкновенная, липа мелколистная, орех грецкий, свидина кроваво-красная	Робиния лжеакация, береза повислая, вяз обыкновенный, вяз приземистый, клен ясенелистный, осина, сосна обыкновенная, скумпия, тополь канадский, ясень обыкновен., ланцетный
Сосна обыкновенная	Лиственница сибирская, скумпия	Акация желтая, береза повислая, дуб черешчатый, жимолость татарская
Лиственница сибирская	Вяз обыкновенный, дуб черешчатый, клен остролистный, липа мелколистная, сосна обыкновенная	Береза повислая
Береза повислая (бородавчатая)	Клен остролистный, липа мелколистная, лиственница сибирская, ясень зеленый (ланцетный)	Вяз обыкновенный
Вяз приземистый	Ирга круглолистная, клен татарский, ясень пушистый, скумпия	Бузина красная, лох узколистный, смородина золотая, тополь канадский
Тополь канадский	Робиния лжеакация, карагана древовидная, жимолость татарская, клен татарский, ольха черная, скумпия, ясень пушистый	Береза повислая, вяз приземистый, Бузина красная
Орех грецкий	-	Дуб черешчатый

СИ.Чернобривенко (1956) дает следующую схему возможных биохимических взаимовлияний между главными и сопутствующими породами (таблица 12).

Таблица 12 - Схема биохимических взаимовлияний

Порода	Варианты возможных биохимических взаимовлияний								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Главная	0	0	0	-	+	-	+	-	+
Сопутствующая	0	-	+	0	0	-	+	+	-

Примечание: + улучшение роста; - ухудшение роста; 0 - нейтральное (по сравнению с чистыми культурами рост не улучшается и не ухудшается).

Если рассматривать все формы взаимовлияния древесных растений при их смешении (комплексное взаимовлияние), то можно выделить такие же варианты. Лучшим вариантом смешения будет тот, при котором улучшается рост главной и сопутствующей породы (по сравнению с их ростом в чистых культурах). Хорошим - когда улучшается рост главной породы, а рост сопутствующей породы не улучшается и не ухудшается. Неприемлемыми являются варианты смешения, при которых рост главной породы ухудшается.

Важную роль во взаимоотношениях растений в смешанных культурах играет корневое питание. Древесные растения не только способны поглощать минеральные питательные вещества, но при определенных условиях возвращать их обратно в почву. С помощью меченых атомов установлено, что элементы минерального питания могут перемещаться из одного растения в другое, причем это перемещение наблюдается не только у растений одного вида, но и у особей разных видов. Миграция минеральных питательных веществ из растения одного вида в растение другого часто происходит интенсивнее, чем из растения в растение одного и того же вида.

По данным И.Н.Рахтеенко (1983), из липы в дуб в смешанных культурах меченый фосфор (P^{32}) поступает в 2-3 раза интенсивнее, чем из дуба в дуб или из липы в липу. В опытах дуба с кленом получены подобные данные. Меченый фосфор из клена в дуб поступал значительно активнее, чем из клена в клен или из дуба в дуб.

А.Г.Зыряев (1963) путем инъекции вводил в стволы деревьев меченый фосфор P^{32} . Через шесть суток измерялось содержание меченого фосфора в соседних деревьях (таблица 13).

Перемещение внесенного фосфора из ели в лиственницу происходит значительно интенсивнее, чем из лиственницы в ель, а из лиственницы в сосну - слабее, чем из сосны в лиственницу.

Из сказанного следует, что межвидовые связи при определенных условиях и сочетаниях древесных пород могут играть более существенную роль в корневом питании, чем внутривидовые.

Таблица 13 - Перемещение меченого фосфора от одного дерева к другому

Порода, в которую инъекцией введен P^{32}	Порода, воспринявшая P^{32}	Содержание P'' в имп/мин на 1 г сухого вещества
Лиственница	Сосна	43
Сосна	Лиственница	61
Ель	Лиственница	100
Лиственница	Ель	54

На характер питания древесных пород влияют и кустарники. В опытах И.Н.Маяцкого (1963), кустарники подавляли поглощение фосфора дубом. Отрицательное воздействие на рост дуба в первые годы оказывают бузина черная и жимолость татарская. Свидина, бирючина, клен татарский не оказывают на него такого влияния.

9.2 Характер взаимоотношений между индивидами внутри вида. Дифференциация древесных пород в процессе роста и ее значение при формировании искусственного насаждения

Высаженные на лесокультурную площадь древесные растения первое время находятся в фазе индивидуального роста и заметного влияния друг на друга не оказывают. По мере роста происходит смыкание крон в биогруппах, рядах, междурядьях, а затем и их перекрытие. Происходит взаимопроникновение корневых систем близко растущих древесных растений.

Наследственные свойства растений (их генотип) не одинаковы. Неоднородными являются и микроэкологические условия лесокультурной площади. В силу этой неоднородности одни растения растут быстрее, обладают большой силой роста, другие отстают в росте. Начинается дифференциация деревьев по высоте и диаметру.

В чистых (однопородных) древостоях принято выделять господствующие, угнетенные и отмирающие деревья. Господствующие, крупные и мощные деревья, больше потребляют элементов питания и воды, перекрывают доступ света в нижний полог леса, тем самым задерживают и тормозят рост и развитие отставших деревьев. В естественных насаждениях идет быстрый процесс отмирания слабых деревьев и изреживание древостоя. В искусственных чистых насаждениях процесс дифференциации и отмирания деревьев протекает гораздо медленнее по ряду причин. При посадке используют стандартный (т.е. выровненный по размерам) одновозрастный посадочный материал. В созданных лесных культурах в первые годы проводят агротехнические уходы, что продляет существование слабых растений.

У разных древесных пород процесс дифференциации деревьев протекает неодинаково. Степень (величина) дифференциации определяется биологией древесной породы, условиями лесовыращивания и изменяется (увеличивается) с возрастом.

В Донском учебно-опытном лесхозе Ростовской области, в 50-летних искусственных насаждениях, произрастающих в типе ЮЧ СТЗ₁ (по А.Л.Бельгарду), лучшие деревья дуба черешчатого превосходили по диаметру худшие в 2,9-5,6 раза.

В тополевых насаждениях, после смыкания крон, не происходит сколько-нибудь резкой дифференциации деревьев. Они растут и с увеличением возраста все более и более теснят друг друга. И так до критического состояния, после чего погибают группами, образуя прогалины различных конфигураций. Насаждение оказывается расстроенным, с неравномерной полнотой, процесс изреживания в котором и далее продолжается.

Исследования физиологов показывают, что у деревьев с сильным ростом фотосинтез и интенсивность дыхания выше, чем у деревьев, отстающих в росте. Интенсивно растущие экземпляры отличаются гибким ферментным аппаратом и более широким температурным оптимумом процессов обмена (И.В.Гулидова, 1960 и др.).

Дифференциация деревьев связана с перераспределением первоначальной площади произрастания (роста). Корневые системы крупных деревьев занимают гораздо больший объем почвы и грунта, чем корневые системы отстающих в росте деревьев. Ухудшается световой режим для отстающих деревьев. Деревья сильного роста начинают их затенять и создают условия светового голодания.

Дифференциация деревьев с последующим отмиранием слабых, отставших в росте экземпляров - нормальный процесс, характерный для естественного леса. Слабая дифференциация деревьев в искусственном насаждении может приводить к нежелательным последствиям.

В зоне недостаточного увлажнения - к усыханию отдельных биогрупп, куртин и искусственного насаждения в целом (вследствие нарушения водного баланса). В зоне достаточного увлажнения - к замедлению процессов роста и снижению продуктивности. Регулируют взаимоотношения между индивидами внутри вида лесохозяйственными приемами (рубками ухода).

10 ПРИЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

10.1 Зонально-типологический подход при проектировании лесных насаждений

Лесное хозяйство ведется на географической (зональной) основе. Соответственно проектирование и выращивание лесных насаждений осуществляется применительно к лесорастительным зонам.

По С.Ф.Курнаеву, территория Европейской части России делится на семь зон:

- зона хвойных или таежных лесов, с тремя подзонами (северной, средней и южной тайги);
- зона смешанных лесов, с двумя подзонами (хвойных лесов с липой и хвойных лесов с липой и дубом);
- зона широколиственных лесов с участием дуба, ясеня, клена, липы и др.;
- лесостепная зона;
- степная зона, с двумя подзонами (разнотравно-злаковая степь и сухая злаковая степь);
- зона полупустыни, с двумя подзонами (северная полупустыня и южная полупустыня);
- зона пустыни.

Состав проектируемых лесных насаждений, полнота, продуктивность, технология выращивания и др. во многом будут определяться особенностями лесорастительной зоны. Насаждения одинакового функционального назначения (например, рекреационные насаждения) в зоне хвойных лесов и в лесостепной зоне будут различаться по составу, структуре, режиму ухода.

степной зоне будут существенно отличаться по составу пород и другим таксационным показателям.

В пределах лесорастительных зон и подзон выделяют лесорастительные (лесокультурные) районы - более или менее однородные по лесорастительным условиям.

В пределах лесорастительных (лесокультурных) районов проектирование и выращивание лесных насаждений осуществляется применительно к типам леса или типам условий местопроизрастания. Степная зона относится к зоне недостаточного увлажнения, однако и здесь могут встречаться влажные и даже сырые типы условий местопроизрастания (например, в поймах рек), где возможно выращивание тополей, ив, ольхи черной и других влаголюбивых пород.

Таким образом, приступая к проектированию лесного насаждения, лесовод должен знать функциональное (целевое) назначение будущего насаждения, зону, подзону, район и тип леса (тип условий местопроизрастания), в которых предстоит его выращивать.

10.2 Выбор главных пород в эксплуатационных лесах

Критерием при выборе главных пород в эксплуатационных лесах служат:

- продуктивность древостоев в возрасте хозяйственной спелости (количество древесины на 1 га);
- хозяйственная ценность древесины (стоимость 1 м³);
- товарность древостоев (процент выхода продукции из целевых сортиментов);
- затраты на посадку (посев) и выращивание лесного насаждения до возраста хозяйственной спелости.

Насаждения сосны, ели, пихты, бука, дуба, осины, березы, ольхи и других пород к возрасту хозяйственной спелости формируют разный запас древесины. К тому же, хозяйственной спелости они достигают в разном возрасте, поэтому **первой составляющей критерия выбора пород будет запас древесины на 1 га полных древостоев в возрасте хозяйственной спелости, приведенный к единому расчетному периоду.**

Древесина дуба, сосны, ели, ореха, тополей и т.п. ценится по разному. Так, Законодательным собранием Ростовской области (1994 г.) таксы на крупную деловую древесину, отпускаемую на корню по первому разряду такс (при запасе 101 -150 м³/га), установлены следующие (в рублях):

- сосна - 30059; дуб, ясень, клен - 45089; ольха черная, вяз, липа - 8979; осина, тополь - 2928; робиния лжеакация - 75148; ива - 15030.

Из приведенных данных видно, что 1 м³ крупной деловой древесины робинии лжеакация на корню ценится выше 1 м³ крупной деловой древесины сосны - в 2,5 раза, дуба - в 1,7 раза, ивы - в 5,0 раз, ольхи - в 8,4 раза, осины и тополей - в 25,7 раз. **Отсюда второй составляющей критерия выбора**

главных пород будет хозяйственная ценность древесины (стоимость 1 м³ крупной, средней, мелкой деловой древесины и дров на корню, или стоимость отдельных сортиментов).

Третьей составляющей критерия выбора главных пород будет структура запаса (выход крупной, средней, мелкой деловой древесины и дров, или отдельных сортиментов). Структура запаса во многом определяет его стоимость. К.Б.Лосицкий (1968) приводит следующий пример хозяйственной ценности насаждения разных пород, произрастающих в Московской области на дерново-сильнопodzolistой легкосуглинистой почве (по отношению к сосновым насаждениям за 100-летний период). По общему запасу на 1 га: осина – 100 %, сосна - 100 %, береза - 95 %, ель - 86 %; по выходу деловой древесины: сосна - 100 %, ель - 85 %, береза - 66 %, осина - 26 %; по таксовой стоимости: сосна - 100 %, ель - 67 %, береза - 44 %, осина - 14 %. Как следует из приведенных данных, осина по общему запасу занимает первое место, по выходу же деловой древесины и по таксовой стоимости - последнее.

Экономическая целесообразность выращивания насаждений из сосны, ели, березы, осины и других пород будет определяться не только стоимостью выращенной древесины на корню за единый расчетный период, но и затратами на создание, формирование и выращивание насаждений этих пород за единый расчетный период. **Это - четвертая составляющая критерия выбора главных пород.**

Таксовая стоимость древостоя, минус затраты на его выращивание, определяют прибыль (доход) от лесовыращивания за единый расчетный период.

Дополнительными аргументами при выборе главной породы помимо древесины могут служить другие полезности, получаемые в результате выращивания лесного насаждения: сбор орехов (кедр, каштан благородный, бук восточный и др.), подсочка (сосна, пихта и др.), медоносность древесной породы (липа, робиния лжеакация и др.) и т.п. Все эти полезности могут быть оценены в денежном выражении и существенно влиять на доходность лесовыращивания.

10.3 Выбор главных пород для защитных насаждений

Выбор главных пород для защитных насаждений осуществляют по двум основным критериям:

- порода должна соответствовать природным условиям района выращивания (климату, почвенным условиям и т.п.);
- обеспечивать наилучшее выполнение тех функциональных задач, которые возлагаются на проектируемое защитное насаждение.

Выращивание защитных лесных насаждений часто производится за пределами ареалов естественного произрастания сосны, дуба, ясеня и других пород, в условиях, неблагоприятных для их роста. Подбор древесных пород

осуществляют с учетом их морозоустойчивости, засухоустойчивости, солевыносливости, требовательности к почвенно-гидрологическим условиям, быстроты роста, возобновительной способности. Главная порода должна обладать устойчивостью к почвенной и воздушной засухам, заморозкам, способностью переносить другие неблагоприятные факторы среды. Важным показателем является долговечность древесной породы в конкретных природных условиях. С ухудшением лесорастительных условий долговечность древесных пород уменьшается. Так, долговечность дуба черешчатого в 2-5 рядных полевых защитных полосах составляет:

- в лесостепной зоне - 75-85 лет;
- в степной на плато - 45-55 лет, в понижениях - 55-65 лет;
- в сухой степи и полупустыне на почвах первой группы лесопригодности - 32-35 лет (Справочник агролесомелиоратора. М., 1984).

Функциональное назначение защитных лесных насаждений может быть самым разнообразным. Различают следующие виды защитных лесных насаждений:

- полевые защитные лесные полосы;
- стокорегулирующие;
- приовражные, прибалочные;
- овражно-балочные лесные насаждения;
- садовозащитные лесные полосы;
- пастбищезащитные лесные полосы;
- зеленые зонты;
- лесные насаждения для защиты путей транспорта железных и автомобильных дорог) и многие другие.

При выборе главных и сопутствующих пород руководствуются разными критериями, исходя из функционального назначения защитного лесного насаждения.

Для полевых защитных лесных полос такими критериями являются: высота, быстрота роста, долговечность, архитектура крон деревьев. Дальность влияния полевых защитных лесных полос определяется их высотой и конструкцией, а последняя в немалой степени зависит от архитектуры крон.

При подборе пород для полевых защитных лесных полос на орошаемых землях учитывают пол древесного растения. Женские особи тополей, например, дают большое количество семян, которые способствуют появлению самосева на откосах оросительных и распределительных каналов, что затрудняет проведение поливов. Посадка мужских особей устраняет это нежелательное влияние лесных полос.

Для овражно-балочных и берегоукрепительных лесных насаждений важными критериями при выборе древесных пород будут: объем почвы, занимаемый корневой системой, его корненонаселенность, глубина проникновения корней в почву, коэффициент ветвистости корней.

По данным М.И.Калинина (1978), средний коэффициент ветвистости корней отдельных древесных пород следующий:

- береза повислая (бородавчатая) - 17,18;
- ель обыкновенная - 5,65;
- сосна обыкновенная - 2,98;
- каштан съедобный - 2,13;
- липа крупнолистная - 2,07;
- клен остролистный - 1,83;
- дуб черешчатый - 1,46.

Ценным свойством деревьев и кустарников, вводимых в овражно-балочные лесные насаждения, является способность давать корневые отпрыски. Все перечисленные показатели определяют почвоскрепляющие свойства деревьев и кустарников.

Древесные породы для зеленых зонтов должны обладать фитонцидными свойствами, отпугивающими мух, оводов и других насекомых, беспокоящих животных.

Кустарники, подбираемые для илофильтров (мулофильтров) в верхних частях балок, должны обладать способностью переносить погребение (занесение стволиков илом).

Таким образом, тщательный подбор древесных пород и кустарников позволяет проектировать лесные насаждения с высокими мелиоративными свойствами.

10.4 Выбор древесных пород и кустарников для рекреационных насаждений

Выбор древесных пород рекреационных лесов также ведется на зональной и типологической основах (с учетом лесорастительных зон, а в их пределах - с учетом типов леса и типов условий местопроизрастания). Однако при выборе пород для рекреационных лесных насаждений во внимание принимают и ряд других критериев:

- декоративность древесных и кустарниковых растений;
- их способность положительно влиять на состав атмосферы;
- шумопоглощающие, пылеосаждающие и другие свойства;
- способность расти в условиях загрязнения почвы и атмосферы;
- устойчивость к рекреационным нагрузкам и другие.

Главнейшими для архитектурной композиции декоративными качествами древесных растений являются их величина и форма кроны. Величина определяется развитием ствола и кроны в высоту и ширину (толщину). Ширина в сочетании с высотой и системой ветвления определяют форму кроны. В течение жизни дерева форма его кроны изменяется. Типичной считают форму кроны в среднем возрасте.

Наряду с неправильной, раскидистой формой кроны, ряд древесных пород имеет четкие геометрические формы кроны. Такие деревья используют для создания строгих (регулярных) композиций.

Форма кроны древесных растений может быть:

- раскидистой (неправильной);
- пирамидальной (конусовидной, веретенообразной, колонновидной);
- овальной (эллипсоидной) с вариантами: яйцевидной, обратной-яйцевидной, зонтичной;
- шаровидной (штамбовой и кустовой);
- плакучей;
- вьющейся (лианы);
- стелющейся;
- подушечной (кустарники).

Раскидистую форму кроны имеют: сосна обыкновенная, вяз, дуб черешчатый, ива ломкая (верба), тополь черный (осокорь), шелковица белая и др.

Пирамидальную (конусовидную) - ель (все виды), пихта (большинство видов) и др.

Колонновидную (цилиндрическую) - кедр сибирский, кедр европейский, тополь черный пирамидальный, клен остролистный, дуб черешчатый (пирамидальная форма) и др.

Овальную - каштан конский, каштан благородный, лиственницы сибирская и европейская и др.

Яйцевидную - дуб скальный, липа войлочная, кедр сибирский, сосна Веймутова и др.

Зонтичную - айлант высочайший и др. у

Шаровидную - вяз приземистый, рябина круглолистная, яблоня сибирская и др.

Плакучую - береза повислая, ива вавилонская и др.

Стелющуюся - кедровый стланец, можжевельник казацкий и др.

Декоративность древесных растений определяется также формой и окраской их листьев, цветков, плодов, формой ствола, фактурой и цветом коры и др. Ценятся породы с изящной формой кроны, тонким рисунком ветвей, красивыми листьями, цветками, плодами, корой.

При подборе древесных растений учитывают сроки появления листьев весной и опадения их осенью, осеннюю окраску листьев, сроки и продолжительность цветения, появления плодов и продолжительность их нахождения на дереве и др.

Понятие декоративности деревьев в насаждении имеет свои особенности. Впечатление о декоративности насаждений складывается от вида и окраски стволов, формы, протяженности, ширины, плотности, симметричности и окраски крон и др.

ЛенНИИЛХом (Л.В.Крестьянишина и Г.И.Арно, 1979) разработана следующая шкала для определения декоративности деревьев сосны, ели и березы в насаждении (таблица 14). Общую оценку декоративности производят по сумме признаков.

Таблица 14 - Шкала для определения декоративности деревьев в 60-летних среднеполнотных древостоях

Признаки	Класс декоративности	Породы		
		ель	сосна	береза
1	2	3	4	5
Окраска кроны	I	Свежая темно-зеленая	Свежая зеленая	Свежая темно-зеленая
	II	Темно-зеленая с серым или желтый оттенком	Зеленая с серым или желтый оттенком	Светло-зеленая с серым или желтый оттенком
Форма кроны	I	Пирамидальная	-	-
	II	Неопределенная	-	-
Протяженность кроны	I	Более 4/5 длины ствола	1/2 -1/4 длины ствола	Более 1/2 длины ствола
	II	Менее 4/5 длины ствола	Менее 1/2 и более 1/4 длины ствола	Менее 1/2 длины ствола
Ширина кроны	I	1/3 протяженности кроны	Более или равная 1/2 протяженности кроны	1/2 протяженности кроны
	II	Меньше или больше 1/3 протяженности кроны	Меньше 1/2 протяженности кроны	Меньше или больше 1/2 протяженности кроны
Плотность кроны, %	I	Больше или равна 70	Больше или равна 50	Больше или равна 70
	II	Меньше 70	Меньше 50	Меньше 70
Симметричность кроны, %	I	Больше или равна 80	Больше или равна 80	Больше или равна 80
	II	Меньше 80	Меньше 80	Меньше 80
Окраска ствола, %	I	-	Оранжевая на протяжении больше или равной 80 % ствола	Белая на протяжении больше или равной 80 % ствола
	II	-	Меньше 80	Меньше 80
Вид ствола	I	Прямой	Прямой	Прямой
	II	Искривленный, наклонный	Искривленный, наклонный	Искривленный, наклонный

Древесные растения через листья, хвою, почки, цветки, ветви выделяют в атмосферу различные летучие соединения (эфирные масла, смолы и др.),

создающие своеобразные ароматы. Запах соснового леса трудно спутать с запахом березового или дубового леса, а аромат цветущих деревьев липы - с ароматом цветков робинии лжеакалии и т.п. Наряду с приятными, могут быть и неприятные запахи, что учитывают при выборе древесных пород (например, айлант высочайший создает неприятный «мышинный» запах; при долгом вдыхании летучих выделений багульника может быть отравление организма и т.п.).

Древесные растения выделяют в атмосферу фитонциды и другие биологически активные вещества. Фитонциды вызывают распад бактериальных клеток, повышают бактерицидную энергию воздуха в 3,2 раза (Дмитриев, 1981).

В.В.Слепых (1991) делит древесные породы по степени фитонцидности на пять групп, сравнивая их с фитонцидностью дуба черешчатого (85 % угнетения тест-культуры).

1. Очень высокая фитонцидная активность (100-93 %) - породы, фитонцидность которых существенно превышает уровень дуба черешчатого.

2. Высокая (92-77 %) - породы, фитонцидность которых несущественно отличается от уровня дуба черешчатого.

3. Средняя (76-50 %) - породы, фитонцидность которых существенно ниже, чем у дуба черешчатого, но вызывающая 50-процентную и выше летальность тест-культуры.

4. Низкая (49-11 %) - породы, фитонцидность которых еще имеет практическое значение.

5. Очень низкая (до 10 %) - породы, фитонцидность которых не имеет практического значения.

Для района Кавказских Минеральных Вод В.В.Слепых (1991) разработал следующую шкалу фитонцидности древесных растений (таблица 15).

Лесные насаждения в процессе фотосинтеза поглощают из атмосферы углекислый газ (CO_2) и выделяют кислород (O_2). По данным проф. С.В.Белова (1964), при образовании 1 т абсолютно сухой древесины (независимо от древесной породы) в среднем поглощается 1,83 т CO_2 и выделяется 1,3 т O_2 .

Таблица 15 - Шкала максимальной фитонцидной активности деревьев и кустарников района КМВ

Порода	Фитонцидная активность, %	Порода	Фитонцидная активность, %
1	2	3	4
1 группа (100-93 %) - очень высокая			
1 Бундук двудомный	100	6 Тополь белый	100
2 Орех грецкий	100	7 Тюльпанное дерево	100
3 Орех сердцевидный	100	8 Секурина полукустарниковая	98
4 Орех скальный	100	9 Боярышник однопестичный	96
5 Сумах пушистый	100	10 Орех маньчжурский	93

Порода	Фитоцидная активность, %	Порода	Фитоцидная активность, %
1	2	3	4
2 группа (92-77 %) - высокая			
11 Черемуха магалебка	88	16 Софора японская	79
12 Дуб черешчатый	85	17 Карказ кавказский	78
13 Бук лесной	83	18 Дуб турецкий	77
14 Церцис канадский	80	19 Мыльное дерево	77
15 Сосна крымская	79		
3 группа (76-50 %) - средняя			
20 Карказ западный	75	24 Орех серый	70
21 Платан западный	74	25 Кatalьпа красивая	60
22 Кладрастис желтый	72	26 Ясень обыкновенный	59
23 Лапина крылоплодная	72	27 Кария Сердцевидная	53
4 группа (49-11 %) - низкая			
28 Граб обыкновенный	45	35 Кипарисовик горохоплодный	38
29 Клен остролистный	44	36 Пихта бальзамическая	38
30 Гинкго двулопастный	42	37 Бархат японский	33
31 Лиственница сибирская	42	38 Кипарисовик Лавсоа	33
32 Пихта одноцветная	42	39 Птелея трехлистная	25
33 Орех черный	41	40 Маклюра плодоносная	24
34 Тисе ягодный	40		
5 группа (до 10 %) - очень низкая			
41 Эвкоммия вязолистная	8		

Те породы, которые формируют высокопроизводительные насаждения (образуют большое количество древесины в пересчете на абсолютно сухую массу), будут больше связывать углекислого газа и выделять в атмосферу кислорода, чем породы с низкой производительностью.

Лесные насаждения задерживают и осаждают пыль, чем способствуют очищению атмосферного воздуха. По исследованиям А.А.Молчанова (1973), еловые леса задерживают своими кронами до 32 т/га пыли, сосновые - 36, дубовые - 54, буковые - до 68 т/га. Г.Л.Чобитько и др. (1976) отмечают, что один гектар леса за вегетационный период способен очистить до 18 млн.м³ воздуха.

Пылезадерживающая и пылеосаждающая способность у разных древесных пород неодинакова и определяется площадью листовой поверхности, ее шероховатостью, движением листовых пластинок (у представителей семейства бобовых) и другими факторами, что необходимо иметь в виду при подборе состава насаждения (таблица 16).

Таблица 16 - Пылезадерживающая способность древесных пород
(по данным Академии коммунального хозяйства, 1971).

Древесная порода	Площадь поверхности листы одного взрослого дерева, м ²	Количество пыли, осаждаемое 1 м ² листы, мг	Количество пыли, которое выводит из воздуха взрослое растение за вегетационный период, кг
1	2	3	4
Айлант высочайший	202	1410	24,18
Вяз приземистый	66	4062	18,19
Вяз шершавый	228	2979	23,41
Гледичия обыкновенная	130	5130	17,63
Ива вавилонская	157	8113	37,92
Каштан конский	78	1216	16,35
Клен серебристый	53	1417	13,29
Клен татарский	58	1728	11,63
Клен полевой	171	3551	19,90
Клен остролистный	276	1803	28,21
Клен ясенелистный	324	2130	32,66
Орех грецкий	164	1444	19,03
Робиния лжеакация	86	1209	4,23
Тополь канадский	267	1022	34,02
Тополь пирамидальный	72	1598	12,47
Тополь Болле	142	1667	18,38
Шелковица белая	112	8119	31,31
Ясень ланцетный (зеленый)	195	1845	29,62
Ясень обыкновенный	124	1076	27,17

10.5 Типы лесных культур. Типы и способы смешения

В научной литературе, наставлениях и указаниях встречается такое понятие, как «тип лесных культур». Разработке «типов лесных культур» посвящено большое число работ, в том числе капитальных (Е.Д.Годнев, С.Г.Русанов. Типы лесных культур для равнинных лесов Европейской части СССР. М.-Л., 1956; Д.А.Лавриенко и др. Типы лесных культур для Украины. Киев, 1956; П.Г.Вакулук. Типы лесных культур для равнинных районов Украины. Пушкино, 1988 и др.).

«Типы лесных культур» разрабатывались применительно к лесорастительным зонам (подзонам), а в пределах их - применительно к типам

леса (типам условий местопроизрастания). В «типах лесных культур» указывают древесные породы, схемы смешения и размещения, способы подготовки почвы, продолжительность и кратность уходов, метод производства культур (посев, посадка) и другие (Указания по проведению лесовосстановительных работ в Государственном лесном фонде Европейской части РСФСР, 1963 и др.).

Под лесными культурами понимают **лесные насаждения**, созданные посевом или посадкой древесных и кустарниковых пород (ГОСТ 17559-82; то же «Лесная энциклопедия», 1985.-Т. 1. - С. 523-524). Если лесные культуры - **насаждения**, то подтипом лесных культур следует понимать **тип искусственного лесного насаждения**. То, что именуют «типом лесных культур», таковым в действительности не является.

Д.В.Воробьев и Б.Ф.Остапенко (1979) считают, что при проектировании лесных культур «прежде всего совершенно необходимо предусмотреть и правильно спроектировать структурные элементы собственно насаждения - древостой и подлесок». Такой взгляд в большей степени соответствует пониманию типа лесных культур, как типа искусственного лесного насаждения. Однако он не увязан со сложившимся в лесоводстве учением о типах лесных насаждений профессора Г.Ф. Морозова (1930) и его последователей. Вряд ли будет целесообразным для искусственных лесов вводить понятия и определения типов лесных насаждений, не согласующиеся с понятиями и определениями для естественных лесных насаждений.

Описывая лесные насаждения, Г.Ф. Морозов (1930) обращал внимание:

- на породы, образующие насаждение;
- их сочетание в насаждении, и
- условия лесопроизрастания, «которые в своем синтезе и дают конечный продукт - единый и истинный объект лесного хозяйства - тип насаждения». Далее Г.Ф.Морозов указывает: «тип насаждения ... должен быть приурочен к определенной климатической области, затем к типу рельефа и к определенным почвенногеологическим условиям».

Под типом лесных культур следует понимать тип искусственного лесного насаждения определенного функционального назначения, разрабатываемый и создаваемый применительно к лесорастительной зоне и типу леса (типу условий местопроизрастания).

При проектировании смешанных лесных насаждений различают **тип смешения и способ смешения** (А.Ф.Лисенков, 1965).

Тип смешения характеризуется участием в насаждении главных, сопутствующих пород и кустарников. Различают следующие типы смешения:

- древесный (смешиваются только главные породы);
- древесно-теневой (смешиваются главные и теневыносливые сопутствующие породы);
- древесно-кустарниковый (главные породы + кустарники);
- комбинированный древесно-теневое-кустарниковый (смешиваются главные породы, сопутствующие и кустарники).

Тип смешения во многом определяет вертикальное строение будущего лесного насаждения, его ярусность. Главные породы - это породы первого яруса, поэтому при древесном типе смешения скорее всего сформируется смешанное одноярусное насаждение. Древесно-теневой тип способствует формированию двухъярусного насаждения (в первом ярусе - главная порода, во втором - сопутствующая теневыносливая). Комбинированный тип смешения способствует формированию трехъярусного насаждения (двухъярусный древостой + подлесок из кустарника).

Способ смешения - это последовательность чередования древесных и кустарниковых пород при посадке (посеве). Различают следующие способы смешения:

- смешение путем чередования растений в ряду;
- звеньевой (чередование в ряду нескольких растений одной породы с несколькими растениями другой);
- смешение рядами (ряд одной породы - ряд другой);
- кулисный способ смешения (несколько рядов одной породы чередуются с несколькими рядами другой);
- кулисно-рядовой (главная порода вводится кулисами из 2-5 рядов, сопутствующая - отдельными рядами);
- шахматный способ смешения (участок разбивается на квадраты: «белые» квадраты занимают одной породой, «черные» - другой).

Звеньевой и шахматный способы смешения применяют редко, так как при таких способах посадка (посев) леса производится вручную. Способ смешения во многом определяет горизонтальную структуру будущего лесного насаждения (распределение разных видов деревьев и кустарников по площади), а также процентное участие их в насаждении.

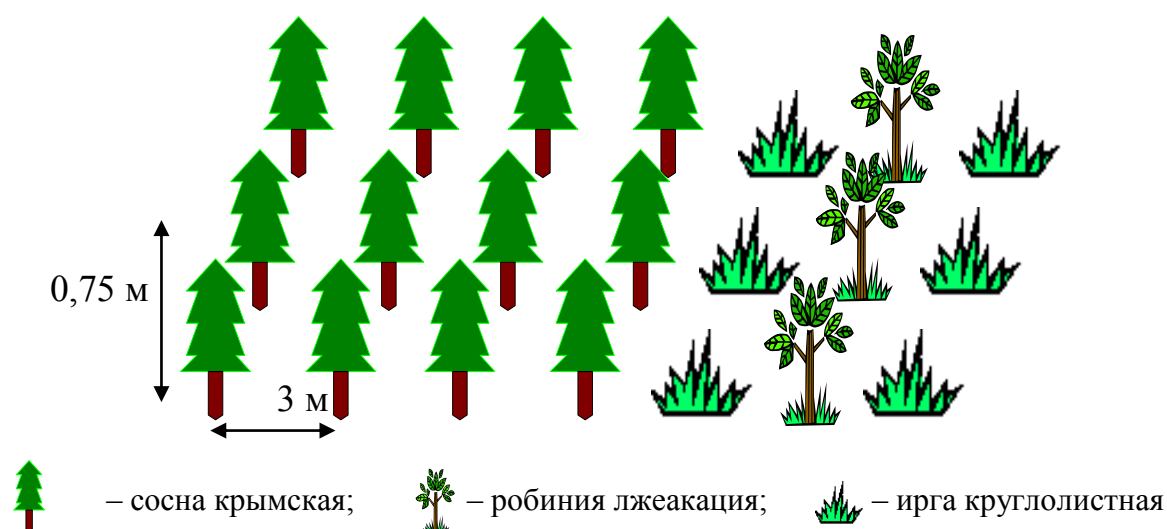


Рисунок 5 — Схема смешения растений по древесно-кустарниковому типу смешения. Способ смешения — кулисно-рядовой (сосна крымская и робиния лжеакация — главные породы)

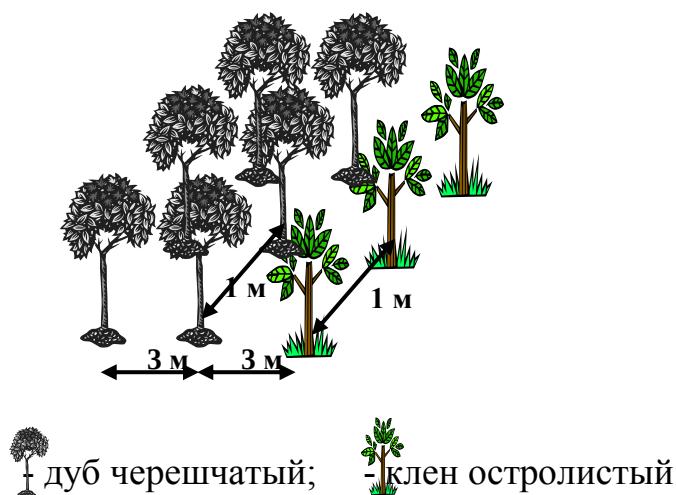


Рисунок 6 – Схема смешения растений по древесно-теневому типу смешения. Способ смешения – кулисно-рядовой (дуб черешчатый – главная порода; клен остролистный – вспомогательная)



Рисунок 7 – Схема смешения растений по древесно-кустарниковому типу смешения. Способ смешения – кулисно-рядовой (гледичия обыкновенная – главная порода; смородина золотая – кустарник)

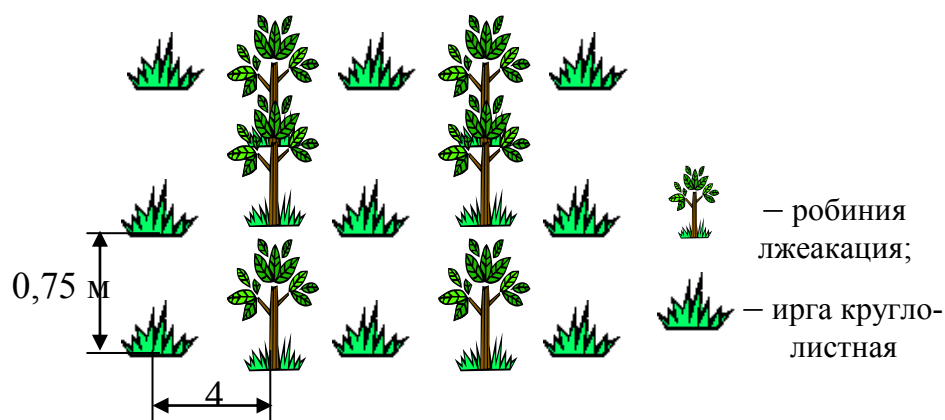


Рисунок 8 – Схема смешения растений по древесно-кустарниковому типу смешения. Способ смешения – чистыми рядами (робиния лжеакация – главная порода; ирга круглолистная – кустарник)

Проф. В.В.Огиевский в учебнике «Лесные культуры» (издания 1949, 1960, 1974 гг.) рассматривает древесно-теневой, древесно-кустарниковый и комбинированный типы, как «способ смешения». Такое толкование, на наш взгляд, неправомерно. В.В. Огиевский при определении способа смешения пользуется не одним, а двумя критериями. Древесно-кустарниковый, древесно-теневой и комбинированный «способ смешения» выделяются по участию в составе насаждений главных, сопутствующих и кустарниковых пород. Звеньевой, кулисный, шахматный и ленточно-звеньевой «способ смешения» - по характеру размещения (чередования) пород при посеве или посадке. С таким подходом согласиться нельзя.

10.6 Одновременный и разновременный ввод древесных пород в лесные культуры

При создании лесных культур главные, сопутствующие породы и кустарники обычно высаживают сразу в один год. Однако эти породы могут вводиться в культуры с разрывом в несколько лет. Неодновременной посадкой (посевом) стремятся создать лучшие условия роста для главной породы, обеспечить ее конкурентоспособность.

Существует два основных варианта разновременной посадки (посева):

- сначала высаживают (высевают) главную породу, а спустя 1-3 года вводят сопутствующие породы и кустарники;
- первыми высаживают сопутствующие породы и кустарники, а через 1-3 года вводят главную породу.

Если главные породы отличаются медленным ростом, их вводят раньше сопутствующих пород и кустарников. Быстрорастущие главные породы (например: робинию лжеакацию, гледичию обыкновенную и др.) можно вводить после сопутствующих пород и кустарников.

Одним из первых высказал идею о неодновременном вводе в культуры дуба и сопутствующих пород Ф.К. Арнольд. По его мнению, целесообразно высаживать на лесокультурную площадь не весь комплекс пород одновременно, а сначала вводить только сеянцы дуба, расположив их полосами по несколько рядов. Межполосные пространства использовать первые годы под пропашные культуры, а затем постепенно вводить остальные породы, создавая нужный вариант смешения.

Ввод древесных пород в лесные культуры может выполняться со значительным разрывом во времени и преследовать цель создания разновозрастных сложных по форме искусственных насаждений (двух-трех-ярусных).

И.Н.Головчанский (1962) описывает опыт создания сосново-дубовых культур с разновременным вводом пород.

Н.Х.Осмола (1989) в Тернопольской и Ровенской областях Украины (соответственно - Суражском и Сморгевском лесничествах) изучал рост дуба

черешчатого в смешанных культурах, заложенных в два приема. Лесные культуры созданы в типе лесорастительных условий Дг (свежая дубрава) посадкой семян. В Суражском лесничестве вначале был высажен дуб, а в Сморгевском - дуб и лиственница чистыми рядами, расстояние между рядами дуба - 4 м. Через 9 лет в Суражском лесничестве в междурядья дуба были посажены с чередованием по два спаренных ряда ели обыкновенной (в одном междурядье) и ряд лиственницы (посередине другого междурядья). Схема смешения и размещения лесных культур представлена на рисунке 7.

В Сморгевском лесничестве через 6 лет между рядами дуба и лиственницы высажен граб обыкновенный (рисунок 7).

Характеристика лесных культур приведена в таблице 17. Данные таблицы 17 свидетельствуют о высокой продуктивности разновозрастных сложных насаждений. Формирование таких насаждений путем создания постепенных двухприемных культур является одним из важных и эффективных приемов интенсификации лесокультурного производства.

Таблица 17 - Таксационная характеристика искусственных насаждений дуба (по Н.Х.Осмола, 1989)*

Порода	Биологический возраст, лет	Среднее		Запас деловой древ., м ³ /га
		Высота, м	Диаметр, см	
Суражское лесничество				
Дуб	20	8,5	8,4	65,3
Лиственница	12	8,8	10,8	25,0
Ель	12	2,5	2,0	5,0
Итого:				95,8
Сморжевское лесничество				
Дуб	53	21,2	16,5	144,7
Лиственница	53	27,2	28,3	365,9
Граб	53	14,7	8,9	27,7
Итого:				538,3

* - Таблица приведена в сокращенном виде

Разновременный ввод древесных пород в лесные культуры имеет следующие недостатки:

- растягивается период закладки культур;
- к моменту второй посадки почва уплотняется и требует дополнительной полосной вспашки или глубокого рыхления;
- возрастает стоимость 1 га культур (по сравнению с одновременной посадкой или посевом).

Из истории лесоразведения в России известны случаи, когда второй прием посадки лесных культур преследовал цель исправления или улучшения ранее созданного насаждения. М.Д.Мерзленко (1978) описывает эталонное насаждение хвойных пород в Порецком лесничестве Уваровского лес-

промхоза. Здесь в 1861 году, в кв. 214, лесничим К.Ф.Тюрмером была произведена посадка культур лиственницы европейской и сосны обыкновенной. Породы смешивались чистыми рядами с чередованием через ряд. Размещение посадочных мест 1,8 x 0,7 м.

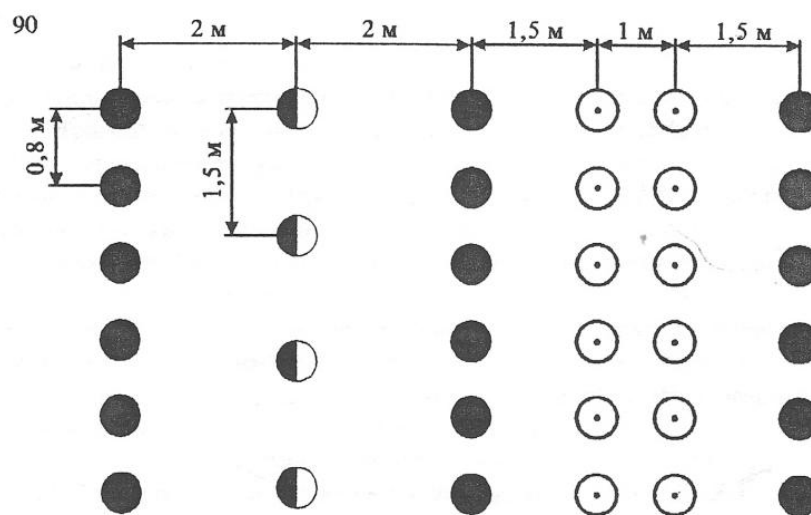
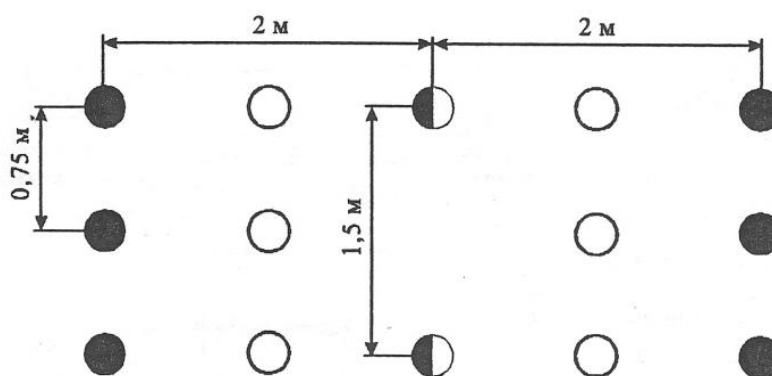


Схема культур дуба в Суражском лесничестве



● - дуб черешчатый

○ - граб обыкновенный

◐ - лиственница

⊙ - ель обыкновенная

Рисунок 7 - Схема культур дуба в Сморожевском лесничестве

Первые 20-30 лет лиственница испытывала угнетение со стороны сосны. В 1871, 1876 и 1882 гг. были проведены рубки ухода, а в 1886 году (через 25 лет) К.Ф.Тюрмф вводит в междурядья ель европейскую (около 4 тыс. шт./га). К 113-летнему возрасту сформировалось сложное по форме насаждение. Высота лиственницы составляла 38,5 м, сосны - 34,8 м, ели (88 лет) - 22,3 м. Общий запас древесины был равен 886 м³/га.

Более подробно о создании лесных культур в существующих насаждениях речь будет идти в разделе, посвященном выращиванию подпологовых лесных культур.

10.7 Проектирование насаждений с участием быстро-и медленнорастущих пород

Введение быстрорастущих пород в состав насаждения может преследовать разные цели: повышение продуктивности древостоя; ускорение окупаемости затрат; более раннее достижение защитного и рекреационного эффекта и т.п.

Неустойчивость таких насаждений заложена в неодинаковых темпах роста пород, входящих в древостой. Быстрорастущие породы уже с первых лет выступают опасными конкурентами за элементы питания, влагу, свет. Они могут сильно угнетать и даже вызывать гибель медленнорастущих пород.

Большое значение для устойчивости древостоя имеет биология и экология входящих в него пород и характер их взаимовлияния. Здесь возможны следующие варианты:

- медленнорастущая порода светолюбива и не переносит верхушечного затенения;
- медленнорастущая порода теневынослива, может произрастать во втором ярусе, затенение для нее не столь опасно;
- быстро- и медленнорастущие породы не являются антагонистами;
- быстро- и медленнорастущие породы - антагонисты, что усложняет задачу по конструированию устойчивого насаждения. Возможны также комбинации из перечисленных вариантов.

Рассмотрим отдельные примеры.

1. Быстро- и медленнорастущие породы не являются антагонистами; медленнорастущая порода отличается светолюбием и не выносит верхушечного затенения. Дуб черешчатый и клен остролистный не являются породами антагонистами. Для ореха черного клен остролистный также не является антагонистом. Дуб черешчатый и орех черный плохо переносят верхушечное затенение. В первое десятилетие клен остролистный растет значительно быстрее дуба и ореха черного и при неправильном размещении может вызвать их гибель (хотя клен остролистный и не считается быстрорастущей породой). В Донском учебно-опытном лесхозе Ростовской области (кв. 34) ряды дуба черешчатого чередовали с рядами из клена остролистного и липы мелколистной по схеме Д – К/Л (деревья клена и липы смешивались в ряду). Размещение посадочных мест 1,5 x 1,0 м. К 15-летнему возрасту дуб оказался под пологом клена и липы, а к 20 годам полностью выпал.

В кв. 80 этого же лесхоза, орех черный и клен остролистный смешивали чистыми рядами по схеме: Оч - Ко - Оч - Ко и т.д. Размещение 1,5 x 1,0 м. Орех черный оказался под пологом клена остролистного и полностью

выпал. Добиться устойчивости насаждений в рассматриваемых примерах можно было путем увеличения ширины междурядий до 3 м и своевременным проведением осветлений.

Если медленнорастущая порода светолюбива, не следует применять способ смешения путем чередования растений в ряду.

2. Быстро- и медленнорастущие породы не являются антагонистами; медленнорастущая порода теневынослива и способна расти во втором ярусе. Рассмотрим в качестве примера смешанные культуры березы и ели. Ель может вводиться в изреженные насаждения березы (искусственного или естественного происхождения) как подпологовая культура. В дальнейшем, после вырубki березы, сформируется еловое насаждение с примесью березы. Насаждение будет устойчивым в свежих и влажных раменах и сураменах (в типах, благоприятных для роста ели), и неустойчивым в бедных борových, а также в сухих типах условий местопрorастания.

3. Быстро- и медленнорастущие породы светолюбивы и являются антагонистами. В качестве примера рассмотрим дубово-ясеневые культуры. Ясени обыкновенный, ланцетный и пушистый первые десять лет растут быстрее дуба черешчатого и являются его антагонистами. Добиться устойчивости дубово-ясеневых насаждений можно:

- путем ограничения числа посадочных мест ясеня 10-20 %;
- введением между рядами дуба и ясеня буферных рядов из сопутствующих пород и кустарников.

В Донском учебно-опытном лесхозе Ростовской области дуб и ясень смешивали чистыми рядами по схеме: Д-св-Я-св и т.д. Между рядами дуба и ясеня вводили ряд свидины кроваво-красной. Размещение посадочных мест 1,5 x 0,7 м. Свидина кроваво-красная - активатор для дуба черешчатого. При такой схеме смешения дуб выдерживает конкуренцию со стороны ясеня и в возрасте 20-25 лет выравнивается с ним высотами. Долговечность свидины в условиях степи 20-30 лет. После ее отмирания конкуренция между дубом и ясенем резко возрастает, поэтому в буферные ряды наряду с кустарниками желательно введение таких пород, как клен остролистный, липа мелколистная, граб и др.

В полезащитном лесоразведении введением быстрорастущих пород в культуры дуба (ясеней, вяза приземистого, гледичии обыкновенной и др.) стремятся раньше добиться лесомелиоративного эффекта (дальность защитного влияния полос зависит от их высоты и конструкции). Ю.В.Ключников в условиях Каменной степи применял коридорную посадку дуба с быстрорастущими породами по схеме:

- 1 ряд - береза, липа;
- 2 ряд - ясень, клен татарский;
- 3 ряд - дуб, акация желтая;
- 4 ряд - ясень, клен остролистный;
- 5 ряд - береза, липа;
- 6 ряд - ясень, клен татарский;

- 7 ряд - дуб, акация желтая;
- 8 ряд - ясень, клен остролистный.

В ряду смешение проводилось путем чередования посадочных мест: березы и липы, дуба и акации желтой и т.д.

По данным Ю.В.Ключникова, при такой схеме посадки дуб оказывается как бы в коридоре, не затеняется сверху, а затеняется с боков и уже на четвертом году жизни образует годичный прирост в 60-70 см.

Уменьшить отрицательное влияние быстрорастущей породы на медленнорастущую в первые годы жизни можно, применив одновременный ввод древесных пород в культуры - сначала произвести посадку (посев) медленнорастущей породы, а через несколько лет - быстрорастущей. Гледичия обыкновенная является активатором для дуба черешчатого, однако в первые годы растет значительно быстрее дуба и может оказывать на него отрицательное влияние (затенять, охлестывать и т.д.). Введение гледичии в лесные культуры через 3-4 года после посадки дуба может устранить этот недостаток (хотя следует иметь в виду, что одновременный ввод пород связан с дополнительными расходами).

Одним из приемов «выравнивания» роста медленнорастущей породы с быстрорастущей - это введение ее в лесные культуры посадкой саженцев (для посадки быстрорастущих пород применяют 1-летние сеянцы и черенки). Дуб черешчатый первые 4-5 лет растет медленно, кустится; с 6-7 лет рост его в высоту ускоряется и в возрасте 15-25 лет он уже является породой со средними темпами роста. Если в период медленного роста (первые 4-5 лет) дуб держать в питомнике, а затем вводить в лесные культуры, то можно избежать ряда нежелательных явлений. Технология лесовосстановления дуба на вырубках Донлесхоза, предложенная проф. А.П.Шапошниковым и В.А.Тертеряном, как раз включала посадку 7-9 летних дубков в предварительно подготовленные ямы.

При выращивании культур ели применяют саженцы высотой 40-50 см. Создание культур ели посадкой саженцев считается прогрессивным методом и широко применяется в нашей стране с 70-х годов (ель первые годы растет медленно).

При выращивании полосных насаждений из быстро- и медленнорастущих пород большое влияние на рост медленнорастущих пород и устойчивость древостоя оказывает положение рядов относительно сторон света. Так, при общем направлении рядов с востока на запад, ряды медленнорастущих светлюбивых пород необходимо размещать с южной стороны, чтобы избежать их затенения.

10.8 Проектирование насаждений с участием пород-антагонистов

В такие насаждения обязательно вводят еще группу древесных и кустарниковых пород-нейтрализаторов для предотвращения или смягчения ан-

тагонизма. Ряды пород-нейтрализаторов размещают между рядами пород-антагонистов. Дуб черешчатый и ясень обыкновенный - породы-антагонисты. Введение между рядами дуба и ясеня ряда свидины кроваво-красной обеспечивает нормальный рост дуба.

Антагонизм древесных пород можно ослабить, прибегнув к куливному способу смешения (например, дуба и сосны).

Необходимо также иметь в виду, что отрицательное влияние одной породы на рост другой зависит от:

- условий произрастания;
- процентного участия пород в составе насаждения;
- возраста искусственного насаждения.

Так, на более влажных и плодородных почвах, береза повсеместно перерастает и угнетает сосну. На бедных и сухих почвах рост березы замедленный, поэтому угнетающего влияния на рост сосны со стороны березы нет (В.В.Миронов, 1977).

В ряде случаев малое участие в составе насаждения породы-антагониста (как «раздражителя») улучшает рост насаждения. Малое участие ясеня в составе насаждений дуба (10-20 %) не создает опасности для последнего.

10.9 Проектирование насаждений из пород с разным возрастом спелости (долговечности)

Когда возраст спелости смешиваемых пород сильно разнится, на каком-то этапе выращивания насаждения приходится производить рубку одной породы и не трогать другую. Так, в сосново-березовых насаждениях береза достигает спелости в 60-80 лет, а сосна - в 100-120 лет. При рубке березы могут повреждаться деревья сосны. Чтобы этого не допустить, проектируют кулисный способ смешения пород (например, пять рядов сосны чередуют с пятью рядами березы и т.д.). Между рядами березы и сосны может быть введен буферный ряд из кустарника или лиственной породы. Такое смешение предотвращает охлестывание сосны березой (в первые годы роста), поломку сосны при рубке и валке деревьев березы (в 60-80 лет). В возрасте 100-120 лет, одновременно с рубкой сосны, рубится и береза (первое порослевое поколение).

10.10 Формирование ярусности (вертикальной структуры) насаждения

Искусственное лесное насаждение может быть простым - одноярусным, и сложным, состоящим из двух-трех и более ярусов. Многоярусные насаждения создают, как правило, в наиболее благоприятных условиях. В крайне бедных и очень сухих типах условий местопроизрастания, где межви-

довая конкуренция проявляется в наибольшей степени, стремятся к выращиванию чистых одноярусных насаждений.

Ярусность во многом предопределяется принятым типом смешения. Древесный тип смешения (когда смешиваются главные породы) обеспечивает выращивание одноярусного насаждения с участием двух-трех главных пород. Древесно-теневой тип позволяет получить двухъярусное насаждение. В первом ярусе будут находиться главные породы, во втором - сопутствующие, теневыносливые. При древесно-кустарниковом типе смешения насаждение, наряду с древостоем, будет иметь подлесок. Комбинированный древесно-теневое-кустарниковый тип смешения рассчитан на выращивание трехъярусного насаждения (1 -й ярус -главная порода; 2-й ярус - сопутствующая, теневыносливая и 3-й ярус -

подлесок из кустарника).

Ярусность в искусственном лесном насаждении создают путем:

- подбора состава древесных пород и кустарников;
- формирования древостоя из разновозрастных деревьев;
- рубками ухода.

В дендрологии принята следующая классификация деревьев по величине. Деревья первой величины способны достигать высоты 20 м и более; деревья второй величины - 10-20 м и деревья третьей величины имеют высоту менее 10 м.

Первый ярус древостоя формируют из главных пород, которые являются деревьями первой величины (сосна, дуб, бук, ясень и др.). Вторым ярусом может формироваться за счет ввода деревьев второй величины, а третий ярус - с использованием деревьев третьей величины.

В естественных лесах ярусность - результат отбора видов, способных произрастать совместно, используя различные горизонты среды. Древесные растения, произрастающие во втором и особенно в третьем ярусах, оказываются в горизонтах с ослабленной интенсивностью света, что необходимо учитывать при подборе пород.

По исследованиям немецких лесоводов М.Матсуда и А.Баумгартнера (1975) продуктивность насаждения находится в тесной связи с характером вертикального распределения фотосинтезирующих органов и величиной индекса листовой поверхности (отношение площади листьев дерева или древостоя к занимаемой ими площади).

Л.П.Яцыно (1974), изучая вертикальное распределение фитомассы в искусственном 23-летнем дубовом насаждении Донского учебно-опытного лесхоза Ростовской области (почва - южный чернозем, тип условий местопроизрастания - свежая дубрава Дг), установил, что наибольшая листовая поверхность приходится на среднюю часть кроны, в нижней ее части листьев немного. Общий индекс листовой поверхности был сравнительно невелик - $2,54 \text{ м}^2/\text{м}^2$, что связано с низкой влагообеспеченностью лесных насаждений в степных условиях. Освещенность под пологом 20-летнего искусственного

дубового насаждения Донлесхоза (состав 7Д2Яз1Ко, полнота 0,9, средняя высота 7,5 м) составляла всего 8 % от освещенности открытого места.

По исследованиям литовских лесоводов, при интенсивности освещения верхнего побега до 15 % от полного освещения дуб и ясень растут

и развиваются в угнетенном состоянии. Слабое развитие дуба обеспечивается при освещенности 15-65 %, ясеня - 15-55 %. Дуб хорошо растет, когда получает свыше 65 %, а ясень - свыше 55 % полного освещения. Освещенность в 75 % для дуба и 70 % для ясеня (от освещенности открытого места) является оптимальной при выращивании этих пород в первом ярусе смешанных насаждений (А.Юодвалькис, Л.Кайрюкштис, Ю.Ионикас, 1979; А.Юодвалькис, 1980).

В одновозрастных смешанных насаждениях ярусность возникает вследствие неодинакового роста в высоту отдельных видов древесных растений. Но ярусность может быть следствием разновозрастности входящих в состав древостоя пород (при одновременном введении древесных пород в насаждение, или при наличии на лесокультурной площади естественного возобновления). В редирах (насаждения с полнотой 0,3 и менее) ярусность можно увеличить созданием подпологовых культур из теневыносливых деревьев и кустарников.

В процессе выращивания лесных насаждений ярусность формируют рубками ухода.

В замысле модели искусственного лесного насаждения необходимо определять и его вертикальное строение, исходя из целевого назначения. Так, целям максимального перевода поверхностного стока во внутригрунтовый, наиболее полно отвечают насаждения сложной структуры при преобладании хвойных пород высокой сомкнутости. В то же время задачам увеличения объемов стока больше отвечают насаждения из лиственных пород, умеренной густоты и простой структуры и т.п.

10.11 Горизонтальная структура древостоя

Горизонтальная структура древостоя определяется схемой размещения древесных растений на лесокультурной площади. Квадратное, прямоугольное, шахматное, рядовое размещение, а также посадка (посев) одиночных растений или биогрупп - во многом определяют горизонтальную структуру древостоя.

При посадке стремятся применять наиболее благоприятное пространственное размещение сеянцев и саженцев с учетом энергии их роста, соблюдением принципа оптимального удаления друг от друга самых сильных экземпляров и заполнения пространства между ними слабыми, которые должны выполнять роль средообразователей и подгона (А.Р.Родин, 1987, Н.А.Костенчук, 1985 и др.).

По исследованиям проф. И.С.Марченко (1989), лесная площадь в экологическом отношении неоднородна и подразделяется на зоны различной биологической активности. На гектаре таких биологически активных зон разной формы и размеров встречается более трехсот. По площади они сосредоточены неравномерно и заполняются лучшими деревьями. К древостоям главного пользования И.С.Марченко (1989) относит наследственно лучшие экземпляры, которые растут в биологически активных зонах одиночно и биогруппами - по два - пять в каждой. Эти деревья составляют ядро высокопродуктивного леса и не должны удаляться при рубках ухода. Другие деревья играют в насаждении вспомогательную роль и в процессе жизни постепенно вымирают или вырубаются. Применение такого подхода при формировании древостоя не предусматривает равномерного размещения деревьев на площади.

В 1964 году Н.В.Дылис ввел понятие парцеллы биогеоценоза. Парцелла - структурная часть горизонтального расчленения биогеоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойствами компонентов, спецификой их связей.

А.И.Угрин (1994) предлагает метод организации лесокультурной площади на основе ее парцеллярной структуры, которая подразумевает выделение отдельных участков по принципу однородности условий увлажнения, крутизны склона, в корреляции с мощностью и структурой почвенного профиля, мощности и состояния лесной подстилки, наличия естественного возобновления, особенностей микроклимата, определяющихся рельефом и высотой над уровнем моря. Минимальный размер парцелл для условий Карпат им принят 20 м². Число парцелл на лесокультурном участке может достигать до 50. Для каждой парцеллы разрабатывается вариант и способ создания культур.

Соответствие биологических особенностей древесных пород конкретным эдафическим условиям парцелл обеспечивает устойчивость, высокую продуктивность лесного насаждения и его долговечность. В то же время метод организации лесокультурной площади на основе ее парцеллярной структуры достаточно сложен и увеличивает затраты на проектирование и создание лесного насаждения.

Горизонтальная структура во многом определяет защитные свойства насаждений. Так при создании илофильтров и стокорегулирующих лесных полос прибегают к треугольному (шахматному) размещению посадочных мест. При таком размещении в большей степени замедляется скорость поверхностного стока и лучше осаждаются твердые частицы (песок, глина). Квадратное или прямоугольное размещение для этих видов защитных насаждений менее желательно. В.Л.Векшегонов, А.В.Альбенский и др. (1984) рекомендуют шахматное размещение и для полезащитных лесных полос.

В рекреационных лесах горизонтальная структура определяется наличием чистых и смешанных биогрупп из древесных и кустарниковых растений и их размещением на площади. Этим стремятся избежать однообразия, моно-

тонности и создают «мозаику» горизонтальной и вертикальной структуры насаждения.

10.12 Корневые системы деревьев в насаждениях

При проектировании лесных насаждений важными показателями являются:

- дальность распространения корней древесных пород в стороны;
- глубина их проникновения в почву и грунт;
- объем почвы и грунта, занимаемый корневыми системами, и ряд других.

М.И.Калинин (1978) предложил площадь питания дерева определять проекцией корневой системы на поверхность почвы. На масштабную бумагу наносят проекцию горизонтальных корней дерева и вычисляют площадь полученного многоугольника. Асимметричность расположения и большое различие в длине отдельных корней дерева приводит к тому, что определение площади питания как функции среднего по длине корня дает значительные отклонения от истинного значения. Более точный показатель получают при определении проекции корневой системы графически по схеме ее расположения. При этом средний радиус площади проекции корней рассчитывают по формуле площади круга:

$$S = \pi R^2$$

Среднегодовой прирост радиуса корневой системы (r) определяют экспериментально по скорости роста в длину наиболее развитых горизонтальных корней. Так как скорость прироста горизонтальных корней по длине изменяется с возрастом дерева, при моделировании площади питания используют средний периодический прирост корней по длине:

$$S = n(n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_a p_a)^2,$$

где S - площадь проекции корневой системы (площадь питания дерева);
 $n_1; n_2 - n_a$ - количество лет в соответствующем периоде;
 $p_1; p_2 - p_a$ - средний периодический прирост радиуса проекции корневой системы.

По данным М.И.Калинина (1978) и других лесоводов, большинство древесных пород в первый период жизни образуют габитус корневой системы, по форме приближающийся к форме конуса (если нет факторов, препятствующих росту стержневых корней вглубь).

Объем пространства, занимаемого корневой системой дерева, когда он имеет конусообразную форму, определяется по формулам:

$$V_n = \frac{1}{3} \cdot h_n \cdot S,$$

где V_n - объем пространства, занимаемого корневой системой дерева (объем почвенного питания);

h_n - глубина проникновения стержневого корня на данный возраст;

S - площадь проекции корневой системы на поверхность почвы.

$$\text{или } V_n = \frac{1}{3} \cdot \pi r^2 \cdot h_n$$

где r - радиус проекции корневой системы на поверхность почвы.

В более поздний период жизни габитус корневой системы дерева приближается к форме усеченного конуса. Объем пространства, занимаемого корневой системой дерева в этот период, определяют по формуле:

$$V_n = \frac{1}{3} \cdot \pi H (r^2 + rr_i + r_i^2),$$

где H - глубина возможного проникновения вертикальных корней;

r - радиус площади, образуемой вертикальными корнями, достигшими глубины предела их роста.

В лесном древостое выделяют три группы роста деревьев - лучшие, средние и отстающие (максимальные, средние, минимальные). Если суммировать объемы корневого питания деревьев минимальной, средней и максимальной группы роста, то получится суммарный объем корневого питания деревьев всех групп роста ($V_{общ}$).

Физический объем корнеобитаемого горизонта почвы в пересчете на 1 га равен $10000 h_n$, где h_n - глубина проникновения стержневого корня на данный возраст. Используя суммарный объем питания деревьев ($V_{общ}$) и объем корнеобитаемого горизонта почвы, рассчитывают ряд показателей:

- коэффициент обеспеченности объема питания в разные возрастные периоды

$$K_o = \frac{10000 \cdot h_n}{V_{общ}}$$

- коэффициент взаимопроникновения корневых систем:

$$K_b = \frac{V_{общ}}{10000 h_n}$$

- потенциальный коэффициент обеспеченности

$$K_o \text{ потенц.} = \frac{10000H}{V_{\text{общ}}}$$

Важным показателем при характеристике корневых систем является степень корненонаселенности объема питания дерева ($K_{нд}$) и насаждения в целом ($K_{нн}$):

$$K_{нд} = \frac{\Sigma L_d}{V_d}$$

$$K_{нн} = \frac{\Sigma L_n}{V_n},$$

где ΣL_d - суммарная протяженность скелетных корней дерева;

V_d - объем корневого питания дерева;

ΣL_n - суммарная протяженность скелетных корней в насаждении;

V_n - объем корнеобитаемого слоя почвы данной площади насаждения.

По мере роста дерева, растет его корневая система и увеличивается количество ответвлений как на корнях первого порядка, так и на корнях второго, третьего и следующих порядков. Отношение общей длины корня со всеми его ответвлениями к длине материнского корня характеризуется как коэффициент ветвистости (K_v).

Объем пространства, занимаемого корневой системой (объем почвенного питания), степень корненонаселенности объема питания дерева, коэффициент ветвистости - могут служить объективными критериями при оценке почвоскрепляющей способности древесных пород.

Процесс формирования корневых систем деревьев в насаждении зависит от ряда факторов: биологических особенностей древесной породы, рельефа участка, типа почв, подстилающих почву материнских пород, гидрологических условий, характера взаимовлияния древесных растений и др.

В лесном насаждении корневые системы часто формируют один ярус. Двухъярусность может возникнуть при сочетании пород, имеющих поверхностную корневую систему, и пород с глубокой корневой системой (например, дуба и гледичии). Формированию двухъярусности расположения корневых систем могут способствовать условия произрастания (в частности, характер увлажнения). При совместном произрастании одна древесная порода может тормозить, а может стимулировать рост другой породы через свои корневые выделения. Это необходимо учитывать при составлении схем смешения и размещения.

11 УСТОЙЧИВОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

11.1 Устойчивость искусственного лесного насаждения

Под устойчивостью понимается способность искусственного лесного насаждения противостоять неблагоприятным факторам среды и природных явлений. Устойчивыми могут быть как чистые (однопородные), так и смешанные насаждения, состоящие из двух и более пород. Необходимо иметь в виду, что устойчивость и долговечность насаждений зависит от многих факторов.

1. Насаждение будет устойчивым, если лесорастительные условия и климат соответствуют биологии и экологии выращиваемых пород. Дуб черешчатый - требователен к богатству условий произрастания. Оптимальными для него являются типы Дг-Дз - свежие и влажные дубравы. В боровых бедных типах условий местопроизрастания дуба недолговечен, растет медленно, кустится и формирует низкорослые кривые деревья. Породы, требовательные к богатству условий произрастания (дуб черешчатый, ясень обыкновенный, клен остролистный, бук восточный, ель обыкновенную и др.), не следует вводить в состав насаждений в бедных боровых и суборековых типах. Породы, малотребовательные к богатству условий произрастания (сосна, береза, лиственница и др.), можно вводить в состав насаждений как на бедных, так и на богатых почвах. Но здесь возникает другая проблема - проблема целесообразности выращивания малотребовательной породы в богатых типах условий произрастания. На черноземной почве, в типе Дг (свежая дубрава), сосна обыкновенная устойчива и долговечна. Однако в этих же условиях можно выращивать дуб черешчатый, ясень обыкновенный, клен остролистный, орех черный и другие более ценные, чем сосна, Породы.

Влаголюбивые породы - ольху черную, иву белую, тополь канадский и другие, нельзя высаживать в сухих и очень сухих типах условий местопроизрастания, где они не смогут сформировать устойчивых, высокопродуктивных насаждений.

2. Насаждение будет устойчивым, если входящие в его состав древесные породы и кустарники не являются антагонистами. У дуба черешчатого, например, имеется ряд естественных спутников, с которыми он хорошо растет и образует устойчивые насаждения (клены остролистный и полевой, липа, граб и др.). С этими же породами хорошо растет и ясень обыкновенный.

3. Смешанные насаждения, состоящие только из светолюбивых древесных пород, менее устойчивы, чем насаждения, в состав которых входят светолюбивые и теневыносливые породы.

4. В степной зоне сильнейшим конкурентом древесных растений выступает степная злаковая растительность. Важным фактором, определяющим устойчивость насаждения, будет отеняющая способность входящих в его со-

став древесных пород. Отеняющая способность крон 20-летних деревьев по А.В.Гурскому следующая (процент света под кронами от количества света на открытом месте): вяз густой - 20, орех грецкий - 46, клен ясенелистный - 53, робиния лжеакация - 59 %. Из приведенного примера видно, что кроны робинии лжеакация пропускают в три раза больше света, чем кроны вяза густого. Этим определяется неустойчивость чистых насаждений робинии лжеакация к задернению почвы. Насаждения, в состав которых входят породы с поздними сроками облиствения (робиния лжеакация, орех черный, гледичия обыкновенная и др.), плохо противостоят задернению в ранневесенний период. Повысить устойчивость насаждений можно путем введения в их состав пород, рано завершающих облиствение (клёны остролистный, полевой, татарский; орех медвежий и др.). Предотвратить задернение можно также введением в подлесок теневыносливых кустарников с ранним облиствением (жимолости, бузины черной и др.).

11.2 Устойчивость к низким температурам

Устойчивость древесных растений к низким температурам можно подразделить на устойчивость к морозам зимой и к поздним весенним и ранним осенним заморозкам. Устойчивость к морозам определяется:

- биологией и экологией древесной породы;
- условиями местопроизрастания;
- условиями предшествовавшего зиме вегетационного периода;
- возрастом и физиологическим состоянием деревьев. Способность разных видов древесных растений переносить низкие

температуры зимой неодинакова. Чтобы проектируемое насаждение было устойчиво, в его состав необходимо вводить породы, способные без повреждений переносить низкие зимние температуры того района, в котором насаждение намечается выращивать.

Устойчивость деревьев к низким температурам зависит от их возраста и физиологического состояния. Сильнее страдают от морозов молодые и старые ослабленные деревья. Большое влияние на физиологическое состояние древесных насаждений оказывают условия вегетационного периода, предшествовавшего зиме. В годы сильных засух (1972, 1975 г.г.) ослабленные деревья хуже переносили зимние морозы. Хуже переносят морозы обильно плодоносившие, а потому ослабленные деревья.

В южных районах европейской части России дуб черешчатый и ясень обыкновенный в молодом возрасте часто побиваются поздними весенними заморозками. В северных районах от поздних заморозков страдает ель обыкновенная. У перечисленных пород имеются фенологические формы рано- и поздно- начинающие вегетацию. Поздние формы в меньшей степени попадают под действие весенних заморозков, поэтому введением в состав позд-

нораспускающихся форм дуба и ясеня можно повысить устойчивость насаждений этих пород к заморозкам.

У таких древесных пород, как орех грецкий, робиния лжеакация, шелковица (белая и черная), катальпа и др., ростовые процессы растянуты, побеги к концу вегетации часто не успевают одревеснеть и побиваются ранними осенними заморозками. На устойчивость этих пород к низким температурам большое влияние оказывают условия местопроизрастания. В сухих типах условий местопроизрастания (C_1 - D_1) ростовые процессы заканчиваются рано, побеги к наступлению холодов успевают одревеснеть и деревья успешно переносят осенние заморозки и зимние морозы. Во влажных типах условий местопроизрастания (C_3 - D_3) ростовые процессы у ореха грецкого, робинии лжеакалии, шелковицы, софоры японской и др. продолжаются до наступления холодов, побеги не успевают одревеснеть и деревья сильно обмерзают.

В районах с пересеченным рельефом устойчивость насаждения к морозам во многом зависит от положения его на местности. В нижних частях склонов, куда стекается и застаивается холодный воздух, действие зимних морозов и заморозков будет сильнее, чем в верхних частях. В небольших замкнутых пространствах могут формироваться морозобойные ямы, где опасность повреждения деревьев морозом легко возрастает. В таких местах в состав насаждения необходимо вводить породы с повышенной устойчивостью к заморозкам и зимним морозам. В таблице 18 приведены данные о влиянии местных условий на изменение интенсивности заморозков.

Повышения устойчивости древесной породы к низким температурам добиваются путем создания для нее защиты из других «утепляющих» и, как правило, более морозостойких пород.

Таблица 18 - Влияние местных условий на изменение интенсивности весенних и осенних заморозков в тихие ясные ночи (по И.А.Гольцберг)

Местоположение	Заморозки по сравнению с ровным открытым местом, °С	
	интенсивнее на:	слабее на:
Вершины и верхняя часть склонов		2 ⁰
Долины в холмистой местности	1,5-2 ⁰	
Котловины	4-5 ⁰	
Поляны	2 ⁰	
Острова и побережья		2-3 ⁰

При посадке дуба на свежих вырубках в Тульских засеках его молодые побеги побивались поздними весенними заморозками. А.П.Молчанов в конце XIX столетия предложил коридорный способ культуры дуба. Посадку саженцев дуба высотой 70 см и более он применял на вырубках, уже имеющих поросль высотой около 1 м, спустя 2-3 года после рубки. Ряды размещались через 4 м, расстояние между посадочными местами в ряду - 1 м (2500 мест на 1 га). Уход начинался со второго-третьего года и сводился к индивидуально-

му освещению каждого дубка. Образовавшиеся в результате освещения около дубков круги на третий год смыкались между собой, образуя коридоры шириной 1 м. Через 5-6 лет после посадки культур проводилось омоложение кулис, которые к этому времени начинали затенять дуб.

Коридорный способ выращивания дуба применял также известный лесовод Б.И.Гузовский в Чувашских дубравах, но с предварительной прорубкой коридоров шириной понизу - 2 м, поверху - 0,5-0,7 м. Таким образом удавалось защитить дуб от заморозков.

При выращивании сплошных культур дуба, ясеня, ели защита их от поздних весенних заморозков может достигаться за счет введения «утепляющих» пород. Эти породы высаживают таким образом, чтобы они обеспечивали защиту отдельных рядов (или посадочных мест в ряду) дуба, ясеня, ели от холода.

Обеспечить устойчивость древесных пород к низким температурам в молодом возрасте можно путем введения их на лесокультурную площадь биогруппами из нескольких десятков растений. Когда случается заморозок, то обмерзают деревца, находящиеся по краю биогруппы. Деревья в центре биогруппы не обмерзают. Напомним, что к возрасту спелости в биогруппе должно оставаться 1-2 дерева.

В южных районах в малоснежные и бесснежные зимы, сильные морозы могут вызывать вымерзание корней у дуба черешчатого и других пород. Защиту корней от вымерзания обеспечивают снегозадержанием и мульчированием приствольных кругов (опилками и другим материалом).

11.3 Проектирование лесных насаждений, устойчивых в условиях недостаточного увлажнения

Такую задачу приходится решать степным лесоведам, ведь степная зона - это зона недостаточного увлажнения. Однако сухие типы условий местопроизрастания встречаются и в других растительных зонах.

Устойчивости лесных насаждений в условиях недостаточного увлажнения добиваются:

- подбором состава древесных пород, отличающихся засухоустойчивостью;
- подбором засухоустойчивых эдафических форм древесных растений;
- правильным выбором форм насаждения;
- то же густоты насаждения (первоначальной и на разных этапах его роста).

На устойчивость древесных пород в условиях недостаточного увлажнения оказывает влияние характер строения корневых систем. Древесные породы с глубокими корнями (дуб черешчатый и др.) при почвенной засухе будут в лучших условиях водоснабжения, чем породы с поверхностными корневыми системами. Устойчивыми в условиях недостаточного увлажнения

будут также древесные породы, малопотребляющие и экономно расходующие влагу.

Неустойчивость насаждений, созданных в конце XIX в. по «донскому» и «нормальному» типам, объясняется высокой долей участия в их составе ильмовых пород (в «донском» типе - 77,7 %, в «нормальном» - 50,0 %). Ильмовые породы не только заглушали дуб, ясень и клен, но и сильно иссушали почву. Исследования ВНИАЛМИ (Е.И.Дворецкая) показали, что транспирационный коэффициент (количество испарившейся воды на абсолютно-сухую листовую массу дерева) у дуба черешчатого - 244,6, вяза обыкновенного - 481,8, у вяза обыкновенного порослевого - 707,5. Рубка ильмовых пород на короткое время приводила к уменьшению листовой поверхности, но при этом резко возрастал транспирационный коэффициент. В течение первых 6-7 лет происходило иссушение верхних слоев почвы и грунта, после чего начиналось массовое усыхание лесных культур.

В 30-40-е годы перспективной породой для выращивания в степи считался каркас западный (Н.С.Плотников, 1936; А.В. Альбенский, 1940; Д.В. Воробьев, 1950 и др.). Однако исследования ВНИАЛМИ показали, что эта порода иссушает почву еще сильнее, чем вяз или берест. Транспирационный коэффициент каркаса западного в пять с лишним раз выше, чем у дуба черешчатого (1301,9 у каркаса, против 244,4 у дуба), поэтому каркас западный целесообразно выращивать во влажных типах условий местопроизрастания.

У дуба черешчатого, ясеня обыкновенного и других древесных пород имеются эдафические формы, приуроченные к определенным условиям местопроизрастания. Пойменные формы дуба черешчатого и ясеня обыкновенного мало пригодны для выращивания в условиях открытой степи, так как они менее засухоустойчивы, чем формы из нагорных дубрав.

Акад. Г.Н.Высоцкий (1949) одним из первых обратил внимание на форму лесных насаждений, характерную для условий степи. «... Растущий в крайних условиях сухости лес стремится образовать **редкие насаждения с ширококораскидистыми кронами на укороченных стволах**».

Согласно исследованиям Г.Н.Высоцкого в Берлинской даче (Украина), чистое насаждение гледичии с квадратным размещением (2400 посадочных мест на 1 десятине) достигло абсолютной спелости (момент, с которого средний годичный прирост начал падать) в 27-летнем возрасте, а чистое насаждение гледичии с густой рядовой посадкой (14400 посадочных мест на 1 десятине) абсолютной спелости достигло уже в 13 лет. Следовательно, большая густота насаждения в условиях недостатка влаги, приводит к падению среднего прироста уже в самом раннем возрасте. Однако редкое размещение опасно тем, что может происходить задержание почвы. Чтобы этого не случилось, Г.Н. Высоцкий (1949) рекомендовал вводить в насаждение кустарники. Наиболее ценное свойство кустарников по его мнению заключается в следующем:

- 1) теневыносливость наряду со светолюбивостью;
- 2) пониженная энергия транспирации - меньшая потребность во влаге;

- 3) сильная кустистость;
- 4) устойчивость против вредных насекомых;
- 5) раннее и обильное плодоношение;
- 6) устойчивость против заглущения травой.

Теоретический идеал культурного пристепного леса на возвышенном плато по Г.Н. Высоцкому следующий. Деревья должны занимать немного места, чтобы на каждое из них приходился больший объем питающего слоя почвы; остальные места должны быть заняты кустарниками.

Более поздние исследования показали, что далеко не все кустарники могут формировать хороший подлесок в насаждении и экономно расходовать влагу. Согласно исследованиям ВНИАЛМИ (Е.И.Дворецкая), транспирационный коэффициент у жимолости татарской - 431,9, у акации желтой (караганы) - 837,0, у бирючины - 847,5, тогда как у дуба черешчатого он равен 244,6. Малоприспособлены для формирования подлеска в насаждении очень светолюбивые кустарники (аморфа, скумпия и др.).

При выборе формы насаждений в условиях степной и сухостепной зон придерживаются следующих принципов. В очень сухих типах условий местопроизрастания, чтобы избежать межвидовой конкуренции, создают чистые (однопородные) насаждения. В полосных посадках могут вводиться почвозащитные кустарники (прежде всего в крайние ряды). В сухих типах условий местопроизрастания создают насаждения по древесно-кустарниковому, а в свежих - по древесно-теневому и комбинированному типам смешения (соответственно, двух- и трехъярусные).

11.4 Повышение устойчивости и долговечности насаждений в условиях засоления

Устойчивость древесных растений в условиях засоления зависит от концентрации солей в почве, плодородия почвы (ее гранулометрического состава, содержания гумуса, влажности), глубины залегания и минерализации грунтовых вод, интенсивности солнечной радиации, физиологического состояния растений и др.

Повышения устойчивости и долговечности насаждений в условиях засоления добиваются:

- подбором древесных пород и их форм, способных произрастать в условиях засоления;
- внесением гипса и других мелиорантов, нейтрализующих действие солей;
- содержанием лесокультурного участка в течение нескольких лет под люцерной (биологический метод мелиорации засоленных площадей);
- применением специальных приемов обработки почвы, способствующих рассолению ее верхних горизонтов;
- внесением органических удобрений (навоза) и др.

На устойчивость древесных растений к засолению оказывает влияние не только величина засоления (общее содержание солей в почве), но и характер засоления (хлоридное, сульфатное, карбонатное), а также соотношение хлор-, сульфат- и карбонатионов. Хуже всего растения переносят хлоридное засоление.

Различают биологическую и агрономическую солеустойчивость. Биологическая солеустойчивость характеризуется предельной засоленностью почвы, которую в состоянии переносить древесное растение. Агрономическая (лесоводственная) солеустойчивость - это степень засоления почвы, при которой культуры будут экономически целесообразны. Показатели биологической солеустойчивости древесных пород приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Показатели биологической солеустойчивости древесных и кустарниковых пород в условиях Северного Прибалхашья (по И.А.Смирнову, 1970)

Порода	Плотный ос- таток, %	Хлор- ионов, %	Сульфат- ионов, %
1	2	3	4
Айлант высочайший	1,486	0,066	0,696
Бархат амурский	1,209	0,038	0,816
Береза пониклая	0,576	0,041	0,213
Вяз приземистый	1,801	0,189	0,984
Вяз обыкновенный	2,132	0,191	1,177
Гледичия обыкновенная	0,830	0,072	0,388
Дуб черешчатый	1,514	0,094	0,856
Ива ломкая (верба)	0,927	0,049	0,558
Катальпа яйцевидная	0,938	0,030	0,432
Клен приречный	1,330	0,066	0,719
Клен серебристый	1,166	0,063	0,511
Клен остролистный	0,821	0,034	0,360
Клен ясенелистный	1,342	0,090	0,712
Липа мелколистная	1,149	0,036	0,540
Лох узколистный	3,312	0,337	2,124
Можжевельник виргинский	0,586	0,020	0,288
Робиния лжеакация	1,015	0,114	0,487
Софора японская	0,884	0,114	0,420
Тополь Бахофена	1,155	0,144	0,600
Туранга разнолистная	1,132	0,076	0,471
Туя западная	0,434	0,031	0,192
Ясень зеленый (ланцетный)	1,026	0,074	0,474
Акация желтая	1,035	0,061	0,481
Аморфа кустарниковая	1,038	0,160	0,480
Бирючина обыкновенная	0,434	0,031	0,192

Порода	Плотный остаток, %	Хлор-ионов, %	Сульфат-ионов, %
1	2	3	4
Боярышник алтайский	0,678	-	0,456
Дереза китайская	1,516	0,145	0,700
Дерен белый	0,434	0,031	0,192
Дрок германский	1,327	-	0,541
Крушина слабительная	0,830	0,072	0,388
Роза собачья	1,170	0,071	0,625
Тамарикс	5,764	0,305	3,480

Примечание: таблица дана в сокращенном виде.

По агрономической (лесоводственной) солеустойчивости И.А.Смирнов (1970) делит породы на три группы. В качестве критерия принят плотный остаток (%).

Солеустойчивые (культура экономически эффективна при засолении больше 1 %). Тамарикс ветвистый, селитрянка Шобера, лох узколистный, чингил серебристый, роза Беггера.

Среднесолеустойчивые (агрономическая солеустойчивость ниже 1 %). Вяз приземистый, вяз обыкновенный, туранга разнолистная, тополь Бахофена, карагана мелколистная, аморфа кустарниковая, дереза китайская, клен ясенелистный, ясень зеленый (ланцетный), карагана древовидная, робиния лжеакация, гледичия обыкновенная, дуб черешчатый, роза собачья.

Слабосолеустойчивые (агрономическая солеустойчивость ниже 0,5-0,6 %). Кatalьпа яйцевидная, айлант высочайший, клен приречный, боярышник алтайский, крушина слабительная, береза пониклая, дерен белый, скумпия, сирень обыкновенная, можжевельник виргинский.

Если биологическую солеустойчивость древесных-пород и кустарников Н.А.Смирнов оценивает по трем показателям (плотный остаток, наличие хлор- и сульфат-ионов), то агрономическую - только по одному (плотному остатку), что снижает объективность оценки.

11.5 Проектирование пожароустойчивых насаждений

Пожары наносят колоссальный ущерб лесам России. В отдельные годы площадь, пройденная огнем, достигала 1,5-2,0 млн. гектаров. Повышение пожарной устойчивости искусственных лесонасаждений - одна из актуальных проблем лесного хозяйства. Решается она применением комплекса мер.

Горимость лесов в первую очередь определяется их составом, поэтому при проектировании учитывают лесопирологические особенности древесных пород. Высокой горимостью отличаются чистые насаждения сосны, ели,

пихты, можжевельника. Хвоя и древесина этих пород содержат смолы и эфирные масла и отличаются легкой воспламеняемостью и быстротой горения. В еловых и пихтовых культурах вследствие медленного отмирания боковых побегов нижних мутовок, наземный огонь способен быстро переходить в верховой пожар.

Хвоя лиственницы по сравнению с хвоей сосны и ели содержит в 3-4 раза меньше эфирных масел, влажность ее на 30-40 % выше, поэтому она обладает низкой воспламеняемостью и удельной теплотой горения (18,3 кДж/кг). Считается, что крона лиственницы, формируемый ею опад и подстилка имеют относительно низкую пожарную опасность (М.А.Шешуков, В.В.Пешков, В.А.Михель, 1986).

Из лиственных пород высокая горимость свойственна березе, дубу, клену, ясеню; низкая - ольхе, ветле, липе, рябине. Пожароустойчивыми свойствами обладает осина и другие виды тополей. Листья этих пород после опадения долго сохраняют повышенную влажность (более 20 %), имеют плотное сложение слоя, плохо воспламеняются, слабо горят и имеют низкую удельную теплоту сгорания (20,7 кДж/кг).

Пожароустойчивость искусственных лесных насаждений зависит от их структуры. Для повышения устойчивости чистых сосновых и еловых культур, через каждые 100-150 м их разделяют лиственничными, тополевыми, ольховыми полосами из 6-10 рядов (15-25 м). В смешанных культурах 15-20 рядов сосны или ели чередуются с 4-6 рядами лиственницы, тополя, ольхи, липы и других устойчивых к огню пород.

В молодых культурах быстрому распространению огня способствует высохшая трава, поэтому борьба с сорной растительностью (окашивания, культивации, прополки и др.) - одна из профилактических мер по предупреждению пожаров. Для снижения пожарной опасности молодых культур сосны и ели, стремятся сокращать сроки их смыкания и тем самым предотвращать развитие травостоя. Достигается это применением соответствующих схем размещения и увеличением первоначальной густоты. После смыкания хвойных культур легковоспламеняющимся материалом становится опад хвои. Пожароустойчивость лиственных пород после смыкания крон возрастает.

В разных типах условий местопроизрастания вероятность возникновения пожара и характер распространения огня будут неодинаковы. Малая вероятность пожара и низкая скорость распространения огня имеют место во влажных и сырых типах; высокая - в очень сухих и сухих типах.

Создание пожароустойчивых насаждений невозможно без деления их по определенной системе на изолированные друг от друга участки или блоки. Противопожарными барьерами могут служить естественные и искусственные разрывы (участки лиственных пород, реки, озера, карьеры и др.). Крупные блоки в зависимости от их ценности и степени опасности загорания делят барьерами на меньшие площади. Барьерами здесь могут быть участки лиственных пород, дороги, линии электропередач, просеки и др.

Одной из причин выгорания сосновых насаждений в Ростовской области на площади около 5 тыс. га в 1995 году явилось отсутствие достаточных барьеров, препятствующих распространению огня.

Для блокирования распространения огня создают разделяющие и окаймляющие защитные пожароустойчивые полосы (ЗПП) из огнестойких лиственных пород. Ширина таких полос может колебаться от 25 до 75 м и более. ЗПП используют для расчленения насаждений на блоки, окаймления по периметру пожароопасных хвойных культур, создания полос вдоль дорог, лесных поселков и других объектов. По своей защитной эффективности и экономическим показателям ЗПП превосходят минерализованные полосы.

Одной из профилактических мер в борьбе с лесными пожарами является прокладка и содержание в надлежащем виде минерализованных полос, которыми отделяют друг от друга участки культур хвойных пород для предотвращения распространения наземного огня.

11.6 Проектирование ветроустойчивых насаждений

Ветер может вызывать в лесных насаждениях ветровал и ветролом (бурелом) деревьев. Так, в Румынии в 1964 году уничтожено 10,5 млн.м³, Швеции (1969 г.) - 29, ФРГ (1972 г.) - 16 млн.м³ леса. В лесах России ветровал и ветролом отмечаются ежегодно и наносят ощутимый ущерб лесному хозяйству. Только на севере Пермской области ураган, пронесшийся 7 июня 1975 года, повалил лес на площади 260 тыс. га. Запас поврежденного леса превышал 22 млн.м³. Ураган 9 июня 1984 года повредил в девяти центральных областях России около 11 тыс. га лесов.

Ветровал и бурелом начинаются при ветре 15 м/с и с увеличением скорости увеличивается повреждение древостоев. Скорости ветра 29 м/с и выше большинство деревьев не выдерживают. Кроме скорости, играют роль порывистость ветра, направление и продолжительность его действия.

Устойчивость лесного насаждения к ветровалу и ветролому определяется такими факторами, как:

- биологические и лесоводственные свойства древесных пород;
- условиями произрастания и связанными с ними характером строения крон и корневых систем деревьев;
- положением лесных насаждений на местности;
- направлением рядов посадки (посева) относительно опасных ветров;
- составом древесных пород;
- полнотой и санитарным состоянием насаждения и другими.

Наиболее ветроустойчивы твердолиственные и хвойные породы с мощной, глубоко проникающей в почву корневой системой: дуб, бук, граб, ильм, явор, сосна, кедр, лиственница и другие.

Деревья с хорошо развитой непроницаемой для ветра кроной и поверхностной корневой системой наиболее подвержены ветровалу. Классической

породой в этом отношении является ель обыкновенная и другие ее виды. В меньшей степени ветровальность характерна для пихты европейской, сибирской и других видов, хотя эти породы страдают от ветровала и бурелома.

Устойчивость древесных пород во многом определяется условиями произрастания. Сосна обыкновенная на свежих супесчаных почвах образует мощную корневую систему, глубоко проникающую в грунт. В этих условиях она устойчива к ветровалу. На болотистой местности сосна формирует поверхностную корневую систему и, как ель, становится ветровальной породой. Ветровальность сосны на болоте может составлять 70 % и более. Ветровалу способствует перенасыщенность почвы и подстилающей почвообразующей породы водой (разжиженность) и ослабление механической связи корней с почво-грунтом. Под напором ветра деревья легко опрокидываются и корневая система выворачивается на поверхность. Сосна часто вываливается и на сухих песчаных почвах. Каменистая и плотная почва способствует образованию мелкой корневой системы даже у дуба и бука, что снижает устойчивость этих пород к ветровалу.

В зависимости от рельефа, скорость ветра на отдельных участках местности может возрасти, на других - снижаться. При проектировании лесных насаждений особое внимание уделяют ветроударным склонам, где опасность проявления ветровала и ветролома особенно велика.

Если направление рядов посадки совпадает с направлением ветра, это усиливает его разрушительные действия. Поэтому ряды необходимо размещать перпендикулярно направлению опасных ветров.

Ветровалу в первую очередь подвержены деревья со стволовой и комлевой гнилью, а также изреженные насаждения с полнотой 0,3-0,5.

Повысить ветроустойчивость насаждения можно:

- созданием опушек со стороны ветроопасных направлений, чем достигается «обтекаемость» древостою и частично гасится скорость ветра;
- закладкой ветрозащитных полос («ребер») шириной 30 м из ветроустойчивых пород; полосы закладывают перпендикулярно направлению ветра, на расстоянии 150-200 м друг от друга;
- поддержанием полноты насаждения в пределах 0,7;
- формированием длины кроны ели, равной $\frac{2}{3}$ высоты ствола;
- введением в состав еловых и пихтовых культур ветроустойчивых пород (например, созданием елово-дубовых культур);
- введением в состав насаждений на переувлажненных участках ольхи (черной, серой и др.); корневая система ольхи дренирует почву, создает другим породам условия для увеличения размеров корневой системы и тем самым увеличивает их ветроустойчивость (повышение ветроустойчивости достигается через изменение среды);
- созданием здоровых древостоев, не зараженных корневой губкой, ложным трутовиком и т.п.

11.7 Устойчивость насаждений к гололеду, снеголому, снеговалу и способы ее повышения

Гололед (ожеледь) - слой плотного льда, образующийся на деревьях от намерзания капель переохлажденного дождя или мороси. Обычно наблюдается при температурах от 0 до -3 °С (реже - при более низких температурах).

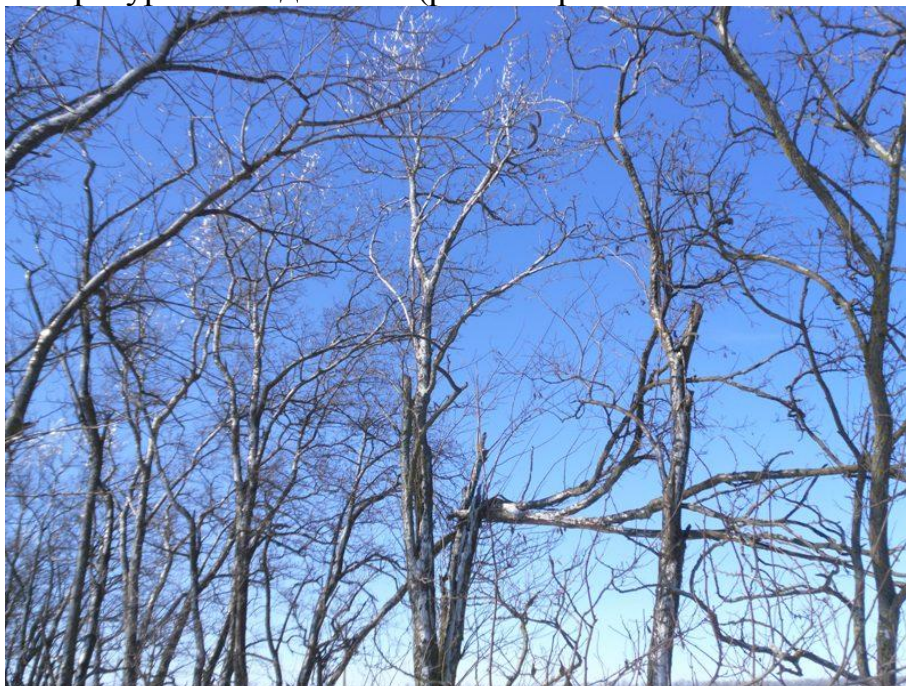


Рисунок 8 – Повреждение деревьев гололедом

При снегопадах и верховых метелях кроны деревьев могут задерживать значительную массу мокрого снега, налипающего на ветвях.

По наблюдениям Н.П.Кобранова, в Мариупольском лесничестве (Украина) на 20-летнем дубе в результате гололеда накопилось 155 га-льда, что почти втрое превышало массу самого дерева (М.Е.Ткаченко, 1955). В.Е.Бучинский (1962) в зиму 1960/1961 гг. наблюдал в лесных полосах вдоль Донецкой железной дороги отложения гололеда толщиной 10-12 см. Под тяжестью льда и снега, особенно в ветреную погоду, происходит обламывание ветвей, поломка стволов, сгибание их, выворачивание деревьев с корнем.

Гололедные явления особенно часто проявляются в районах Донецкого кряжа, Кавказских Минеральных Вод и в других местах. В горных лесах Северного Кавказа особенно разрушительными были гололеды 1919 и 1946 г.г., когда поломанными и вывороченными с корнем оказались десятки тысяч деревьев.

Снеголомы отмечаются в лесной, лесостепной и степной зонах. На северном Кавказе очень сильный снеголом имел место в зиму 1953-1954 годов.

Повысить устойчивость насаждений к гололеду и снеголому можно:

- выбором древесных пород и их форм, устойчивых к гололеду и снеголому;

- выбором структуры насаждения (густоты, формы) наиболее устойчивой к этим явлениям;
- содержанием древостоя в здоровом состоянии.

К породам, устойчивым к снеголому, проф. В.А. Бодров (1961) относит: дуб, березу, лиственницу, клен остролистный, тополь, граб, ильмовые, липу, лещину, сирень, акацию желтую, свидину, жимолость, бирючину, лох узколистный, тамарикс.

Согласно нашим наблюдениям, в районе Северного Кавказа к древесным породам, устойчивым к гололеду и снеголому, можно отнести: дуб черешчатый, граб, вяз гладкий, берест, каркасы западный, кавказский, миссисипский, ясени обыкновенный и ланцетный, клен остролистный и полевой, гледичию обыкновенную, шелковицу белую и черную. Среднеустойчивы - сосна, береза, липа. И малоустойчивы: клен ясенелистный, вяз приземистый, абрикос обыкновенный, верба (ива ломкая), робиния лжеакация, тополя. Из кустарников малоустойчива аморфа.

Устойчивость древесных пород к снеголому и гололеду во многом зависит от физико-механических свойств их древесины, способности выдерживать нагрузки на изгиб, сжатие, кручение (при ветре), скалывание. Твердолиственные породы в этом отношении более устойчивы, чем мягколиственные, хотя есть и исключения. Робиния лжеакация, например, имеет древесину высоких физико-механических качеств, однако побеги ее малоустойчивы к изгибу (особенно при низких температурах), а крупные скелетные ветви - к скалыванию. Под тяжестью снега и льда происходят значительные разрушения деревьев этой породы. Так, например, в декабре 1966 года, гололедом в западных районах Ростовской области были повреждены тысячи деревьев робинии лжеакация в озеленительных и защитных насаждениях.

Масса накапливаемого льда и снега зависит от характера строения кроны. Деревья с густыми, широкими кронами больше задерживают снега и накапливают льда, чем деревья с редкими или узкими кронами. Кроны елей и пихт с наклонными и упругими ветвями отличаются лучшей снегозагрузочной способностью по сравнению с кроной сосны.

Согласно исследованиям, проведенным в Чехословакии (А.Новак, 1977), в чистых сосновых посадках наиболее устойчивыми к снеголому оказались деревья с параболоидной формой кроны (повреждено 16 % деревьев) и наименее устойчивыми - с кронами яйцеобразной формы (поврежденных деревьев - 81 %). Такая же закономерность отмечалась и в смешанных сосновых лесах. В чистых еловых насаждениях большую устойчивость к снеголому также имели деревья с параболоидной формой кроны (повреждено 15 %), а наименьшую - с яйцеобразной формой кроны (повреждено 73 % деревьев).

Устойчивость деревьев сосны и ели к снеголому зависит от отношения высоты кроны (h) к ее ширине (a). В сосновых и еловых лесах при h/a , равном 1,33, деревья не повреждались; при отношении 1,50 - повреждалось 10 % деревьев; при 2,0 - 24 %; 3,0 - 29 %; при отношении 4,0 повреждалось 61 % деревьев (А.Новак, 1977).

Подверженность деревьев снеголому также зависит от показателя «стройности» - отношения высоты к диаметру ствола на высоте 1,3 м. Чем ниже показатель стройности, тем выше устойчивость дерева.

Накоплению значительной массы снега и льда способствуют неопавшие листья (например, у дуба-зимняка), большое количество плодов в кронах (крылатки клена ясенелистного и др.). Снег, выпавший 1 ноября 1988 года в районе Ростова-Новочеркасска, сильнее других повредил деревья вяза приземистого, которые к этому времени не закончили вегетацию и находились в облиственном состоянии, что привело к накоплению больших масс снега к кронам.

Больше задерживают снег кронами сосны крымская и черная, имеющие густую и длинную хвою, чем сосна обыкновенная с короткой хвоей.

Устойчивость насаждений к гололеду и снеголому зависит от их густоты. В загущенных жердняках от снеголома и гололеда могут страдать даже культуры дуба. Повысить устойчивость искусственных насаждений к снеголому, снеговалу, гололеду можно своевременным проведением рубок ухода и поддержанием оптимальной густоты. Это мероприятие усиливает рост ствола по диаметру, тем самым снижает показатель стройности ($H/d_{1,3}$) и повышает устойчивость древостоев. Чрезмерное изреживание древостоев нежелательно, так как снижает устойчивость насаждений к снеголому и особенно к гололеду.

В защитном лесоразведении вдоль железных и автомобильных дорог создают полосы для предупреждения снежных заносов. Широкие полосы плотной (непродуваемой) конструкции накапливают большие массы снега в крайних рядах с наветренной стороны. Высота сугробов при этом нередко достигает 4-6, а иногда и 10 м, что приводит к массовой поломке деревьев. В настоящее время, чтобы не допустить снеголома и для лучшей защиты пути, создают системы из 2-3-4-х лесных полос, чередующихся с разрывами (работки ЦНИИ МПС). В районах, где объем приносимого к дороге снега достигает $W = 101 - 250 \text{ м}^3$ на метр пути, создают защитные насаждения из двух полос шириной 27 м каждая, с разрывом между ними 30-50 м; при объеме приносимого снега $W = 250 - 400 \text{ м}^3/\text{м}$ - защитные насаждения из трех полос шириной 18-21 м и разрывами между полосами 30-60 м и т.п. При таком построении защиты снег откладывается как в лесных полосах, так и в межполосных разрывах, не вызывая снеголома. Это один из примеров инженерного решения задачи, связанной с повышением устойчивости создаваемых защитных насаждений к снеголому.

Под тяжестью льда и снега в первую очередь ломаются подгнившие деревья (с сердцевинной, комлевой гнилями и др.), поэтому содержание насаждений в здоровом состоянии - одна из мер повышения их устойчивости к гололеду и снеголому.

11.8 Устойчивость насаждений к насекомым - вредителям леса

До закладки лесных культур проводят обследование участков с целью выяснения степени заселенности почвы личинками хрущей, проволочников, озимой совки и других вредителей. Если существует угроза повреждения древесных пород, проводят внесение в почву ядохимикатов.

Устойчивость искусственных лесных насаждений к насекомым-вредителям леса зависит от многих факторов. При выращивании чистых (однородных) культур возникают благоприятные условия для быстрого заселения и распространения вредителей древесных растений. Смешанные насаждения, состоящие из нескольких древесных пород, считаются более устойчивыми. Однако следует иметь в виду, что один и тот же вредитель леса может поселяться не на одном, а на многих видах древесных растений и смешанные насаждения могут оказаться такими же идеальными для массового размножения вредителей, как и чистые культуры. Так, в смешанном насаждении из сосны обыкновенной и сосны крымской, создаются прекрасные условия для расселения и размножения соснового пилильщика. Златогузка вредит дубу, груше, боярышнику, поэтому насаждение, состоящее из перечисленных пород не будет обладать устойчивостью к названному вредителю.

Приемы повышения устойчивости лесных насаждений к повреждению энтомовредителями включают:

- подбор древесных пород и их форм, не повреждаемых насекомыми вследствие низкого кормового качества их листьев и древесины;
- подбор древесных пород и их форм, фазы развития которых не совпадают с фазами развития отдельных видов энтомовредителей, благодаря чему древесному растению наносится меньший урон (асинхронность развития древесного растения и насекомого-вредителя);
- введение в состав лесного насаждения древесных растений, летучие выделения которых отпугивают вредных насекомых;
- создание такой структуры лесного насаждения, микроклимат которого был бы неблагоприятен для размножения и развития вредителя (свет, тепло, влага и др.);
- создание благоприятных условий для расселения и обитания в лесу полезной энтомофауны, птиц, млекопитающих, уничтожающих вредных насекомых;
- поддержание лесных насаждений в физиологически здоровом состоянии, так как нападению вредителей в первую очередь подвергаются ослабленные деревья.

Мало поражаются вредными насекомыми гледичия обыкновенная, робиния лжеакация, бундук двудомный. Известный лесной энтомолог проф. И.Л.Шевырев, говоря о насаждениях Бердянского лесничества, страдающих от насекомых, писал, что «замечательное в этом отношении исключение представляет гледичия, которая роскошно развивается абсолютно вне всякой зависимости от вредных насекомых; кварталы, состоящие из этой породы,

несмотря на их сравнительную старость, поражают каждого наблюдателя контрастом своего здорового вида со всем, что растет вокруг» (цит. по Н.Н.Степанову. «Степное лесоразведение». М., 1927.-С. 47-48).

Златогузка вредит многим древесным породам (особенно дубу), а на ясене не поселяется. Кольчатый шелкопряд избегает ясеня и караганы древесной (акации желтой). Листья дуба северного (бореального) слабо повреждаются гусеницами непарного шелкопряда.

Виды и формы сосен с высокой смолопродуктивностью считаются более устойчивыми к стволовым вредителям, чем сосны с низкой смолопродуктивностью. В этом отношении сосна крымская имеет преимущество перед сосной обыкновенной.

Исследованиями ВНИАЛМИ (А.Г.Лагунов, Л.Т.Персидская, 1977, Л.Т.Персидская, 1980, Л.И.Абакумова, 1983 и др.) установлено, что деревья ясеня ланцетного (зеленого) с большим содержанием золы, кальция и магния в древесине - меньше повреждаются древесницей въедливой. Их древесина содержит меньше крахмала и пластических веществ и менее пригодна для питания и жизнедеятельности молодых личинок златогузки.

Из кустарников мало повреждаются насекомыми дерен кроваво-красный и мужской, бузина черная и красная, скумпия и др.

Развитие многих листогрызущих насекомых - вредителей леса протекает синхронно развитию древесных растений. Формы древесных пород, фазы развития которых отличаются от фаз развития основного вида, могут оказаться устойчивыми к вредителям. Так, по наблюдениям

Д.В.Померанцева в Донском учебно-опытном лесхозе (Ростовская область), позднораспускающаяся форма дуба черешчатого меньше повреждается дубовой листоверткой, чем ранораспускающаяся форма.

По Д.Г.Гурьеву (1971), в нагорных дубравах Чувашии деревья дуба черешчатого, поздно сбрасывающие листья, в значительной меньшей степени повреждались гусеницами зимней пяденицы, дубовой и боярышниковой листовертками, чем деревья, рано сбрасывающие листья.

Древесные растения через листья, хвою, цветки, побеги выделяют летучие соединения, которые в литературе получили название фитонцидов или фитолинов. Эти соединения могут отпугивать вредных насекомых. Так, фитонциды бузины оказывают отпугивающее влияние на бабочку стеклянницы, гусеницы которой являются одним из злостных вредителей тополей. Чем больше в ясеневом насаждении гледичии и скумпии, тем меньше деревья ясеня повреждаются древесницей въедливой (Ф.С.Барышман, 1958). Следовательно, введением в состав ясеневых насаждений гледичии обыкновенной и скумпии можно ослабить вред, наносимый древесницей, а введением в тополевы культуры бузины - защитить деревья от стеклянницы.

Отпугивающие свойства летучих соединений древесных растений (айланта, скумпии, ореха черного и др.) используют в зоолесомелиорации для защиты животных от мух и овода (например, при создании древесных зеленых зонтов).

Густота лесных культур и связанный с ней микроклимат, создаваемый под пологом насаждений, могут благоприятствовать размножению вредителей, а могут оказывать сдерживающее влияние. Зимующий побеговьюн вредит почкам и побегам сосны обыкновенной, черной и другим видам. Более высокая зараженность зимующим побеговьюном наблюдается в чистых редких искусственных молодняках на сухих песчаных почвах, в культурах, созданных посадкой. Смешанные и густые культуры сосны, а также культуры, созданные посевом, повреждаются побеговьюном в меньшей степени.

Многие птицы являются прекрасными санитарами леса, уничтожающими в огромных количествах личинок и гусениц вредных насекомых. По данным А.С.Будниченко (1965), птицы поедают до 600 видов насекомых, обитающих в лесных насаждениях, из которых 85 % - вредные, и только 9 % составляют полезные виды. Искусственные леса являются местом гнездования птиц. Так, по наблюдениям Б.А.Казакова (1969), орнитофауна лесонасаждений южной части Ростовской области представлена 112 видами. В Донском учебно-опытном лесхозе обитает более 90 видов птиц.

Защитить лесное насаждение от вредных насекомых можно путем создания благоприятных условий для обитания пернатых друзей леса. Для этого в состав насаждения вводят деревья и кустарники, которые птицы охотно используют для гнездования и которые могли бы обеспечить их кормом в зимний период (рябину, калину, барбарис и др.).

Малопривлекательными для гнездования птиц являются сосновые, робиниевые и гледичиевые насаждения. Робиния и гледичия имеют ажурные кроны, что делает легко видимым гнездо, которое птица всегда маскирует. Энтомофауна сосновых, робиниевых и гледичиевых насаждений беднее, чем дубовых или дубово-ясеневых, то есть кормовая база для птиц здесь хуже. Привлечь птиц в такие насаждения можно созданием густого подлеска и посадкой ягодников, служащих кормовой базой в зимний период.

11.9 Устойчивость насаждений к заболеваниям грибного и бактериального характера

Устойчивость искусственных насаждений к грибным и бактериальным заболеваниям достигается:

- применением профилактических (предупредительных) мер;
- выбором устойчивых к заболеваниям форм древесных растений;
- созданием среды обитания, неблагоприятной для развития болезней грибного и бактериального характера;
- лесоводственными приемами.

Лесокультурная площадь может содержать различные инфекционные начала. В первую очередь это касается участков ранее погибшего леса, вышедших из-под сплошной санитарной рубки. На таких участках наряду с энтомологической, необходимо проводить и фитопатологическую экспертизу

на наличие корневой губки и других инфекций. Создавать культуры сосны и ели в очагах корневой губки нельзя, так как это ведет к заболеванию и массовой гибели деревьев. В этом случае до закладки культур должна быть проведена стерилизация почвы (обработка зараженных участков карбатионом, раствором формалина и других препаратов).

К числу предупредительных мер относится использование при посадке лесных культур незараженного посадочного материала. Многие древесные породы можно размножать посадочным материалом вегетативного происхождения (стеблевыми и корневыми черенками, отпрысками, отводками). Если маточные растения больны, то инфекция может передаваться и потомству. Вот почему важным профилактическим мероприятием является контроль за посадочным материалом.

Выращивание здоровых насаждений достигается за счет выбора устойчивых к заболеваниям видов и форм растений.

Так, климатипы сосны обыкновенной северного происхождения (Мурманская область, Карелия и др.) более устойчивы к заболеванию обыкновенным шютте, чем климатипы южного происхождения (Краснодарский край, Ростовская область и др.).

Самой распространенной болезнью осины (тополя дрожащего) является сердцевинная гниль, вызываемая ложным осиновым трутовиком - *Phellinus tremulae*, Bond et Borus и отчасти ложным трутовиком *Phellinus igniarius* Fr. (современное название *Fomes igniarius*). В России в течение длительного времени ведутся работы по выведению осины, устойчивой к сердцевинной гнили. Благодаря исследованиям А.С.Яблокова, С.П.Иванникова, А.В.Козьмина и других ученых, выделены формы, неподверженные этому заболеванию.

Голландская болезнь ильмовых (графтиоз) приводит к массовому усыханию насаждений, состоящих из вяза, ильма и береста. В Голландии и других европейских странах получены клоны, устойчивые к графтиозу. Селекцией ильмовых на устойчивость к голландской болезни занимались СредАзНИИЛХ и ВНИАЛМИ (проф. Г.П.Озолин и др.). Путем отбора и гибридизации выделены формы, отличающиеся ценными хозяйственными признаками и устойчивостью к графтиозу.

К опасным заболеваниям ореха грецкого относится марсония или бурая пятнистость, поражающая листья и плоды, а у каштана благородного - эндотиевый рак (эндотиоз). Селекционеры, работающие с орехом и каштаном, ведут поиск форм, устойчивых к этим болезням.

Формы с повышенной устойчивостью к грибным и бактериальным заболеваниям встречаются у многих древесных пород (сосны, дуба, ясеня, клена и др.). Их в первую очередь необходимо использовать при выращивании лесных насаждений.

Избежать ряда опасных заболеваний можно путем применения определенного сочетания древесных пород. Ольха, облепиха, лох, аморфа, робиния имеют на корнях клубеньки, содержащие азотфиксирующие бактерии. Обо-

гащая почву азотом, эти породы улучшают рост хвойных - сосны и ели. Кроме того, корневые выделения азотфиксирующих пород подавляют рост патогенных грибов, в том числе корневой губки. Введением в культуры сосны ольхи, аморфы, робинии лжеакации и др., можно предохранить насаждение от заболевания корневой губкой (А.Василяускас, 1974, В.И.Гримальский, 1980, Е.В.Кобец, М.И.Галицкая, И.Н.Андреева, 1992 и др.). Устойчивость к корневой губке проявляет и ель при создании елово-ольховых культур.

В процессе выращивания здоровых насаждений важная роль принадлежит мерам лесоводственного характера. Так, проникновение гриба ложного осинового трутовика в дерево происходит в основном через пазухи отмерших ветвей, в которых накапливаются его споры, создаются условия для их прорастания и начальных стадий роста грибницы. Ускорением зарастания остатков отмерших ветвей (пазух) создается возможность вырастить здоровую осину. С этой целью в насаждениях II класса возраста (с 13-14 лет), но не позднее середины III класса возраста, проводят обивку отмерших ветвей, что ускоряет процесс зарастания пазух и предотвращает заражение трутовиком (А.С.Костылев, 1986).

11.10 Приемы ослабления отрицательного воздействия на лесные культуры диких животных

Значительные затруднения при выращивании искусственных лесных насаждений могут создавать лесоводу дикие животные (мыши, бурундуки, дикие кабаны, зайцы, лоси, косули и др.). Как указывает В.А.Мякишев (1992), только в 17 областях России в течение 5 лет дикими животными погублено более 80 тысяч гектаров лесных культур. Существует комплекс мер по защите лесных культур от повреждения (регулирование численности кабана, лося, оленя; применение препаратов, отпугивающих животных и др.). Здесь мы рассмотрим приемы, которые можно использовать в стадии лесокультурного проекта для предотвращения или ослабления ущерба от диких животных.

При выборе метода производства лесных культур (посева или посадки), необходимо учитывать состав и численность диких животных. В 50-60-е годы многие лесохозяйственные предприятия юга России создавали культуры дуба черешчатого методом посева желудей. Миграция дикого кабана из средней полосы в южные районы заставила лесоводов отказаться от посева и перейти к посадке дуба, поскольку высеянные желуди в большом количестве уничтожались кабанами.

Значительный ущерб посевам кедра сибирского, бука восточного, ореха грецкого и др. наносят мышевидные грызуны и птицы (грачи), поэтому культуры этих пород чаще создают методом посадки.

Зайцы, лоси, олени могут стравливать молодые насаждения, способствовать формированию пороков ствола (сухобочин), распространению

грибных и бактериальных заболеваний (некрозов, раковых заболеваний и др.). По наблюдениям П.И.Молоткова и А.В.Карпенко (1982) в Харьковской области, три лоса за трое суток способны повредить кору на 300 дубках, не считая скушенных боковых и верхушечных побегов. Численность же лоса в стране в 1990 году составляла до 910 тыс. голов (В.А.Мякишев, 1992). Вредит лось культурам сосны, ели, осины, ясеня и многим другим породам.

Предупредить повреждение искусственных лесных насаждений дикими животными можно путем правильного выбора состава древесных пород. В условиях Донского учебно-опытного лесхоза Ростовской области лоси наносят сильнейший ущерб культурам дуба черешчатого и ясеня обыкновенного, но не трогают орех черный. Не повреждается эта порода и зайцами. По скорости роста орех черный не уступает дубу черешчатому, а по ценности древесины значительно превосходит его. Расширение площадей под культурами ореха черного в сложившихся условиях вполне оправдано. Не трогают лоси и орех грецкий. Ясень ланцетный (зеленый), хотя и повреждается лосем, но в меньшей степени, чем ясень обыкновенный и т.п.

В качестве мер, предупреждающих повреждение лосем лесных культур сосны, Я.С.Русанов (1983) рекомендует следующие:

- не создавать культуры сосны там, где ожидается обильное естественное возобновление осины;
- стремиться к максимальному загущению посадки (до 10-12 тыс. сеянцев на 1 га);
- полностью отказаться от лесоводственных мер ухода за лесными культурами до 20-летнего возраста.

Повреждению лесных культур могут способствовать и непродуманные хозяйственные действия (устройство солонцов и кормушек для животных вблизи или даже непосредственно в лесных культурах и т.п.).

12 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ СПЛОШНЫХ КУЛЬТУРАХ

12.1 Оптимальные (эталонные) насаждения

Под оптимальным насаждением понимают насаждение, которое при определенных лесорастительных условиях наилучшим образом выполняет целевое назначение леса (Лесная энциклопедия. Т. 2. - С. 150).

При создании оптимального насаждения, в зависимости от его целевого назначения и лучшего проявления полезных функций, наиболее важными компонентами будут либо оптимальный состав, либо оптимальная структура, или оба компонента вместе.

По составу оптимальными могут быть как чистые, так и смешанные насаждения разного породного состава, если они лучше всего соответствуют лесорастительным условиям определенного района, типам леса (типам усло-

вий местопроизрастания) и наилучшим образом отвечают целевому (функциональному) назначению.

При решении вопроса об оптимальном составе насаждений, создаваемых с целью получения древесины, учитывают хозяйственную ценность древесины подбираемых пород, соответствие их лесорастительным условиям, взаимодействия в процессе роста, строение ствола, кроны, устойчивость, продуктивность и товарность древостоя и др.

В лесах, несущих рекреационные нагрузки, учитывают декоративные (эстетические) качества древесных пород, соответствие их лесорастительным условиям, устойчивость к рекреационным нагрузкам и др.

А в защитных насаждениях - размеры древесных пород (высоту и др.), строение крон, почвоскрепляющие, ветроослабляющие свойства, долговечность, способность переносить неблагоприятные условия среды и др.

Второй компонент оптимального насаждения - его структура. Она определяется густотой, размещением посадочных (посевных) мест на лесокультурной площади, формой (ярусностью) древостоя и другими элементами. Для смешанных насаждений важными элементами оптимального насаждения является процентное участие пород в составе насаждения и их размещение на площади.

В защитных насаждениях оптимальная структура определяется, исходя из их целевого (функционального) назначения. Полезащитные лесные полосы, например, создают ажурной или продуваемой конструкции (структуры), стокорегулирующие - плотно-ажурной и т.п.

Динамика оптимальных насаждений во времени отображается таблицами их хода роста, которые являются численными моделями таких насаждений. Эти модели служат своеобразными нормативами при проектировании и проведении различных мероприятий с целью приведения реальных древостоев к оптимальному виду.

Академик А.Р.Родин (1987) считает целесообразным создавать искусственные биоценозы, моделирующие естественные, и помимо древесных пород вводить кустарниковые и полукустарниковые растения, стремясь к образованию на лесокультурной площади всей совокупности растительного и животного мира, свойственного высокобонитетным естественным биоценозам.

Таким образом, оптимальные (эталонные) насаждения могут быть искусственного и естественного происхождения. Их численные характеристики в разные возрастные периоды (состав, полнота, число стволов на 1 га и т.д.) являются для лесовода основой при моделировании выращивания лесных насаждений разного назначения.

12.2 Моделирование чистых насаждений сосны обыкновенной

Сосна обыкновенная - главная порода для выращивания искусственных лесных насаждений в боровых и суборовых типах условий местопроизрастания. Существенное влияние на рост сосны в этих условиях оказывает характер увлажнения. В сухих борах степной зоны (Европейская часть России) сосна формирует насаждения III класса бонитета. В свежих борах (Аг) - второго и первого классов бонитета. В качестве оптимального насаждения сосны в свежих борах может быть взято насаждение I класса бонитета с высокой продуктивностью (таблица 20).

Фрагмент таблицы, разработанный В.А.Бугаевым и Ю.З.Папез (1989), дает ориентиры, которыми следует руководствоваться при выращивании чистых насаждений сосны (число стволов на 1 га в разном возрасте, полнота, высота, запас древесины и др.). В полном виде таблица содержит данные о приростах, выбираемой части древостоя, его общей продуктивности в разные возрастные периоды. Таблица хода роста может рассматриваться как численная модель для программированного выращивания чистых сосновых насаждений в типе условий местопроизрастания *Аг* степной зоны.

Таблица 20 - Ход роста насаждений сосны степной зоны в типе условий местопроизрастания *Аг*. Класс бонитета I (по В.А.Бугаеву и Ю.З.Папез, 1989)

Возраст, лет	Ср. высота, м	Ср. диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ²	Число стволов на 1 га, шт	Видовое число	Запас стволовой древесины, м ³
5	2,1	1,5	1,7	9625	1,120	4
10	4,3	3,8	9,7	8557	0,815	34
15	6,4	6,2	17,1	5700	0,621	68
20	8,4	8,5	22,6	3985	0,564	107
25	10,3	10,6	27,0	3061	0,532	148
30	12,1	12,6	30,2	2423	0,515	188
35	13,8	14,5	33,0	1999	0,499	227
40	15,4	16,2	35,1	1704	0,485	262
45	16,8	17,7	36,7	1492	0,480	296
50	18,1	19,1	38,1	1330	0,477	329
55	19,4	20,3	39,2	1212	0,475	361
60	20,6	21,4	40,2	1118	0,473	392
65	21,7	22,4	41,1	1044	0,471	421

В последние десятилетия появились работы, ставящие под сомнение достоверность закономерностей, отраженных в таблицах хода роста. Так, по А.В.Богачеву (1985, 1990), древостой в ходе роста, как правило, имеют только один максимум суммы площадей поперечных сечений (Σg), после достижения которого он неизбежно убывает. В тех насаждениях, которые достигли

максимума Σg , рубки ухода уже не могут достичь своих целей и полнота является только мерой использования пространства.

Анализируя рост сосновых насаждений, А.В.Богачев (1990) делает ряд выводов:

- насаждения не могут длительное время расти в загущенном состоянии;
- нужны более редкие культуры или сильные ранние изреживания, чтобы к возрасту 30 лет в насаждениях I-II классов бонитета на 1 га было не более 1000 деревьев;
- в загущенных культурах высотой 10 м и более, рубками ухода, как правило, нельзя сформировать устойчивые высокопродуктивные насаждения и др.

Несмотря на несовершенство таблиц хода роста, они все же остаются той основой, на которой базируется программирование лесных насаждений.

12.3 Моделирование чистых насаждений ели

Из хвойных пород ель, наряду с сосной, широко используется при выращивании искусственных насаждений. Порода эта требовательна к богатству и влажности почвы. В Московской области в типе леса сложная рамень формирует насаждение 16 класса бонитета, в типе леса рамень - насаждение 1а класса бонитета (таблица 21). Таблица составлена коллективом Московской лесоустроительной экспедиции и может служить программой при выращивании ели в указанных типах леса.

Таблица 21 - Ход роста еловых насаждений искусственного происхождения в Московской области

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас стволовой древесины, м ³
Тип леса - сложная рамень, класс бонитета 16						
20	11,5	10,8	3420	31,8	0,588	215
30	17,5	16,3	2040	43,6	0,571	436
40	22,3	20,8	1510	51,2	0,561	640
50	26,2	24,6	1190	56,4	0,555	820
60	29,4	28,0	975	60,0	0,551	972
70	31,8	30,6	860	63,0	0,549	1100
80	33,8	33,6	750	65,4	0,547	1210
Тип леса рамень, класс бонитета 1а						
20	9,2	8,2	4120	21,8	0,535	106

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас стволовой древесины, м ³
30	14,7	13,0	2560	34,1	0,533	267
40	19,1	17,0	1830	41,6	0,533	425
50	22,6	20,0	1480	46,6	0,532	560
60	25,7	22,8	1240	50,5	0,528	675
70	27,8	24,8	1080	52,5	0,528	773
80	29,6	26,7	960	54,4	0,528	856

12.4 Моделирование чистых насаждений березы и осины

Литовскими лесоведами Л.А.Кайрюкштитсом и А.И.Юодвалькисом (1979) разработаны оптимальные таксационные показатели березовых и осиновых насаждений черничникового, черничниково-кисличникового, кисличникового, снытиевого и разнотравного типов леса (таблицы 22 и 23).

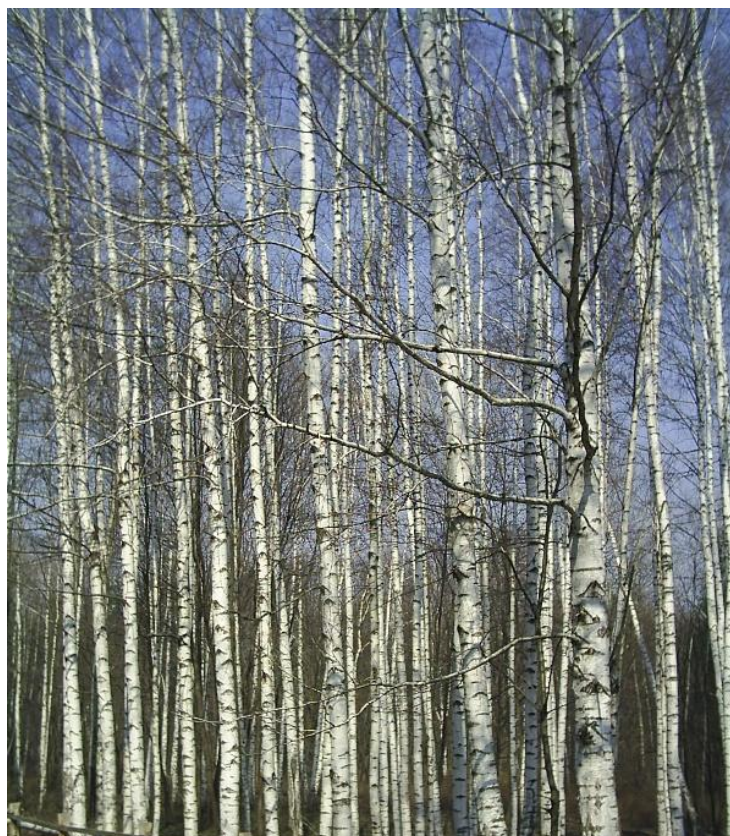


Рисунок 9 – Лесные культуры березы повислой

При разработке таблиц авторы исходили из положения, что максимальный текущий прирост древостоя достигается лишь при сочетании следующих трех основных условий:

- сомкнутость полога должна быть наивысшей;
- полог должен состоять из наиболее продуктивных, равномерно распределенных на площади деревьев;
- эти деревья должны находиться на оптимальном расстоянии друг от друга.

Таблица 22 - Оптимальные таксационные показатели березовых насаждений (по Л.А.Кайрюкштису и А.И.Юодвалькису, 1979)

Средняя высота хорошо развитых дер., м	Количество деревьев шт./га	Расстояние между деревьями, м	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Относительная полнота
5	7630	1,2	5,9	23	0,86
6	6720	1,3	7,6	32	0,86
7	5990	1,4	9,3	43	0,87
8	5340	1,5	11,3	54	0,88
9	4870	1,5	13,2	69	0,89
10	4200	1,6	15,1	85	0,90
11	3750	1,7	16,9	103	0,90
12	3340	1,9	18,5	121	0,91
13	2990	2,0	20,1	141	0,92
14	2670	2,1	21,3	158	0,92
15	2330	2,2	22,5	176	0,93
16	2080	2,3	23,3	193	0,92
17	1840	2,5	24,1	206	0,92
18	1600	2,7	24,8	216	0,91
19	1400	2,9	25,3	220	0,90
20	1220	3,1	25,6	233	0,89
21	1070	3,3	25,9	240	0,89
22	940	3,5	26,1	248	0,89
23	830	3,7	26,2	257	0,88
24	720	4,0	26,3	267	0,87
25	620	4,3	26,4	279	0,86

Исследованиями установлено, что максимально возможная площадь полога в березняках составляет в зависимости от возраста 7900-8200 м²/га, в осинниках - 8200-8600 м²/га. Соответственно 1400-2100 м²/га (или 14-21 % площади) приходится на неизбежные просветы.

Продуктивность полога (текущий прирост стволовой древесины, приходящийся на 1 м² горизонтальной проекции кроны) при одинаковой сомкнутости, полноте или густоте зависит от того, из каких классов деревьев состоит полог.

Таблица 23 - Оптимальные таксационные показатели осиновых насаждений (по Л.А.Кайркжштису и А.И.Юодвалькису, 1979)

Средняя высота хорошо развитых деревьев, м	Количество деревьев, шт./га	Расстояние между деревьями, м	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Относительная полнота
5	7920	1,2	6,4	25	0,87
6	7150	1,3	8,1	35	0,88
7	6360	1,3	9,8	46	0,89
8	5680	1,4	11,7	60	0,90
9	5080	1,5	13,6	75	0,91
10	4530	1,6	15,5	92	0,91
11	4030	1,7	17,4	111	0,91
12	3600	1,8	19,1	131	0,91
13	3200	1,9	20,8	152	0,91
14	2850	2,0	22,3	173	0,92
15	2550	2,1	23,7	194	0,92
у ¹⁶	2270	2,3	24,9	213	0,92
17	2010	2,4	25,9	229	0,92
18	1760	2,6	26,7	244	0,92
19	1550	2,7	27,3	257	0,91
20	1360	2,9	27,8	269	0,91
21	1200	3,1	28,1	281	0,91
22	1050	3,3	28,4	292	0,92
23	940	3,5	28,5	303	0,90
24	840	3,7	28,6	314	0,89
25	720	4,0	28,6	324	0,88

Если продукцию, которую образует 1 м² горизонтальной проекции кроны хорошо развитых деревьев принять за 100 %, то продуктивность 1 м² кроны сильно развитых деревьев (класс А¹) в зависимости от породы и возраста составляет 80-105 %, слабо развитых (класс В) - 30-60 % и деревьев развивающихся в угнетенном состоянии (класс С) - лишь 10-25 %. Максимальной продуктивности насаждения достигают тогда, когда полог представлен преимущественно хорошо развитыми деревьями, которые находятся на оптимальном расстоянии друг от друга.

Расстояние между деревьями Л.А.Кайркжштис и А.И.Юодвалькис (1979) выражали не через площадь питания, а через площадь горизонтальной проекции кроны с поправкой на соответствующее перекрытие крон. Оптимальное перекрытие крон в березняках в зависимости от возраста составляет 9-18 %, а в осинниках - 5-20 % площади кроны.

Оптимальное количество деревьев на единице площади в определенном возрасте, при котором достигается максимальный текущий прирост насаждений, вычисляется по формуле:

$$N = \frac{Q}{S * (1 - \frac{P}{100})},$$

где TV - оптимальное количество деревьев, шт./га;

Q - максимально возможная площадь полога, м²/га;

S - оптимальная площадь горизонтальной проекции кроны одного дерева, м²;

P - процент оптимального перекрытия крон.

12.5 Моделирование чистых насаждений тополя канадского

Тополь канадский успешно выращивают на юге Европейской части России, где его насаждения отличаются исключительно высокой продуктивностью. П.В.Бицин в 1959-1964 г.г. изучал ход роста сомкнутых насаждений тополя канадского в свежих и влажных дубравах Кропоткинского, Красногвардейского, Курганинского, Крымского, Майкопского и Северского лесхозов (Краснодарский край и Адыгея), а также в Пригородном, Орджоникидзевском и Кировском лесхозах Северной Осетии-Алании. Размещение посадочных мест 2х I, 3х 1,5 и 2,5х 1,5 м.

Ход роста лучших насаждений может служить моделью при выращивании этого вида тополя (таблица 24).

Таблица 24 - Ход роста сомкнутых насаждений тополя канадского на Северном Кавказе (по П.В.Бицину)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число ств. на 1 га, шт.	Сумма площ. сечен, м ² /га	Видовое число стволов	Запас стволовой древесины в коре, м ³ /га
Класс бонитета Ib (Iз местный)						
5	13,0	13,9	1206	18,3	0,454	108
10	20,5	21,3	977	34,8	0,416	297
15	26,0	27,1	813	46,9	0,402	490
20	30,2	31,7	712	56,2	0,395	670
Класс бонитета Ia (Iж местный)						
5	11,0	11,3	1416	14,2	0,473	74
10	18,0	18,4	1106	29,4	0,425	225
15	23,5	24,2	900	41,4	0,407	396
20	27,6	28,7	779	50,4	0,399	554
25	30,7	32,0	710	57,1	0,394	690

12.6 Моделирование чистых насаждений дуба черешчатого

Чистые насаждения дуба черешчатого проектируют редко, в крайне неблагоприятных лесорастительных условиях, чтобы избежать нежелательной межвидовой борьбы, которая имеет место в смешанных насаждениях. Цель лесовыращивания - создание чистого, одновозрастного, одноярусного дубового насаждения, выполняющего защитные функции и обеспечивающего получение древесины при лесовозобновительной рубке.

Моделирование сводится:

- к выбору фенологических, эдафических и климатических форм дуба черешчатого, наиболее соответствующих лесорастительным условиям участка;
- выбору первоначальной густоты и схемы размещения;
- определению оптимальной густоты, полноты и других параметров искусственного лесного насаждения в разные возрастные периоды. В качестве программы могут быть использованы таблицы хода роста дубовых насаждений в отдельных регионах (таблица 25).

Таблица 25 - Ход роста чистых культур дуба черешчатого в степной части Северного Кавказа (по В.В.Ильину, 1995)

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Число ств. на 1 га, шт.	Сумма площ. сеч, м ² /га	Видовое число (0,001)	Запас стволовой древесины, м ³ /га
1	2	3	4	5	6	7
I класс бонитета (Д1-Д2)						
15	7,1	7,0	3100	12,4	627	55
20	9,3	8,7	2613	16,2	559	84
25	11,3	10,8	2098	19,3	521	113
30	13,4	12,8	1688	21,6	492	142
35	15,2	15,2	1320	23,5	474	169
40	16,9	16,9	1112	24,9	463	192
45	18,1	18,1	949	26,1	453	214
50	19,4	20,5	832	27,2	445	235
55	20,6	21,8	765	28,3	439	256
60	21,5	23,1	728	29,5	434	275
II класс бонитета (Д1)						
15	5,5	4,8	4200	8,4	711	33
20	6,6	6,5	3400	11,9	649	51
25	8,6	8,4	2632	15,0	577	74
30	10,4	10,3	2082	17,7	536	99
35	12,0	12,3	1709	20,0	510	122
40	13,5	14,2	1406	21,8	491	144
45	14,9	16,0	1160	23,2	478	165
50	16,2	17,8	884	24,1	466	182
55	17,5	19,3	852	24,7	457	197
60	18,6	20,6	761	24,9	450	208

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Число ств. на 1 га, шт.	Сумма площ. сеч, м ² /га	Видовое число (0,001)	Запас стволовой древесины, м ³ /га
1	2	3	4	5	6	7

III класс бонитета (До-Д1)

15	4,2	3,9	5667	8,5	825	29
20	5,8	5,5	4240	10,6	692	43
25	7,3	7,4	3200	12,8	620	58
30	8,8	8,7	2475	15,1	572	76
35	10,2	10,2	2084	17,3	540	95
40	11,5	11,7	1829	19,2	517	114
45	12,7	13,0	1623	21,1	500	133
50	13,8	14,3	1418	22,4	488	151
55	14,6	15,4	1300	23,4	480	164
60	15,2	16,3	1139	23,7	474	171

Важнейшими показателями регулирования роста насаждения является густота (число стволов на 1 га) и таксационная полнота (сумма площадей сечений на 1 га). Поддерживая рубками ухода эти оптимальные параметры, лесовод будет осуществлять программированное формирование древостоя.

12.7 Моделирование смешанных насаждений дуба черешчатого

Смешанные насаждения дуба черешчатого создают на достаточно плодородных свежих и влажных почвах (типы условий местопроизрастания Д₁-Д₃, С₂-С₃). Моделирование сводится:

- к выбору оптимального состава пород, густоты, схем смешения и размещения в момент закладки лесных культур;
- определению конечной и промежуточных (в определенном возрасте) моделей насаждения (состава, полноты, густоты, структуры).

В широколиственных лесах естественными спутниками дуба выступают клен остролистный и липа мелколистная. В первые 5-6 лет после посадки эти породы растут быстрее дуба и при неправильном размещении посадочных мест могут вызвать его гибель (Донской лесхоз, кв. 34 и др.).

Клен остролистный и липа мелколистная в отличие от дуба являются породами теневыносливыми (неоднородная требовательность к световому режиму). Ритмы их годичного роста, поглощения влаги и минеральных питательных веществ не совпадают с ритмами дуба. Исследованиями И.Н. Рахтенко (1983) с меченым фосфором (P³²) было установлено, что максимум поглощения у дуба наблюдается в начале июня, у липы же в это время поглощение фосфора было наиболее низким. В июле у липы отмечен максимум поглощения, у дуба же произошло резкое сокращение поглощения. Подобный ритм поглощения наблюдается у дуба и клена. Такое несовпадение рит-

мов поглощения питательных веществ и воды создает благоприятные условия для роста смешанных дубово-липовых и дубово-кленовых культур.

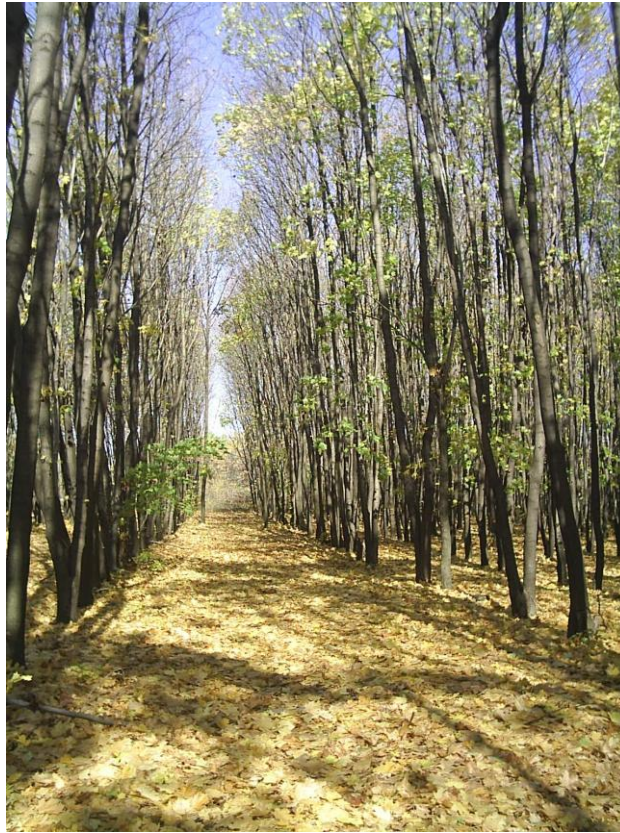


Рисунок 10 – Дубово-кленово-липовое насаждение в возрасте 38 лет.
Донской лесхоз кв.34

При совместном произрастании дуб и липа поглощают фосфор из почвы в два-три раза активнее, чем эти породы в чистых культурах (И.Н. Рахтеенко, 1967).

Лаборатория экологии растений института экспериментальной ботаники академии наук Белоруссии производила закладку смешанных культур дуба со степенью участия пород в каждом варианте: 10, 30, 50, 70, 90 и 100 %. Оптимальными оказались дубово-липовые и дубово-кленовые культуры с участием липы и клена в составе 25-30 % (И.Н.Рахтеенко, 1983).

Характер взаимоотношений дуба черешчатого и ясеня обыкновенного в искусственных лесных насаждениях изменяется в зависимости от лесорастительных условий и количественного соотношения этих пород в составе. На богатых влажных почвах ясень перерастает дуб, на более бедных и сухих, наоборот, дуб растет лучше ясеня (Д.Д.Лавриенко, 1983 и др.). Корни ясеня обыкновенного наиболее интенсивно поглощают азот и фосфор во второй половине вегетационного периода, а дуба черешчатого - в первой. Такое несовпадение ритмов благоприятно для роста дуба и ясеня. Примесь ясеня обыкновенного в культурах дуба черешчатого ускоряет разложение подстилки, обогащает верхние горизонты почвы гумусом и азотом, понижает гидrolитическую кислотность и нейтрализует реакцию почвенного раствора.

Проф. Н.Н. Степанов (1927) считал, что участие ясеня в культурах дуба в условиях степи не должно превышать 10-20 %.

Исследованиями, выполненными на Украине, доказано, что в дубово-ясеневых древостоях с участием ясеня обыкновенного до 30 % образуется сплошной слой подстилки, слабо развивается травянистая растительность, повышается интенсивность фотосинтеза листьев дуба (М.И. Гордиенко, 1986). В насаждениях, где ясень присутствует в больших количествах он, обладая высокой транспирационной способностью, сильно иссушает почву и ухудшает условия роста дуба. Ясень обыкновенный - светолюбивая порода с рыхлой, ажурной кроной, пропускающей много света под полог. Участие ясеня в составе более 30 % приводит к задержанию почвы, что особенно опасно в условиях степи.

В зоне степи, в условиях плато, наряду с дубово-кленовыми и дубово-липовыми насаждениями, устойчивы и продуктивны смешанные насаждения дуба с гледичией и каштаном конским; в горных лесах Северного Кавказа - с грабом, а в средней полосе - с елью. Сильное угнетающее влияние на дуб оказывает робиния лжеакация.

При составлении целевых программ выращивания смешанных насаждений дуба черешчатого стремятся установить оптимальные параметры их состава, густоты и пространственной структуры. Для дубрав Чувашии, Чувашским опорным пунктом Татарской ЛОС предложены следующие региональные модели (таблицы 26). Программы составлены на основании изучения молодняков первого класса возраста (лесных культур созданных посевом и посадкой в плужные борозды; расстояние между центрами борозд 2-5 м). Сопутствующие породы - естественно возобновившиеся клен остролистный и липа мелколистная.

Как следует из таблиц 26 в первые 20 лет основное внимание направлено на уменьшение густоты древостоя и усиление позиций дуба в составе формируемого насаждения. Обобщенная целевая программа формирования молодняков (таблица 26) в качестве основных показателей берет максимально допустимые размеры оставляемых деревьев сопутствующих пород, расстояния между деревьями дуба, а также между дубом и его спутниками, минимальную сомкнутость полога. Программа устанавливает повторяемость рубок ухода. Вокруг каждого дерева дуба до следующего приема рубок должно быть пространство, обеспечивающее наилучший его рост.

Таблица 26 - Обобщенная целевая программа формирования молодняков кленово-липовых дубрав

Высота дуба	Сопутствующие породы		Среднее расстояние между деревьями, м		Повторяемость рубок ухода, лет
	Д _{макс} , см	Н _{макс} , м	дуба	дуба и спутников	
1	2	3	4	5	6
0,5	.	0,2	0,7	0,6	3-5

Высота дуба	Сопутствующие породы		Среднее расстояние между деревьями, м		Повторяемость рубок ухода, лет
	Д _{макс} , см	Н _{макс} , м	дуба	дуба и спутников	
1	2	3	4	5	6
1,0	-	0,4	0,8	0,7	3-5
1,5	-	0,6	1,0	0,7	4-5
2,0	-	0,8	1,2	0,8	5-6
2,5	-	1,4	1,3	0,8	5-6
3,0	1	2,0	1,4	0,9	5-6
3,5	2	2,6	1,6	0,9	5-6
4,0	3	3,2	1,7	1,0	5-6
4,5	3	3,6	1,9	1,0	5-7
5,0	4	4,0	2,0	1,1	5-7
5,5	5	4,5	2,1	1,1	5-7
6,0	5	4,9	2,2	1,2	5-7
6,5	6	5,3	2,4	1,2	5-7
7,0	6	5,7	2,6	1,3	5-7
7,5	7	6,1	2,7	1,3	5-7
8,0	7	6,5	2,8	1,4	5-7
8,5	8	6,9	3,0	1,4	5-7
9,0	8	7,3	3,1	1,5	5-7

12.8 Моделирование состава дубово-липовых насаждений

Согласно исследованиям В.И.Карпенко (1987), проведенным в свежих дубравах Правобережной лесостепи Украины, в стадии чащи и до конца второго десятилетия рост дуба мало зависит от состава насаждения. С конца жерднякового возраста на энергию роста деревьев дуба уже начала оказывать влияние доля его участия в составе искусственных насаждений.

Наибольшая высота деревьев дуба наблюдалась в насаждениях следующего состава:

- в 30 лет - 6Д4Лп;
- в 50 лет - 6Д4Лп и 7Д3Лп (близкие высоты в насаждениях состава 8Д2Лп и 9Д1Лп);
- в 65 лет - 9Д1Лп и
- в 75 лет - 9Д1Лп.

После 65 лет при меньшей высоте деревьев липы мелколистной в насаждениях и при незначительном их участии в составе создаются благоприятные условия для роста деревьев дуба черешчатого.

Наибольший средний диаметр дерева дуба имели:

- в 30 лет - при составе 6Д4Лп (близкие значения в насаждениях состава 5Д5Лп и 7Д3Лп);

- в 65 лет - при составе 9Д1Лп (близкий к нему диаметр в насаждении состава 8Д2Лп) и
- в 75 лет - при 9Д1Л п.



Рисунок 11 – Дубово-липовое насаждение в возрасте 60 лет.
Донской лесхоз кв. 90.

Наибольший запас древесины формировался при следующем участии дуба в составе дубово-липовых насаждений:

- в 30 лет - 60 % (6Д4Лп);
- в 50 лет - 70 % (7Д3Лп);
- в 65 лет - 80 % (8Д2Лп);
- в 75лет-90% (9Д1Лп).

Большее или меньшее участие дуба в составе насаждения в указанных возрастах заметно снижало запас насаждения.

12.9 Моделирование выращивания дубово-грабовых насаждений

Граб обыкновенный - один из естественных спутников дуба в широколиственных лесах Украины (Хмельницкая, Тернопольская области и др.). Дубово-грабовые леса (с участием граба обыкновенного и кавказского)

часто встречаются в горных лесах Северного Кавказа. Граб обыкновенный достигает высоты 25 м, граб кавказский - 30-35 м. Граб теневынослив, среднетребователен к плодородию и влажности почвы. Растет медленно, образуя второй ярус в дубовых насаждениях.

В.И. Рябченко (1987) для условий Подолии (Украина) разработал основные лесокультурные и лесоводственно-таксационные нормативы формирования оптимальных дубово-грабовых насаждений (таблица 27).

Таблица 27 - Программа формирования оптимальных дубово-грабовых искусственных насаждений. Тип леса - свежая грабовая дубрава (по материалам В.И.Рябченко, 1987)

Возраст, лет	Порода	Долевое участие, %	Сумма площ. сеч., м ² /га	Число ств. на 1 га, шт	Высота, м	Диаметр, см
10	Дуб	57	1,7	2061	3,2	3,3
	Граб	43	1,3	3588	3,4	2,1
20	Дуб	71	9,9	1544	9,0	9,0
	Граб	29	5,0	1933	7,9	5,7
30	Дуб	80	17,6	1030	14,3	14,8
	Граб	20	6,6	1079	11,1	8,8
40	Дуб	83	23,5	809	-	-
	Граб	17	7,6	817	-	-
50	Дуб	87	25,6	522	-	-
	Граб	13	7,1	548	-	-
70	Дуб	89	29,3	347	-	-
	Граб	11	7,0	421	-	-
90	Дуб	90	30,7	234	29,7	40,9
	Граб	10	6,7	351	17,9	15,5

13 ПРОГРАММИРОВАННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ДУБРАВ НА НАЖНЕМ ДОНУ

13.1 Общие сведения о территории Нижнего Дона

Нижний Дон – это территория, прилегающая к реке Дон от Цимлянского водохранилища до Азовского моря. По целевому назначению лесовыращивания насаждения рассматриваемой территории относятся к категории защитных, выполняющих природоохранные, природоулучшающие, и рекреационные функции. Лесистость Нижнего Дона не превышает 2,4 %. Произрастающие леса представлены естественными и искусственными насаждениями, приуроченными к пойме Дона и его притоков, а также насаждениями, созданными в плакорной степи.

Основу почвенного покрова территориального комплекса составляют, главным образом, обыкновенные (46,7%) и южные черноземы (6,6%).

Согласно метеорологическому районированию территория черноземной части Нижнего Дона относится к Азово-Донскому району степного климата с жарким засушливым летом и малоснежной умеренно-холодной зимой. Среднегодовая температура воздуха находится в пределах $+7,9^{\circ} \dots +9,4^{\circ}\text{C}$. Количество выпадающих осадков в год составляет 480...625 мм. Относительная влажность воздуха – 71...75% (среднее за год). Гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову равен 0,6...0,78, что характеризует рассматриваемую подзону как засушливую.

В соответствии с лесорастительным районированием С.Ф. Курнаева (1973) территория Нижнего Дона относится к зоне степи с двумя подзонами – разнотравно-злаковой степи и сухой степи.

В условиях Нижнего Дона дубравы представлены массивными и полосными насаждениями, произрастающими на землях гослесфонда, городских поселений и сельскохозяйственных предприятий.

Площадь дубрав Нижнего Дона на территории гослесфонда к 2004 году составляла 26,9 тыс.га (37 % от всей площади дубрав Ростовской области). Общий запас стволовой древесины в них равнялся 2,5 млн. м^3 . По типам условий местопроизрастания Алексеева-Погребняка площадь насаждений распределялась следующим образом: субори – 150,9 га, судубравы – 1888,1 га, дубравы – 24861,0 га. Среднее насаждение имело следующие таксационные показатели: возраст – 51,6 лет, класс бонитета – III,3, полнота – 0,76, запас стволовой древесины – 87,3 $\text{м}^3/\text{га}$. Средний прирост по запасу составил 1,6 $\text{м}^3/\text{га}/\text{год}$.

В соответствии с предыдущим ревизионным периодом (материалы лесоустройства 1989 года) площадь дубовых насаждений черноземной зоны Нижнего Дона равнялась 26,8 тыс. га. Общий запас стволовой древесины, сосредоточенный в них, составлял 1,75 млн. м^3 . Среднее насаждение имело следующие таксационные показатели: возраст – 35,6 лет, класс бонитета – III,3, полнота – 0,74, запас стволовой древесины – 70,9 $\text{м}^3/\text{га}$. Средний прирост по запасу составлял 2,0 $\text{м}^3/\text{га}/\text{год}$.

Как следует из представленного, значение среднепериодического прироста дубрав по запасу за последние 15 лет снизился до 1,1 $\text{м}^3/\text{га}/\text{год}$. При этом возраст 52 года является критическим, что указывает на существование объективных и субъективных причин, главными из которых являются: несоответствие условий местопроизрастания биологическим свойствам главной породы, применение нерайонированного посевного и посадочного материала; ошибки, допущенные на этапе проектирования типов лесных культур, бессистемное применение рубок ухода.

13.2 Предлагаемые варианты лесных культур и программы их выращивания

Повышения устойчивости, долговечности и продуктивности степных дубрав добиваются применением комплекса мер. Одной из важнейших таких мер является совершенствование лесокультурного проектирования, что отмечено рядом исследователей (П.Н.Аленьтеев, 1998, А.А.Кулыгин, 1996, А.Р.Родин, 2002 и др.). Лесные культуры – это лесные насаждения, созданные посевом или посадкой древесных и кустарниковых пород (Лесная энциклопедия, 1985.– Т.1. – С. 523-524). Проект лесных культур должен быть проектом лесного насаждения, определенного функционального назначения, с лесоводственно-таксационными характеристиками. (А.А.Кулыгин, В.М.Павлов, И.И.Ревяко, С.С.Таран, 2000).

Степные дубравы выполняют природо-улучшающие, природо-защитные, рекреационные и эстетические функции, они служат также источником получения древесины и недревесных ресурсов леса. Долговечность насаждений дуба в степи составляет 100-110 лет. При проектировании лесо-эксплуатационных насаждений в лесокультурном проекте приводят лесоводственно-таксационную характеристику древостоев в разные возрастные периоды вплоть до 100-110 лет (Stephan, 1986, Рябченко, 1987; Гордиенко и др, 1995). Поскольку степные дубравы не относятся к лесоэксплуатационным и несут функциональную нагрузку в более ранние сроки, мы считаем целесообразным составлять программу выращивания насаждений на период до 50 лет. К этому возрасту уже формируются устойчивые дубовые насаждения; дуб черешчатый проходит период интенсивного роста в высоту, выпадают из подлеска многие кустарники. На последующие 50 лет (с 51 до 100 лет) программы должны составляться, исходя из лесоводственно-таксационных показателей, состояний и функционального назначения выращенных 50-ти летних дубрав.

Отмечая несовершенство лесокультурных проектов, П.Н. Алентеев (1998) предлагал после смыкания лесных культур проводить, через каждые 5 лет их инвентаризацию и намечать лесоводственные мероприятия, способствующие выводу дуба в первый ярус. После чего считал лесокультурное производство завершенным. Это предложение заслуживает внимания, однако, лесокультурный проект, в котором отсутствует программа выращивания насаждения, является несовершенным. Предложение П.Н. Алентеева позволяет лишь частично корректировать процесс выращивания дуба.

Проектируемое лесное насаждение на наш взгляд должно характеризоваться следующими лесоводственно-таксационными показателями: формой (ярусностью); составом древостоя; числом стволов главной и вспомогательных пород в расчете на 1 га; таксационной полнотой (суммой площадей сечений деревьев на 1 га); средней высотой и диаметром главной и сопутствующих пород.

В усовершенствованном проекте лесного насаждения целесообразно оставить те пункты, которые содержатся в современном проекте лесных культур, а именно: характеристику лесокультурной площади (рельеф, почва, тип условий местопроизрастания и др.); проектируемую обработку почвы под лесные культуры; метод производства культур (посев, посадка); агротехнические уходы с указанием их общего числа и распределением по годам; схемы смешения пород и размещения посадочных (посевных) мест; намечаемые противопожарные мероприятия.

Для степной зоны проект лесного насаждения, по нашему мнению, должен содержать лесоводственно-таксационные характеристики древостоя в отдельные возрастные периоды: в 10, 20, 30, 40 и 50 лет, то есть включать элементы программированного лесовыращивания. Проект лесного насаждения позволяет лесоводам подбирать состав древесных пород и кустарников, проектировать их первоначальное размещение на площади, ориентируясь на лесоводственно-таксационные показатели выращиваемого древостоя. Более осмысленным и целенаправленным становится проведение лесоводственных уходов. В настоящее время их проводят, исходя из расплывчатого понятия целесообразности.

Составление проекта лесного насаждения усложнит работу в стадии проектирования, потребует более глубокого и вдумчивого подхода к вопросам проектирования. Однако усложнение лесокультурных проектов позволит избежать многих ошибок, а следовательно и гибели культур в процессе выращивания. Проектируя лесное насаждение, лесовод вынужден будет рассматривать вопросы устойчивости, взаимовлияния древесных пород, ритмику их роста в разные возрастные периоды и т.д., то есть продумывать и решать вопросы формирования насаждения.

Устойчивость и долговечность лесного насаждения определяется устойчивостью и долговечностью древесных пород, входящих в его состав, их взаимовлиянием, особенностями роста в разные возрастные периоды и в течение вегетации, и др. Опыт степного лесоразведения на Дону показывает, что наряду с дубом, до 100-110 летнего возраста доживают ясень обыкновенный, клен остролистный и липа мелколистная. Клен остролистный и липа мелколистная являются естественными спутниками дуба в зоне широколиственных лесов. В зоне степи дубово-кленовые, дубово-липовые и дубово-кленово-липовые дубравы являются наиболее устойчивыми и долговечными как в свежих так и в сухих типах условий местопроизрастания (D_2 , D_1). Клен остролистный и липа мелколистная считаются породами, требовательными к богатству и влажности почвы. Наши исследования и исследования других авторов показывают, что названные породы могут успешно произрастать и в сухих дубравах.

В возрасте 50 лет продуктивность дубово-кленовых культур, созданных по древесно-теневому и комбинированному типам смешения, примерно, одинакова. Разница по запасу с преимуществом комбинированного типа смешения может составлять: в сухих дубравах – 7,2% (пробные площади 24 и

35); в свежих дубравах – от 4 до 25-32 % (пробные площади 29, 30, 41, 42). Это дает возможность рекомендовать выращивание дубово-кленовых культур по древесно-теневому и комбинированному типам смешения, как в сухих, так и в свежих дубравах Нижнего Дона.

На основании проведенных исследований, а также результатов работ других авторов (М.В.Клестов, В.Ф.Медведев, Н.Т.Василевский, Л.П.Яцыно, А.А.Кулыгин, И.И.Ревяко) составлены характеристики вариантов дубово-кленовых насаждений в разном возрасте, проектируемых по древесно-теневому и комбинированному типам смешения в условиях сухих и свежих дубрав (таблицы 28, 29), а также дубово-липовых насаждений, проектируемых по древесно-теневому типу в свежей дубраве (таблица 30).

В таблице 31 отражены характеристики моделей выращиваемых древостоев в возрасте 50 лет по предлагаемым вариантам лесных культур.

На основании таксационных показателей представленных вариантов культур разработаны программы формирования насаждений для возрастного периода 10-50 лет (таблица 32).

Таблица 28 – Варианты дубово-кленовых культур и их характеристики в разном возрасте, в условиях сухих дубрав

Номер варианта	Первоначальная схема смешения и размещения посадочных мест, м	Возраст, лет	Состав, %	Название породы	Число деревьев на 1 га, шт	Таксационная полнота (сумма площадей сечений), м ² /га	Высота, м	Диаметр, см	Запас стволовой древесины, м ³ /га
1	-Д-Ко-Д-Ко- 3×1	10	48%Д; 52%Ко	Дуб	1377	2	5,5	4,3	6,9
				Клен	1268	2,2	5,8	4,7	7,6
		20	49%Д; 51%Ко	Дуб	1110	6,6	8,4	8,7	30,8
				Клен	1085	6,6	8,8	8,8	31,4
		30	56%Д; 44%Ко	Дуб	946	10,7	11	12	61,4
				Клен	858	8,8	10,8	11,4	49,2
		40	61%Д; 39%Ко	Дуб	825	14,2	12,8	14,8	92,1
				Клен	747	9,5	12	12,7	58,1
		50	72%Д; 28%Ко	Дуб	744	16,3	14,3	16,7	115,8
				Клен	503	7,0	12,5	13,3	44,4
2	-Д-Д-к-Ко-к- 2×1	10	64%Д; 36%Ко	Дуб	1603	2,9	4,7	4,8	9,1
				Клен	795	1,5	5,8	4,9	5,2
		20	69%Д; 31%Ко	Дуб	1298	9,2	9,0	9,5	45,2
				Клен	675	4,2	8,8	8,9	20,0
		30	72%Д; 28%Ко	Дуб	1092	13,4	11,8	12,5	81,4
				Клен	558	5,7	10,9	11,4	32,3
		40	75%Д; 25%Ко	Дуб	883	15,4	13,8	14,9	106,2
				Клен	457	5,7	12,0	12,6	35,0
		50	81%Д; 19%Ко	Дуб	811	18,2	15,1	16,9	135,4
				Клен	373	5,1	12,4	13,2	32,2

Таблица 29 – Варианты дубово-кленовых культур и их характеристики в разном возрасте, в условиях свежих дубрав

Номер варианта культуры	Первоначальная схема смешения и размещения посадочных мест, м	Возраст, лет	Состав, %	Название породы	Число деревьев на 1 га, шт	Таксационная полнота (сумма площадей сечений), м ² /га	Высота, м	Диаметр, см	Запас стволовой древесины, м ³ /га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	-Д-Ко-Д-Ко- 3×1	10	55%Д; 45%Ко	Дуб	1268	2,2	4,9	4,7	7,1
				Клен	1381	2,1	4,2	4,4	5,9
		20	66%Д; 34%Ко	Дуб	1178	10,2	11,5	10,5	60,7
				Клен	970	5,9	10,2	8,8	31,7
		30	68%Д; 32%Ко	Дуб	901	15,5	16	14,8	121,1
				Клен	687	8,3	13,8	12,4	57,4
		40	70%Д; 30%Ко	Дуб	788	18,3	18,2	17,2	159,6
				Клен	626	9,1	15,3	13,6	68,8
		50	70%Д; 30%Ко	Дуб	703	18,5	19,5	18,3	171,3
				Клен	575	9,5	15,9	14,5	74,3
4	-Д-Д-к-Ко-к- 2×1	10	80%Д; 20%Ко	Дуб	1713	3,1	4,8	4,8	9,8
				Клен	837	0,9	4,2	3,7	2,5
		20	78%Д; 22%Ко	Дуб	1489	15,2	11,5	11,4	90,4
				Клен	753	4,9	10,0	9,1	25,9
		30	74%Д; 26%Ко	Дуб	1040	17,9	16,0	14,8	139,8
				Клен	588	7,1	13,9	12,4	49,4
		40	76%Д; 24%Ко	Дуб	831	19,3	18,3	17,2	169,1
				Клен	496	7,2	15,2	13,6	54,1
		50	79%Д; 21%Ко	Дуб	740	19,9	19,4	18,5	183,4
				Клен	410	6,4	15,9	14,1	50,0

Таблица 30 – Вариант дубово-липовых культур и их характеристика в разном возрасте, в условиях свежих дубрав

Номер варианта культуры	Первоначальная схема смешения и размещения посадочных мест, м	Возраст, лет	Состав, %	Название породы	Число деревьев на 1 га, шт	Таксационная полнота (сумма площадей сечений), м ² /га	Высота, м	Диаметр, см	Запас стволовой древесины, м ³ /га
5	-Д-Лм-Д-Лм- 3×1	10	55%Д; 45%Ко	Дуб	1423	1,7	4,4	3,9	5,1
				Липа	1507	0,8	2,6	2,6	1,7
		20	66%Д; 34%Ко	Дуб	1244	6,1	7,2	7,9	25,4
				Липа	1254	3,2	6,3	5,7	11,8
		30	68%Д; 32%Ко	Дуб	1036	8,3	11,5	10,1	49,4
				Липа	959	4,7	8,6	7,9	22,0
		40	70%Д; 30%Ко	Дуб	855	11,7	15,0	13,2	86,5
				Липа	832	5,9	11,6	9,5	35,2
		50	70%Д; 30%Ко	Дуб	756	18,4	17,8	17,6	157,4
				Липа	808	6,6	12,9	10,2	43,1

Таблица 31 - Модели выращиваемых древостоев в возрасте 50 лет

Номер варианта и его характеристика	Модель выращиваемого древостоя				
	Ярусность	Класс бонитета	Полнота	Запас стволовой древесины, м ³ /га	Средний прирост по запасу, м ³ /га
1 – -Д-Ко- (Д ₁)	однорусное	III	0,9	160,2	3,2
2--Д-Д-к-Ко-к- Д ₁)	однорусное	II ₂	1,0	167,6	3,4
3 – -Д-Ко-(Д ₂)	однорусное	I ₃	1,0	245,6	4,9
4--Д-Д-к-Ко-к-Д ₂)	однорусное	I ₂	1,0	233,4	4,7
5 – -Д-Лм-(Д ₂)	однорусное	I ₄	1,0	200,5	4,0

Таблица 32 - Программы формирования высокопродуктивных дубрав на Нижнем Дону (доверительный интервал 10-50 лет)

Таксационные показатели		Теснота связи $r(\eta) \pm \text{Er}(m_\eta^2)$	Уравнение связи возраста (x) с таксационным показателем (y)	Ошибка уравнения, $\pm$
1		2	3	4
Древесно-теневого типа смешения с кленом остролистным, ТУМ Д₁ (вариант 1)				
Состав дуба, %		0,975 $\pm$ 0,017	$y=41,52/e^{0,010x}$	0,416
Густота, шт/га	Дуба	-0,991 $\pm$ 0,006	$y=1544,23/e^{0,015x}$	4
	Клена	-0,983 $\pm$ 0,006	$y=1656/e^{0,022x}$	8
Высота, м	Дуба	0,999 $\pm$ 0,0009	$y=1,389x^{0,600}$	0,0003
	Клена	0,989 $\pm$ 0,007	$y=1,955x^{0,489}$	0,062
Диаметр, см	Дуба	0,995 $\pm$ 0,003	$y=0,639x^{0,850}$	0,059
	Клена	0,978 $\pm$ 0,015	$y=1,117x^{0,658}$	0,176
Запас стволовой древесины, м ³ /га	Дуба	0,999 $\pm$ 0,0007	$y=2,791x-22,33$	0,087
	Клена	0,9987 $\pm$ 0,001	$y=-33,9+4,599x-0,0599x^2$	0,33
Комбинированный тип смешения с кленом остролистным, ТУМ Д₁ (вариант 2)				
Состав дуба, ед		0,9914 $\pm$ 0,0057	$y=6,02+0,04x$	0,01
Густота, шт/га	Дуба	-0,992 $\pm$ 0,053	$y=1862,19/e^{0,018x}$	4
	Клена	-0,9992 $\pm$ 0,0005	$y=976,33/e^{0,019x}$	0,2
Высота, м	Дуба	0,9894 $\pm$ 0,0071	$y=0,93x^{0,731}$	0,951
	Клена	0,9791 $\pm$ 0,0139	$y=2,1042x^{0,461}$	0,101
Диаметр, см	Дуба	0,9924 $\pm$ 0,0051	$y=0,8439x^{0,781}$	0,092
	Клена	0,9783 $\pm$ 0,0144	$y=1,2479x^{0,627}$	0,278
Запас стволовой древесины, м ³ /га	Дуба	0,9971 $\pm$ 0,0019	$y=-18,62+3,136x$	0,257
	Клена	0,9031 $\pm$ 0,0737	$y=-18,16+2,61x-0,032x^2$	3,737
Древесно-теневого типа смешения с кленом остролистным, ТУМ Д₂ (вариант 3)				
Состав дуба, ед		0,945 $\pm$ 0,0358	$y=4,2+0,05x$	0,080
Густота, шт/га	Дуба	-0,987 $\pm$ 0,0087	$y=1518,26/e^{0,0158x}$	7
	Клена	-0,954 $\pm$ 0,0304	$y=1546,71/e^{0,0219x}$	12
Высота, м	Дуба	0,9969 $\pm$ 0,0021	$y=-16,337+9,3117\ln x$	0,04
	Клена	0,9899 $\pm$ 0,0067	$y=-12,651+7,525\ln x$	0,07

Таксационные показатели		Теснота связи $r(\eta) \pm Er(m_{\eta}^2)$	Уравнение связи возраста (x) с таксационным показателем (y)	Ошибка уравнения, $\pm$
1		2	3	4
Диаметр, см	Дуба	0,9973 $\pm$ 0,0018	$y = -15,391 + 8,739 \ln X$	0,03
	Клена	0,9938 $\pm$ 0,00414	$y = -10,440 + 6,497 \ln X$	0,05
Запас стволовой древесины, м ³ /га	Дуба	0,9906 $\pm$ 0,00627	$y = -247,897 + 107,929 \ln X$	1,09
	Клена	0,9938 $\pm$ 0,00414	$y = -97,699 + 44,575 \ln X$	0,32
Комбинированный тип смешения с кленом остролистным, ТУМ Д₂ (вариант 4)				
Состав дуба, ед		0,9678 $\pm$ 0,0253	$y = 8,66 - 0,0726X + 0,001143X^2$	0,02
Густота, шт/га	Дуба	-0,9855 $\pm$ 0,0096	$y = 2173,738 / e^{0,023X}$	11
	Клена	-0,9949 $\pm$ 0,0034	$y = 1037,031 / e^{0,018X}$	2
Высота, м	Дуба	0,9962 $\pm$ 0,0025	$y = -16,505 + 9,3572 \ln X$	0,041
	Клена	0,9896 $\pm$ 0,0069	$y = -12,739 + 7,5395 \ln X$	0,092
Диаметр, см	Дуба	0,9979 $\pm$ 0,0014	$y = -14,741 + 8,6135 \ln X$	0,021
	Клена	0,9878 $\pm$ 0,008	$y = -11,266 + 6,701 \ln X$	0,069
Запас стволовой древесины, м ³ /га	Дуба	0,9974 $\pm$ 0,0017	$y = -241,76 + 110,507 \ln X$	0,327
	Клена	0,9772 $\pm$ 0,018	$y = -37,48 + 4,395X - 0,0527X^2$	2,979
Древесно-теневого типа смешения с липой мелколистной, ТУМ Д₂ (вариант 5)				
Состав дуба, ед		0,9555 $\pm$ 0,2915	$y = 4,374e^{0,00855X}$	0,066
Густота, шт/га	Дуба	-0,9974 $\pm$ 0,0174	$y = 1692,00 / e^{0,0164X}$	1
	Липы	-0,9685 $\pm$ 0,0208	$y = 1710,12 / e^{0,01657X}$	14
Высота, м	Дуба	0,9960 $\pm$ 0,0027	$y = 0,5413X^{0,8929}$	0,03
	Липы	0,9916 $\pm$ 0,0056	$y = 0,2784X^{1,003}$	0,08
Диаметр, см	Дуба	0,9957 $\pm$ 0,0029	$y = 0,4994X^{0,8994}$	0,05
	Липы	0,9876 $\pm$ 0,008	$y = 0,3575X^{0,8926}$	0,118
Запас стволовой древесины, м ³ /га	Дуба	0,9978 $\pm$ 0,0015	$y = 0,0453X^{2,071}$	0,35
	Липы	0,9979 $\pm$ 0,0014	$y = -9,10 + 1,062X$	0,066

Во всех вариантах культур: происхождение желудей из нагорной дубравы Бутурлиновского лесхоза (Воронежская область); система подготовки почвы – черный пар; метод создания – посадка стандартных двухлетних сеянцев.

Предлагаемые программы выращивания позволят проводить формирование насаждений в разные возрастные периоды на научной основе.

13.3 Экономическое обоснование выращивания культур дуба

Программы выращивания, представленные в разделе 5.2, характеризуют предлагаемые варианты культур до возраста 50 лет. Для массивных степных дубрав возрастом лесовозобновительной спелости считается возраст 40-60 лет (С.С.Пятницкий и др., 1963). Практический интерес будут представ-

лять данные возможного получения древесины и ее стоимости к возрасту 50 лет.

Нами проведен анализ материально-денежной оценки представленных вариантов культур в возрасте 50 лет, рассчитаны затраты на обработку почвы, посадку лесных культур, агротехнические и лесоводственные уходы, охрану и защиту насаждений.

Прибыль от выращивания лесных культур определяется из разницы таксовой стоимости древесины на корню и затрат на выращивание насаждения. Затраты на создание культур складываются из суммы расходов на обработку почвы, посадку лесных культур, агротехнических и лесоводственных уходов, охраны и защиты насаждений. Обработка почвы под лесные культуры во всех предлагаемых вариантах проводится по системе 1-летнего черного пара, который хорошо зарекомендовал себя в условиях степной зоны. Агротехнические уходы за культурами проводятся в течение 6 лет (всего 21 уход). Лесоводственные уходы в молодом возрасте – осветления и прочистки, являются убыточными, поэтому эти работы включены в статью затрат. Прибыль от прореживаний и проходных рубок равна затратам на их проведение. Таксовая стоимость полученной древесины складывается из суммы стоимостей деловой, подразделенной по категориям крупности (крупная, средняя, мелкая), и дровяной древесины.

В таблице 33 приведен расчет экономической эффективности выращивания 1 га насаждений дуба черешчатого, созданных по древесно-теневому и комбинированному типам смешения в сухих и свежих дубравах (варианты рассматриваемых культур приведены в таблице 29 - 32).

Таблица 33 – Экономическая эффективность выращивания культур дуба черешчатого

Показатели	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
1	2	3	4	5	6
Запас стволовой древесины, м ³ /га: дуб клен (липа)					
	115,8	135,4	171,3	183,4	157,4
	44,4	32,2	74,3	50	43,1
Таксовая стоимость, руб./га по породам: дуб	12563,00	15210,40	23992,30	25691,60	18174,90
клен	10962,50	14043,50	20259,20	23594,60	18007,80
(липа)	1600,50	1166,90	3733,10	2096,90	167,10
Затраты на обработку почвы, руб./га	1136,10	1136,10	1136,10	1136,10	1136,10

Показатели	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
1	2	3	4	5	6
Затраты на создание и выращивание лесных культур, руб./га	9816,10	11583,10	9816,10	11583,10	9738,10
Затраты на проведение рубок ухода в насаждении, руб./га	2049,60	1985,20	3986,60	5358,30	3466,80
Затраты на охрану леса, руб./га	1135,50	1135,50	1135,50	1135,50	1135,50
Всего затрат на выращивание, руб./га	14137,30	15839,90	16074,30	19213,00	15476,50
Затраты на выращивание древесины, руб./м.куб.	88,25	94,51	65,45	82,32	77,19
Таксовая стоимость выращенной древесины, руб./м.куб.	78,42	90,75	97,69	110,08	90,65
Экономическая эффективность	0,89	0,96	1,49	1,34	1,17

Как видно из проведенного расчета, при одинаковой технологии обработки почвы и затратах на охрану леса, себестоимость 1 м³ древесины, в зависимости от типа условий местопроизрастания и типа смешения, изменяется от 65,45 руб./м³ до 94,51 руб./м³. В сухих и свежих дубравах в насаждениях, созданных по древесно-теневому типу смешения, себестоимость 1 м³ древесины ниже, чем при использовании комбинированного типа.

Таксовая стоимость древесины в представленных вариантах изменяется от 12563,00 руб./га (древесно-теневой тип, сухая дубрава) до 25691,60 руб./га (комбинированный тип, свежая дубрава).

Коэффициент экономической эффективности в представленных вариантах изменяется от 0,89 (древесно-теневой тип, сухая дубрава) до 1,49 (древесно-теневой тип, свежая дубрава).

На основании проведенного расчета, стоимости древесины можно заключить, что в сухих дубравах экономически более целесообразно проектировать насаждения по комбинированному типу смешения, а в свежих дубравах по древесно-теневому типу.

Учитывая то обстоятельство, что дубравы Нижнего Дона выполняют природоулучшающие, природоохранные и рекреационные функции, рентабельность их будет складываться не только из стоимости выращенной древесины, но и других полезных функций, что будет гораздо выше приведенных расчетов.

14 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ ЧАСТИЧНЫХ КУЛЬТУРАХ

Под частичными лесными культурами понимают лесные культуры, размещенные на площади в местах, лишенных подроста главной породы, для увеличения полноты или улучшения породного состава насаждения (ГОСТ 17559-82).

Частичные лесные культуры создают на вырубках, когда количество самосева и подроста недостаточно для формирования полноценного насаждения, или когда самосева и подроста достаточно, но происходит нежелательная смена пород. Применяют частичные культуры при реконструкции малоценных молодняков и низкополнотных насаждений. При частичных лесных культурах будущее насаждение формируют из деревьев, естественно произрастающих на лесокультурной площади, и деревьев, посаженных или посеянных искусственно.

14.1 Моделирование лесных насаждений на вырубках с недостаточным по количеству или неудовлетворительным по составу возобновлением пород

При проектировании частичных лесных культур учитывают видовой состав произрастающих на лесокультурной площади древесных пород, тип леса (тип условий местопроизрастания), количество и размеры пней, функциональное назначение насаждения. Проектирование может быть сведено к решению нескольких задач.

1. При недостаточном количестве подроста главной породы - введение посадкой или посевом этой же породы (например, при недостаточном количестве подроста и самосева сосны - посадка семян сосны).

2. Возобновление главной породы удовлетворительное, при отсутствии или недостаточном возобновлении сопутствующих пород. Введение сопутствующих пород может улучшить рост главной породы.

3. Хорошо возобновились сопутствующие породы при отсутствии или слабом возобновлении главной породы. Здесь возможно несколько вариантов решений:

- введение в качестве главной той древесной породы, которая не возобновилась или возобновилась недостаточно;
- введение новой главной породы взамен невозобновившейся;
- введение новой породы в качестве второй главной породы.

Так, при наличии на вырубке подроста клена остролистного и липы мелколистной, можно ограничиться введением в культуры одной или нескольких главных пород (дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, ореха черного и др.).

Когда после вырубки леса происходит нежелательная смена пород и для ее предотвращения создают лесные культуры, необходимо иметь в виду

следующее. При длительном произрастании насаждений сосны, ели, дуба и других, наступает «утомляемость» почвы. В хвойных лесах формируется грубый гумус. Непосредственно под ним образуется белесый подзолистый горизонт, а ниже его - бурый гумусовый орштейн. Сколько-нибудь типичный дерновый (перегнойно-аккумулятивный) горизонт отсутствует. Обмен веществ между древостоем и почвой происходит медленно, вяло, что отрицательно сказывается на продуктивности леса (П.С.Погребняк, 1963). В почве накапливаются продукты жизнедеятельности древесной породы, вредители, болезни.

Смена пород, протекающая в лесах, в целом прогрессивное явление. По И.Н.Рахтеенко (1967), сосновые и еловые насаждения в первом поколении после лиственных значительно лучше продуцируют, чем хвойные после хвойных. Пытаясь с помощью лесных культур предотвратить смену пород, лесовод «реставрирует» то, что отвергает природа. И когда удастся преодолеть сопротивление природы, вернуть сосну и ель на те площади, на которых они произрастали, возникает вопрос: а нужно ли это делать? Нужно ли возвращать сосну, ель, дуб на те площади, где сложились неблагоприятные условия для их выращивания? Одной из причин деградации наших лесов как раз и стало насильственное удержание древесных пород на площадях, ставших малопригодными для их произрастания.

Если идет смена дуба на менее ценные породы, то следует стремиться не к тому, чтобы вернуть дуб любой ценой, а рассматривать возможность замены его породой, не уступающей или превосходящей дуб по своей ценности (например, орехом черным). Условия произрастания новой для данной лесокультурной площади древесной породы могут быть вполне благоприятными.

Подготовка почвы под частичные лесные культуры проводится полосами, бороздами, площадками, ямками. При размещении посадочных (посевных) мест стремятся по возможности избегать затенения и угнетения высаженных растений со стороны подроста. Сильную конкуренцию для высаженных растений на вырубках создают корневые системы вырубленных лиственных пород, что необходимо учитывать при выборе способа обработки почвы.

Когда частичные культуры сводятся к введению главной породы (при наличии возобновления второстепенных пород), лесоводственные уходы (осветления) начинают уже со второго года. Их цель:

- создать оптимальные условия для роста главной породы, обеспечить ее выход в первый ярус насаждения; и
- сформировать второй ярус из менее ценных теневыносливых пород (определить и сформировать состав, густоту второго яруса).

Период, в течение которого главная порода выйдет в первый ярус, может быть относительно коротким (до 10 лет) и достаточно длительным (до 30-40 лет). Это зависит в первую очередь от быстроты роста главных и сопутствующих (второстепенных) пород.

Когда частичные культуры сводятся к введению сопутствующих пород и кустарников (при хорошем возобновлении главной породы), лесоводственные уходы проводят не со второго года, а позже, по мере необходимости.

Показатели хода роста естественных насаждений сосны, ели, дуба и т.п. в конкретной области, в типах леса (типах условий произрастания), аналогичных вырубке, могут служить программой при формировании таких насаждений.

14.2 Моделирование лесных насаждений при реконструкции малоценных молодняков

Молодняк - это древостой в возрасте его смыкания до конца второго класса возраста (ГОСТ 18486-87).

Реконструкцию малоценных молодняков обычно производят коридорным методом. Ширина коридоров может быть разной, но не менее полуторной высоты оставляемых кулис. На характер освещения растений в течение дня существенное влияние оказывает направленность коридоров относительно сторон света. В южных областях направление коридоров принимают с запада на восток, что обеспечивает хорошее освещение высаженных культур в утренние и вечерние часы и некоторое их притенение в жаркие полуденные часы. При направлении коридоров 3-В необходимо учитывать и возможное отрицательное влияние на рост культур сухих восточных ветров.

Освещенность в коридорах зависит от их ширины и высоты оставляемых кулис молодняков. При широкополостной раскорчевке (6-10 м) обеспечивается лучшая освещенность культур и меньшее их затенение, чем при узкополостной корчевке (3-4 м). v

Не все древесные породы успешно растут в коридорах. Исследования В.М.Невзорова (1969) в Бузулукском бору Оренбургской области показали, что даже в коридорах шириной 6 м, 8-летняя сосна при боковом затенении кронами осины снижала рост в высоту на 10-13 % и диаметру - на 31 -47 % по сравнению с деревьями, растущими на открытом участке.

В Донском учебно-опытном лесхозе Ростовской области сосна, введенная в раскорчеванные коридоры шириной 5,4-7,2 м, погибла вследствие бокового, а позже верхучешного затенения лиственными породами (ясенем обыкновенным, вязом гладким и др.).

Такая теневыносливая порода, как ель обыкновенная, нередко испытывает световое угнетение при выращивании ее в коридорах.

Обязательным при коридорном способе реконструкции молодняков является проведение осветлений. Коридорный прием осветления сводится к рубке древесных и кустарниковых пород на расстоянии 0,5-1 м от крайних рядов растущих культур. Этот прием улучшает световой режим лесных культур на короткий период (2-3 года). Осветление путем рубки всех пород на кулисе нередко оказывается более эффективным и экономически целесооб-

разным, так как влияние такой рубки положительно сказывается на росте культур в течение длительного времени (5-10 лет).

В зависимости от породного состава молодняков, роль кулис в формировании древостоя реконструируемого насаждения будет различной. Так, если в свежей дубраве (D_2) произрастают молодняки, представленные липой, кленом татарским, лещиной, то при введении дуба в коридоры и выходе его в первый ярус перечисленные породы могут органически вписываться в реконструируемое насаждение и сформировать в нем второй и третий ярус. В перспективе лесовод может иметь дубово-липово-кленовое разновозрастное насаждение с подлеском.

Хотя липа, клен татарский и лещина не являются антагонистами дуба черешчатого, тем не менее в течение всех лет, пока дуб имеет меньшую высоту, он будет испытывать световое угнетение и основная задача лесовода - предотвращение зарастания коридоров и рубка тех деревьев в культурах, которые мешают росту дуба (коридорный прием осветления).

14.3 Моделирование при реконструкции изреженных насаждений

Реконструкцию изреженных насаждений (с полнотой 0,4-0,3 и ниже) часто проводят методом создания подпологовых культур. По час-этично подготовленной почве (полосами, бороздами, площадками и др.) производят посадку теневыносливых древесных пород - ели, пихты, клена остролистного, липы, граба и других.

В том случае, когда лесовыращивание ведется с целью получения древесины, основной древостой в возрасте спелости рубят. Что касается древостоя, сформированного за счет подпологовых культур (более молодого и составляющего второй ярус), то он может быть срублен одновременно с основным древостоем, а может быть оставлен и срублен через 20-30 лет и позже.

Так, если имеется 30-летнее насаждение дуба с полнотой 0,3, возраст спелости которого наступит в 100 лет, то путем введения под полог клена остролистного можно сформировать дубово-кленовое, разновозрастное, двухъярусное насаждение. В первом ярусе будет находиться дуб черешчатый, во втором - клен остролистный. В 100-летнем возрасте может быть проведена сплошная рубка 100-летнего дуба и 70-летнего клена.

Другой пример. Изреженное 30-летнее насаждение березы с полнотой 0,4. Возраст спелости березы - 70 лет. Введением под полог ели можно сформировать березово-еловое, разновозрастное, двухъярусное насаждение. Когда наступит время рубить березу (70 лет), возраст елового древостоя будет 40 лет. В таком возрасте рубить ель нерационально, поэтому рубку ели следует отложить на более поздний срок и срубить ее в 80-100 лет.

Если реконструкции подлежат изреженные насаждения, выполняющие водоохранную и почвозащитную роль, то наряду с древесными породами в подпологовые культуры могут вводиться теневыносливые кустарники.

Для подпологовых культур исключительно большое значение имеют освещенность, в северных районах - температура воздуха и почвы, а в южных сухих - наличие влаги. Освещенность во многом определяется плотностью крон материнского полога и распределением деревьев на участке (горизонтальной структурой насаждения).

Теневыносливые породы могут нормально расти и развиваться под пологом лишь при определенной степени освещенности. Так, в естественных условиях нормальный рост ели наблюдается при освещении, достигающем 30-40 % по сравнению с открытым местом (для лесной зоны это 30-40 тыс.лк). При уменьшении освещенности до 4 тыс. лк. высота 10-летних елей снижалась более, чем в два раза, а диаметр - более, чем в три раза (В.В.Миронов, 1977).

При создании подпологовых культур посадочные места размещают не ближе 1,5-2 м от стволов взрослых деревьев, чтобы избежать сильного светового и корневого угнетения. В сухих типах условий местопрорастания производят подрезку корней взрослых деревьев на глубину 20-25 см, чтобы оградить подпологовые культуры от иссушающего влияния их корневых систем (Ю.Д.Сироткин, 1974 и др.). Этот прием не рекомендуется применять в осинниках, робинниках и насаждениях тех пород, которые при поранении корней в большом количестве образуют отпрыски.

При создании подпологовых культур важным является расчет их густоты. Расчет числа посадочных мест может быть выполнен следующим образом.

Пример. Во влажной дубраве (Д₃) находится изреженное, 40-летнее, чистое насаждение дуба черешчатого. Класс бонитета I, число стволов на 1 гектаре - 720, сумма площадей сечений - 11,2 м². Намечается ввести под полог липу мелколистную.

Из справочника хода роста основных лесообразующих пород СССР (В.Б.Козловский, В.М.Павлов, 1967. - С. 175) следует, что в 40-летнем дубовом насаждении первого класса бонитета число стволов должно быть 1770, а сумма площадей сечений равна 26,9 м². Принимаем 1770 деревьев за 100 % и находим, что 720 деревьев составляют 40,7 % от этого числа. Далее, принимаем сумму площадей сечений 26,9 м² за 100 % и находим, что 11,2 м² составляет от этого числа 41,6 %.

По сравнению с высокополнотными, чистыми насаждениями I класса бонитета, в нашем примере деревья дуба используют лишь 40,7-41,6 % потенциального плодородия, то есть в расчете на I гектар для произрастания имеющихся в насаждении деревьев дуба достаточно 4070-4160 м². Остальная площадь может быть использована для выращивания липы (5840 м²).

Согласно хода роста чистых семенных липовых насаждений I класса бонитета (В.Б.Козловский, В.М.Павлов, 1967. - С. 250), в 20-летнем возрасте число стволов липы составляет 9136 шт./га. Чтобы получить такое количество стволов в 20-летнем возрасте, первоначально необходимо высадить гораздо большее число сеянцев липы. Принимаем первоначальную густоту посад-

ки для липы 12 тыс. шт. на I га. Тогда на 0,58 га (5840 м²) необходимо высадить:

$$\begin{aligned} 1 \text{ га} &- 12000 \text{ шт}, \\ 0,58 \text{ га} &- x \end{aligned} \quad x=6960 \text{ шт/га}$$

После посадки подпологовых культур на 1 га будут произрастать 720 деревьев дуба 40-летнего возраста и 6960 деревьев липы 2-х летнего возраста (посадку липы осуществляют 2-х летними сеянцами). Ход роста дуба можно прогнозировать, используя таблицы хода роста семенных дубовых насаждений I класса бонитета. При этом необходимо иметь в виду, что в изреженных насаждениях рост дуба в высоту будет протекать более медленно, а по диаметру более быстро, чем в высокополнотных древостоях.

15 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Моделирование лесных насаждений с применением математических методов проводилось кафедрой лесоводства и лабораторией кибернетики живой природы Тимирязевской с.-х. академии еще в 60-х годах. Среди ряда задач рассматривалась и задача оптимизации лесных культур. Она решалась методом оптимизации систем линейных связей, представленных функциями многих переменных.

Линейное программирование по В.Г.Нестерову (1967) позволяет решать в первом приближении задачу на биоэкос, в-частности на оптимальное соотношение деревьев и условий местопроизрастания - климата и почв, обеспечивающее выращивание высокопродуктивных лесов. Задача биоэкоса содержательно представляется и успешно решается в форме основной задачи линейного программирования, где цель сводится к нахождению экстремума:

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j - \max(\min)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq \text{или} = (<\text{или} =) b_i; \quad x_j \geq \text{или} = 1, 2, \dots, m$$

В этом случае x_j - долевое участие каждой породы в составе насаждения (типе смешения) изучаемых вариантов по густоте; c_j - коэффициенты эффективности (жизнестойкость, годичный прирост, корневая цена, чистый доход, и т.д.); a_{ij} - коэффициенты расхода солнечной энергии, воды, мине-

ральных веществ, кислорода и коэффициенты требований к условиям - к крайностям температуры, pH, механическому (гранулометрическому) составу почвы и т.д.; коэффициенты воздействия на среду - почвоулучшающая роль, фитонцидность и т.д.; b_i - ресурсы среды и условия их потребления.

Используя в качестве функционала уравнение по продуктивности, либо по корневой цене, или по другому экономическому критерию, находят симплексным методом оптимальный состав древесных пород для конкретных географических условий.

Применяя комплексный функционал, в котором помимо продуктивности учитываются лечебные свойства насаждений (фитонцидность) и ландшафтно-эстетические их характеристики, получают оптимальный состав пород лесопарковой части массивов.

В.Г.Нестеров (1967) приводит биоэкологические матрицы для определения состава древесных пород на дерновых почвах разного плодородия и результаты решения задач на ЭВМ.

К настоящему времени выполнено много работ, в которых даются формулы, отражающие процессы роста древесных пород и лесных насаждений, а также рассматриваются вопросы моделирования и программирования лесных насаждений (А.И.Писаренко, 1977, М.И.Калинин, 1978, Н.Н.Свалов, 1979, А.А.Макаренко, А.И.Колтунова, 1979, Н.Я.Саликов, 1981, М.М.Михайлов, 1986 и многие другие).

С помощью математических методов осуществляют моделирование густоты, полноты, приростов, состава насаждений и других показателей.

При математическом моделировании хода роста используют самые разнообразные уравнения. По методике Н.Л.Саликова (1982), моделирование хода роста всех таксационных показателей осуществляют на базе единой математической модели:

$$Y = m_y \left(1 - 2 \frac{A}{T} \right)^{k_y},$$

где Y - текущее значение таксационного показателя;

A - возраст древостоя, лет;

T - период роста древостоя;

m_y - предельное (конечное) значение признака;

k_y - безразмерная константа.

Данная модель представляет собой трансформированный закон роста А.Митчерлиха.

Исходным материалом для моделирования хода роста древостоя служат данные таксационных пробных площадей, заложенных на ход роста. Моделирование выполняют в два этапа. На первом этапе определяют параметр T для конкретного древостоя. Его подбирают методом наименьших

квадратов по уравнению регрессии запаса на возраст A при фиксированном k_m . При $k_m = 2,0$

$$T = - \frac{A \ln 2}{\ln(1 - \sqrt{\frac{M}{E}})},$$

где M - текущий запас древостоя (стволовой древесины);
 E - предельное (конечное) значение запаса M .

На втором этапе определяют динамику всех таксационных показателей при фиксированном для древостоя параметра T . Параметры модели определяют методом наименьших квадратов.

Важным показателем при моделировании лесного насаждения является его густота (число стволов на 1 га) в разные возрастные периоды. По К.Б.Лосицкому и В.С.Чуенкову (1980), густоту определяют, используя зависимость

$$N_t = N_a \exp[-(a + bN_a) \cdot t],$$

где N_t - густота древостоя в возрасте t лет;
 N_a - первоначальная густота;
 t - возраст древостоя;
 a, b - константы, зависящие от породы и условий местопроизрастания.

При формировании смешанных насаждений важнейшей задачей является определение оптимального состава древостоя в разные возрастные периоды.

Ю.М.Дебринюк (1992) для Западной лесостепи Украины определял оптимальный процент хвойной породы в составе дубовых насаждений по возрастным периодам, при котором прирост древесины дуба максимален. В качестве критерия для оценки оптимальности состава был принят текущий прирост дуба по запасу (Z_m).

Исследования проводились в насаждениях искусственного происхождения в условиях влажных грабовых и грабово-буковых дубрав на серых лесных среднесуглинистых почвах.

В 20-30-летних молодняках максимальные значения Z_m у дуба наблюдаются при участии ели в составе насаждения 10-30 %.

В средневозрастных древостоях (50-55 лет) максимум текущего прироста дуба наблюдается при составе 7ДЗЕ-8Д2Е, а в 75-85-летних - при составе 7ДЗЕ.

Экономическая оценка (Э) средневозрастных лиственно-дубовых, елово-дубовых и дубово-еловых древостоев показала, что показатель $Э_k$ при составе 7ДЗЕ-9Д1Е равнялся в среднем 4,0-4,5, в то время, как для дубово-

еловых и лиственнично-дубовых насаждений он не превышал 2,5-3,8. Это подтверждает целесообразность создания дубово-еловых насаждений с участием дуба в составе 70-90 %.

В таблице 34 приведены уравнения регрессии, характеризующие связь между участием дуба и ели в древостое и средним периодическим текущим приростом по запасу.

Таблица 34- Характер связи между участием пород в составе древостоя и средним периодическим текущим приростом по запасу

Порода	Уравнение регрессии	Корреляционное отношение
Молодняки (20 - 30 лет)		
Дуб	$Y = 1,2278 + 2,9719x - 0,1609x^2$	0,98
Ель	$Y = 0,5680 + 1,5705x + 0,1563x^2$	1,00
Суммарно	$Y = 31,8869 - 2,2143x + 0,0378x^2$	1,00
Средневозрастные насаждения (50 - 55 лет)		
Дуб	$r = 2,1340 + 2,06690x - 0,1091x^2$	0,95
Ель	$Y = 0,1984 + 0,0828x + 0,2095x^2$	1,00
Суммарно	$Y = 22,2247 - 1,2761x + 0,0128x^2$	1,00
Приспевающие насаждения (75 - 85 лет)		
Дуб	$\Gamma = -1,3446 + 3,2288x - 0,2184x^2$	0,82
Ель	$Y = 0,1167 + 0,65655x$	
Суммарно	$Y = 5,4103 + 2,6306x - 0,2256x^2$	0,77

Текущий прирост дуба по запасу (ZM) использовался в качестве критерия и для оценки оптимального состава дубово-пихтовых насаждений Прикарпатья (М.И.Калинин, Ю.М.Дебринюк, 1991).

16 ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ И РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

16.1 Особенности моделирования защитных лесных насаждений

При моделировании лесозащитных насаждений конечной моделью для лесовода является насаждение в возрасте спелости с заданными параметрами (запасом стволовой древесины, высотой, диаметрами стволов и др.). Чтобы получить заданную модель, в течение всего периода выращивания выщерживают оптимальную густоту (число стволов на 1 га), полноту, а для смешанных насаждений - оптимальный состав.

Моделирование защитных насаждений ведется не на максимальное количество древесины, а на **максимальный мелиоративный эффект**. Такой максимальный мелиоративный эффект должен быть достигнут не в возрасте

спелости, а на более ранних стадиях, чтобы в течение достаточно длительного времени насаждение могло оказывать свое природоулучшающее влияние.

В зависимости от функционального назначения защитных лесных насаждений, максимальный мелиоративный эффект может быть достигнут за счет создания оптимальной вертикальной конструкции (структуры), либо оптимального размещения деревьев и кустарников на площади (оптимальной горизонтальной структуры), либо той и другой вместе взятых.

Дальность влияния полезащитных лесных полос определяется их высотой (Н) и конструкцией. Полезащитные полосы обычно создают продуваемой конструкции (в нижней части - до 60 % просветов, в верхней - до 10 %) и ажурной (15-35 % просветов в нижней части и в кронах).

Лесные полосы продуваемой конструкции проектируют чистыми (однородными), по древесному или древесно-теневому типам смешения. Древесно-кустарниковый и древесно-теневое-кустарниковый типы смешения здесь неприемлемы, так как кустарники резко уменьшают число просветов в нижней части лесной полосы и не способствуют формированию продуваемой конструкции.

Формированию ажурной конструкции способствует применение древесно-теневого и комбинированного типов смешения.

Программа достижения проектной высоты лесной полосы разрабатывается, исходя из хода роста главных пород в конкретных лесорастительных условиях (климата района, почвы, гидрологических условий и др.). Лесоводственные уходы сводятся к формированию заданных конструкций лесных полос, а в последующем - к поддержанию данных конструкций. Формирование необходимой конструкции лесной полосы должно быть закончено к концу первого класса возраста главной древесной породы. Для хвойных и твердолиственных пород - это 20 лет, для мягколиственных - 10 лет. На этот период, на наш взгляд, и должен составляться проект создания и формирования полезащитных лесных полос.

В отличие от полезащитных лесных полос, где мелиоративный эффект достигается за счет вертикальных конструкций их надземных частей, почвозащитные свойства лесных насаждений определяются в первую очередь конструкцией их подземных частей. Характер строения корневых систем, занимаемый ими объем почвы, глубина проникновения корней в грунт, протяженность корней и другие показатели определяют почвоскрепляющие свойства насаждений, скорость впитывания воды в почву и т.п.

Почвозащитные свойства лесных насаждений мало зависят от их высоты и вертикальной конструкции (структуры), но зависят от густоты, состава пород, размещения деревьев и кустарников на площади (горизонтальной структуры). Проработке этих вопросов необходимо уделить достаточное внимание. Однако лесовод заинтересован, чтобы почвозащитное насаждение состояло из ценных пород, наряду с почвозащитными выполняло бы и другие функции, поэтому проектирование таких насаждений требует комплексного подхода.

Стокорегулирующие лесные полосы создают плотно-ажурной конструкции (плотной в нижней части и ажурной в средней и верхней). Формированию такой конструкции способствует применение древесно-кустарникового и комбинированного типов смешения. Усилить защитные функции стокорегулирующих полос по перехвату поверхностного стока и переводу его во внутрпочвенный, можно за счет увеличения густоты посадки и применения треугольного (шахматного) размещения посадочных мест древесных и кустарниковых пород.

16.2 Особенности моделирования рекреационных лесных насаждений

К рекреационным лесам относят городские леса, лесопарки, леса лесопарковых частей зеленых зон, зоны санитарной охраны курортов и др. Рекреационные функции выполняет и некоторая часть лесов II и III групп (50-250 метровые полосы леса по обеим сторонам туристских маршрутов; 100-метровые полосы, примыкающие к пляжам, стоянкам туристов и рыбаков в водоохранных лесах; 100-метровые полосы леса вокруг автостоянок и др.).

По режиму использования и ведения лесного хозяйства рекреационные леса относятся к лесопарковым частям пригородных зеленых зон. Территорию рекреационных лесов подразделяют на зоны интенсивного (массового) и умеренного (прогулочного) посещения.

Большое значение здесь имеет характер ландшафта. И.Д.Родичкин (1972) выделяет три основные категории ландшафта: I - ландшафт закрытых пространств, или лесных массивов вертикальной и горизонтальной сомкнутости; II - ландшафт полуоткрытых пространств, или изреженных и рединных насаждений; III - ландшафт открытых пространств, или лугов и водоемов. В зоне интенсивного посещения формируют в основном лесопарковые ландшафты полуоткрытого и открытого типов, а в зоне умеренного посещения - закрытого типа.

Моделирование рекреационных лесов по Р.И.Ханбекову (1981) включает:

- моделирование состава и размещения насаждений на постоянных участках;
- моделирование строения отдельных насаждений в пределах постоянных хозяйственных участков;

Задачей моделирования на первом этапе является определение оптимального состава насаждений и их размещения, наилучшим образом соответствующим функциональному назначению и лесорастительным условиям постоянных хозяйственных участков.

При проектировании рекреационных лесов часто прибегают к контрастному размещению насаждений разного породного состава (например, сосняк-березняк-ельник-дубрава). Для обеспечения условий контрастности площадь отдельных участков в подзонах массового посещения не должна

превышать 4 га, а их протяженность - 200 м. В подзонах умеренного посещения размер их может быть 4-10 га, а протяженность 200-300 м. Контрастное размещение насаждений повышает эстетические и санитарно-гигиенические свойства рекреационных лесов.

Оптимальный состав пород для постоянных хозяйственных участков определяют с учетом наибольшего разнообразия пород и соответствия их лесорастительным условиям. При этом учитывают эстетические, санитарно-гигиенические свойства, устойчивость к рекреационному воздействию и др.

Задачей второго этапа моделирования является определение таксационного строения древостоев на разных возрастных этапах, обеспечивающего выполнение функций, соответствующих целевому назначению постоянных хозяйственных участков. В подзонах массового посещения стремятся формировать насаждения полуоткрытого типа ландшафта с куртинно-полянным строением (Н.М.Тюльпанов, 1975 и др.). При определении площадей куртин и полян учитывают допустимые рекреационные нагрузки для тех и других, вероятность комфортных погодных условий, ветроустойчивость насаждений. В комфортную погоду до 90-100 % отдыхающих сосредотачивается на открытых участках, в дискомфортную - наблюдается обратная картина. Соотношением продолжительности комфортной и некомфортной погоды во многом определяются рекреационные нагрузки в насаждениях и на открытых полянах. В связи с этим площадь полян и других открытых пространств должна соответствовать вероятности комфортных погодных условий для определенных зонально-климатических регионов.

Поляны дифференцируют на большие (3Н древостоя), средние (2Н) и малые (1Н).

При моделировании насаждений полуоткрытого типа ландшафта с куртинно-полянным строением учитывают еще площадь и протяженность дорожно-тропиночной сети, связывающей поляны и огибающей куртины (в подзонах массового посещения 300-500 м/га).

Для повышения устойчивости куртинных насаждений ели, сосны и других пород, плохо переносящих уплотнение почвы, в их состав вводят до 2-3 единиц жизнеустойчивых пород (дуб, береза и др.), а также формируют кустарниковый ярус, который ограничивает доступ и передвижение отдыхающих внутри насаждения.

Моделирование густоты насаждений на разных возрастных этапах проводят по формуле Р.И.Ханбекова (1981):

$$N = \frac{10000 - S_0}{K_1 * S_1 + K_n * S_n}$$

где $K_1...K_n$ - коэффициенты участия деревьев разных пород высокой, средней и низкой декоративности и жизнеустойчивости в составе насаждений, доли единицы;

$iS_j...iS_n$ - площади проекций крон деревьев разных пород высокой, средней и низкой декоративности и жизнеустойчивости. m^2 ;

SQ - площадь проектируемых открытых участков на 1 га (полян, дорожно-тропиночной сети), m^2 .

В подзонах умеренного посещения чаще формируют ландшафты закрытого типа, с прокладкой дорожно-тропиночной сети (200-300 м/га), установкой беседок, навесов, парковой мебели. В составе насаждений должны преобладать деревья средней и высокой степени декоративности и устойчивости. Насаждения могут быть многоярусными, смешанными по составу. Вертикальная и горизонтальная сомкнутость насаждений ландшафтов закрытого типа 0,6-1,0.

Моделирование густоты насаждений в разном возрасте выполняется по приведенной выше формуле.

17 СТРУКТУРА (СОДЕРЖАНИЕ) ПРОЕКТА ЛЕСНОГО НАСАЖДЕНИЯ

По ЛА.Кайрюкштису (1983), «модель промышленно-эксплуатационных лесов описывает эталон максимально продуктивного насаждения из древесных видов, в данных условиях способных в кратчайший срок давать максимальную продукцию промышленной древесины».

За эталоны принимают оптимальные насаждения, произрастающие в конкретном географическом пункте, в определенных типах леса или типах условий местопроизрастания. В описании модели должны содержаться характеристики насаждения в возрасте спелости. По своей сути это задание на выращивание насаждения определенного целевого назначения, с характеристикой его лесоводственно-таксационных показателей в возрасте спелости. Примерный перечень вопросов, которые должны содержаться в задании, приведены ниже.

Задание

на выращивание лесоэксплуатационного насаждения на категории лесосультурной площади _____

вырубка, гарь, пустырь, редина и т.п.

1. Целевое (функциональное) назначение будущего лесного насаждения (получение балансов, рудничной стойки, пиловочных бревен и т.д.)
2. Происхождение насаждение (семенное, семенное+вегетативное)
3. Одновозрастное или разновозрастное

4. Форма насаждения (одноярусное, многоярусное)
5. Наличие подлеска
6. Ожидаемый возраст спелости (лет)
7. Параметры насаждения в возрасте спелости
 - 7.1. Состав древостоя
 - 7.2. Густота (число стволов на 1 га)
 - 7.3. Полнота
 - 7.4. Класс бонитета
 - 7.5. Запас стволовой древесины ($\text{м}^3/\text{га}$) и его товарность (класс товарности).

Когда на лесокультурной площади нет естественного возобновления, то проектируемое насаждение будет одновозрастным, семенного происхождения. Если на лесокультурной площади уже произрастают деревья и кустарники и их намечается использовать при формировании будущего леса (редины, малоценные молодняки, вырубki с возобновлением второстепенных пород и т.п.), то насаждение может быть разновозрастным и смешанного происхождения (семенное+ порослевое).

Проект лесного насаждения должен включать следующие разделы:

1. Задание на выращивание лесного насаждения с характеристикой его лесоводственно-таксационных показателей.
2. Описание лесокультурной площади (местонахождение участка, его площадь, категория лесокультурной площади, тип леса или тип условий местопроизрастания, рельеф, почва, гидрологические условия, наличие пней, семенного и порослевого возобновления и др.).
3. Вариант лесных культур с обоснованием выбора главных пород, схем смешения, размещения и метода производства (посев, посадка).
4. Проектируемые меры, обеспечивающие устойчивость насаждения к лесным пожарам, ветровалу, гололеду, повреждению дикими животными, вредным насекомым и болезнями и др.
5. Технологию посадки (посева) и выращивания лесных культур до смыкания крон (способ подготовки почвы, посадка, агротехнические уходы, борьба с вредителями и болезнями и др.).
6. Программу выращивания насаждения с выходом на заданную модель (лесоводственно-таксационная характеристика лесного насаждения на промежуточных этапах его выращивания - промежуточные модели насаждения).

Лесоводственно-таксационные показатели проектируемого насаждения в разные возрастные периоды:

Возраст, лет	Со- став	Число стволов на 1 га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Пол- нота	Высота, м	Диа- метр, см	Запас ство- ловой дре- весины, м ³ *га
10							
20							
30							
40							
50							
и т.д							
п, лет							
(возраст спелости)							

Лесоводственно-таксационные показатели насаждения в разные, возрастные периоды устанавливают по показателям оптимальных насаждений или по таблицам хода роста древесных пород, с учетом районов и типов леса.

7. Экологическое обоснование проекта (что предусмотрено в проекте по уменьшению ущерба, наносимого окружающей среде в процессе выращивания лесного насаждения).

Такая структура проекта позволяет осуществлять программированное выращивание лесного насаждения высокой продуктивности.

18. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ЛЕСНОГО НАСАЖДЕНИЯ

Экологическое обоснование проекта выращивания искусственного лесного насаждения включает:

- оценку степени загрязнения окружающей среды района лесовыращивания, способность намечаемых к выращиванию древесных пород расти в условиях загрязнения и степень отрицательного воздействия загрязнения на рост и устойчивость создаваемого лесного насаждения;
- обоснование выбора технологий, машин и механизмов с позиций требования экологии (экспертиза на экологическую чистоту проекта);
- прогноз изменения экологической обстановки под влиянием лесных насаждений.

Источниками загрязнения среды в районе лесовыращивания могут быть тепловые электростанции, химические, металлургические и другие промышленные предприятия, терриконники, нефтяные и газовые скважины, автотранспорт и т.п.

Полезащитные и стокорегулирующие лесные полосы, расположенные на землях сельскохозяйственных предприятий, могут подвергаться воздейст-

вию гербицидов и различных ядохимикатов при проведении наземных и авиаобработок полей.

Источниками загрязнения почвы и грунтовых вод могут явиться животноводческие комплексы крупного рогатого скота (на 15, 20, 50 тысяч голов) и т.п.

При выращивании лесных насаждений вблизи промышленных объектов учитывают загрязнение атмосферы и способность древесных пород расти в таких условиях. Предельно допустимые для древесных растений концентрации вредных соединений в воздухе даны в таблице 35.

Таблица 35 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ для древесных пород в воздухе (ПДКд)

Вредные соединения	Предельно-допустимые концентрации, мг/м ³	
	Макс. разовые	Средне суточные
Азота окислы	0,04	0,02
Диоксид серы	0,3	0,015
Аммиак	0,1	0,04
Бензол	0,1	0,5
Взвешенные вещества (пром. пыль, цемент)	0,2	0,05
Метанол	0,2	0,1
Окись углерода	3,0	1,0
Пары серной кислоты	0,1	0,03
Сероводород	0,008	0,008
Соединения фтора газообразные	0,02	0,003
Формальдегид	0,02	0,003
Хлор	0,025	0,015
Циклогексан	0,2	0,2

Загрязнение атмосферы выбросами промышленных предприятий наносит ущерб лесным насаждениям. Этот ущерб складывается из недополучения древесины в результате снижения прироста и гибели лесных культур, дополнительных затрат на выращивание новых культур взамен погибших, расходов на проведение дополнительных санитарных рубок и определяется по формуле проф. В.М.Ивонина (1989):

$$У_{лх} = (\Delta P_p * C_d + T_y * K_{др} * P_c + C_{ср}) * S + C_v * S_{пв},$$

где $У_{лх}$ - годовой ущерб, наносимый лесному хозяйству от загрязнения атмосферы, руб.;

ΔP_p - ^{снижение} годового прироста древесины на 1 га (определяется как разность приростов загрязненного и контрольного участков леса), м³;

C_d - стоимость 1 м³ деловой древесины, руб.;

M_y - количество усохших от загрязнения атмосферы деревьев (определяется как разность усыхающих и сухих деревьев на загрязненном и контрольном участках леса) на 1 га, шт.;

$K_{др}$ - количество дровяной древесины, получаемой от одного усохшего дерева, м³ (находят при обмере моделей);

P_c - разность стоимости между 1 м³ деловой и дровяной древесины, руб.;

$C_{ср}$ - стоимость дополнительных санитарных рубок на 1 га леса (определяется как разность стоимости санитарных рубок на загрязненном и контрольном участках леса), руб.;

S - площадь загрязненного лесного массива, га;

C_e - стоимость выращивания 1 га лесных культур, приходящихся на 1 год, руб.;

$S_{нов}$ - площадь, подлежащая восстановлению, га. Учитывая другие хозяйственные и средообразующие функции леса, общий годовой ущерб определяют как

$$U_{об} = U_{лх} * A ,$$

где $U_{об}$ - общий годовой ущерб, руб.;

A - комплексный коэффициент, учитывающий потери почвозащитных, водоохраных, кислородообразующих, рекреационных и других ресурсов леса (в лесах I группы $A = 6$; II группы $A = 5,5$; III группы $A = 5$).

Степень загрязнения почв оценивают предельно допустимыми концентрациями (ПДК): полихлорпимен (ПХП) - 0,5 мг/кг сухой почвы; севин - 0,05; прометрин - 0,5; хлорофос - 0,5; мышьяк - 12; ртуть - 2,1; медь - 23; цинк - 110; свинец - 20; бензопирен - 0,2; никель - 35 мг/кг.

Оценка возможного отрицательного влияния загрязнения окружающей среды на рост и состояние проектируемого лесного насаждения производится с учетом влияния на рост и состояние уже существующих лесных насаждений.

При разработке технологии выращивания лесного насаждения необходимо тщательно анализировать намечаемые агротехнические, лесохозяйственные, лесозащитные мероприятия на чистоту и экологическую безопасность. В таблице 36 дан перечень возможных экологических последствий при выращивании леса и приемы их устранения или ослабления.

Таблица 36 - Возможные отрицательные экологические последствия при выращивании леса и пути их устранения

Возможные отрицательные последствия	Причины	Пути устранения или ослабления
1	2	3
1.Подготовка почвы		
1 Нарушение естественного сложения (генетических горизонтов почвы)	1 Вспышка с оборотом пласта на глубину, превышающую мощность гумусового горизонта 2 Корчевка пней на вырубке	1 При решении вопроса о глубине вспашки с оборотом пласта учитывать мощность гумусового горизонта и строение почвенного профиля Подбор соответствующих почвообрабатывающих орудий 2 Выбор способов корчевки и машин, которые бы в меньшей степени нарушили естественное сложение почвы 3 Сокращение площади корчевки в расчете на 1 га вырубки (полосная корчевка и др.)
2 Сильное уплотнение пахотного и подпахотного горизонтов почвы	1 Применение тяжелых тракторов и агрегатов 2 Многократное передвижение тракторов по одной и той же колее 3 Выполнение работ на почвах с повышенной влажностью	1 При опасности уплотнения почвы не проектировать использование техники с большим удельным давлением на грунт 2 Избегать многократных передвижений агрегатов по одному и тому же следу
3 Возникновение водной эрозии (на склоновых землях) Потеря почвой плодородия. Заиливание рек, водоемов, водных источников	1 Слабая противоэрозийная устойчивость почвы 2 Неправильная распашка участка 3 Особенности климата(количество осадков в теплый период года и интенсивность их выпа-	3 Учитывать состояние почвы при выборе сроков ее обработки 1 Учитывать противоэрозийную устойчивость почвы 2 Применение структурообразователей для

4 Дефляция почвы	дения, мощность снежного покрова и интенсивность снеготаяния) 1 Слабая противодефляционная устойчивость почв 2 Особенности климата (ветровой и температурный режимы, условия увлажнения и др.) 3 Отсутствие растительного покрова	увеличения противоэрозионной устойчивости почв и почвенных агрегатов 3 Контурная вспашка сплошная 4 Контурная вспашка полосная 5 Напашные террасы 6 Нарезные террасы 1 Сплошная обработка почвы по системе кулисного пара 2 Частичная обработка почвы кулисами, размещенными перпендикулярно дефляционно-опасным ветрам 3 Полосная обработка почвы с сохранением между полосами травяного покрова
------------------	---	---

2.Применение удобрений, гербицидов и арборицидов

1 Загрязнения почвы, нарушение нормального почвообразовательного процесса 2 Загрязнение водных источников и водоемов 3 Загрязнение атмосферы	1 Чрезмерные дозы удобрений и гербицидов 2 Несовершенство или нарушение технологии их применения 3 Чрезмерные дозы арборицидов и нарушение технологии их применения при уходе за лесными культурами на нераскорчеванных вырубках 1 поверхностный внутрипочвенный сток загрязненных химикатами вод 1 Вынос гербицидов и арборицидов в атмосферу вместе с почвенными частицами во время пыльных бурь	1 Строгое соблюдение норм и сроков внесения удобрений 2 Выбормалотоксичных гербицидов и арборицидов 3 Выбор более совершенных машин и технологий 4 Местное внесение удобрений 5 местное (не на всей площади) применение гербицидов и арборицидов Те же Те же
---	---	---

3. Борьба с вредителями и болезнями леса

1 Загрязнение почвы	1 Попадание ядохимикатов при опрыскивании и опыливания	1 Выбор менее токсичных, быстроразлагающихся ядохимикатов
2 Загрязнение водных источников и водоемов	2 Смыв ядохимикатов во время дождей	2 Подбор более совершенных машин и агрегатов для опыливания и опрыскивания
3 Загрязнение атмосферы	1 Поверхностный и внутрипочвенный сток загрязненных ядохимикатами вод	3 Строгое соблюдение норм, сроков и способов опыливания и опрыскивания
4 Заболевания и гибель полезной энтомофауны, птиц, животных	4 Использование микробиологических препаратов	4 Использование антомофагов
	1 Непосредственное попадание ядохимикатов в атмосферу при опыливания и опрыскивании	6 Привлечение полезных птиц и животных
	2 Испарение ядохимикатов	1 Проводить обработку в безветренную погоду
	1 Загрязнение почвы, атмосферы, растительности ядохимикатами, вредными для живых организмов	1 Применение методов и препаратов, безвредных для пчел, теплокровных животных и других полезных обитателей леса

Корчевка пней на вырубках приводит к частичной утрате почвы, нарушению естественного сложения генетических горизонтов. Корчевка обходится дорого и связана с потерей времени для лесовосстановления (3-4 года).

Приемы лесовыращивания без корчевки пней включают следующие варианты:

- частичную обработку почвы (полосами, бороздами, площадками и др.) и посадку (посев) древесных пород;

- срезку пней бензомоторными пилами и пнерезными машинами до уровня поверхности почвы (для улучшения тракторопроходимости), частичную механизированную обработку почвы" (полосами, бороздами) и посадку (посев) леса;

- использование пней в качестве посадочных (посевных) мест. Последний вариант применялся при восстановлении пойменных дубрав юго-востока ЕТС. С помощью устройства конструкции Саратовского СХИ в пнях готовят сквозное отверстие диаметром около 10 см. Высверленные в пнях посадоч-

ные места заполняют землей, а затем на глубину 12-16 см от торца пня высевают желуди (по 3 шт.). Сеянцы в пнях лучше растут, чем при обычном посеве в ямки. Стержневой корень дуба уже в первый год жизни выходит за пределы комлевой части пня в плодородный слой почвы.

Достоинство такого метода восстановления дубрав состоит в следующем:

- исключается из технологического процесса очистка площадей от пней;
- отпадает необходимость проведения механизированных и ручных агротехнических уходов;
- улучшается водный режим молодых растений дуба (внутри пня создается более влажная среда);
- посевы желудей не уничтожаются дикими кабанами (В.В.Цыплаков, О.Е.Федоров, Ю.М.Гришин, 1990).

Корчевка пней может быть сплошная или частичная. Чем меньше площадь, на которой проводится корчевка пней, тем меньше нарушается почвенный покров. Частичную корчевку обычно проводят полосами разной ширины. Соотношение площади полос и оставляемых кулис 1:1 и др.

Сплошную и частичную корчевку проводят двумя методами:

- путем корчевки пней корчевальными машинами;
- валкой деревьев с корнями древовалом ДК-1 и др.

По данным В.Н.Портного (1973), при корчевке пней корчевателем Д-486 образовывались подкорневые ямы глубиной 110-115 см, а при валке деревьев с корнями древовалом ДК-1 - 35-40 см (Боярский лесхоз, Украина). При валке деревьев с корнями сокращается площадь с нарушенным почвенным покровом, уменьшается вынос плодородной почвы за пределы лесокультурной площади, экономятся энергоресурсы (в момент падения дерева часть его кинетической энергии используется для извлечения корней из почвы и разрушения кома земли). При валке деревьев с корнями затраты на корчевку в 2-2,5 раза меньше, чем при корчевке пней корчевальными машинами. Валку деревьев с корнями применяют на легких песчаных и супесчаных почвах. Приведенные примеры показывают, что при продуманном выборе технологий можно значительно уменьшить ущерб от корчевки.

Выращивание леса осуществляется с использованием различных агрегатов, оказывающих уплотняющее действие на почву. Уплотнение почвы приводит к уменьшению ее порозности, ухудшению агрегатного состава, физико-химических, водно-физических и биологических свойств. Особенно сильное уплотнение происходит при высокой влажности почв (для почв суглинистого и глинистого гранулометрического состава - при $W > 0,65-0,70$ НВ) и воздействии на нее тяжелых агрегатов.

На карбонатных черноземах Кубани уплотнение физически спелой почвы по следам гусеничных тракторов распространялось на глубину 30-40 см, а по следам колесных тракторов Т-150К и К-70І - на 50-70 см. При трех проходах плотность по следам колесных тракторов достигала 1,44-1,47 г/см³

при плотности на контроле 1,15-1,20 г/см³. Причем даже после одного прохода этих тракторов плотность не восстанавливалась до равновесной в течение года (Е.В.Полуэктов, В.В.Турулев, 1995).

Добиться уменьшения уплотнения почвы при выращивании леса можно:

- совмещением нескольких операций в одной (тем самым сокращением числа проходов агрегатов);
- применением тракторов и агрегатов, оказывающих меньшее давление на почву;
- соблюдением сроков проведения работ (что позволяет избежать обработки сырой, физически неспелой почвы).

Нижнеднепровский (узколенточный или узкополосный) способ выращивания сосны на песках предусматривал разметку лент дисковыми боронами (во второй половине лета), рыхление лент на глубину 60-80 см (осенью) и посадку сосны СЛНУ-1 (весной).

Выпускаемая в настоящее время лесопосадочная машина МУЛ-1 позволяет создавать минерализованную полосу шириной 80-100 см, рыхлить середину полосы на глубину 55 см и производить посадку семян сосны за один проход агрегата. Совмещение двух операций (подготовка почвы + посадка) не только экономит энергоресурсы, но и позволяет избежать лишних проходов агрегата и уплотнения почвы (хотя на песках такое уплотнение менее опасно, чем на черноземах и других разностях почв).

Уплотнение почвы зависит также от удельного давления механизма на почву. После 20-кратного прохода колесного трактора Т-127 (конструктивная масса с лесным оборудованием - 8 т), почва уплотнилась на 15 % по сравнению с первоначальной, а при таком же количестве проходов гусеничного трактора ДТ-70 - только на 10 % (Н.Д.Марченко, М.П.Кононенко, В.С.Лаздан, 1967). Использование агрегатов, оказывающих малое давление на почву, позволит ослабить ее уплотнение.

Давление на влажную почву не должно превышать 80-180 кПа, на сухую - 100-210 кПа в зависимости от типа почв.

При выращивании лесных насаждений в сырых типах условий местопроизрастания, а также при выполнении работ в ранневесенний период, используют гусеничные трактора, в меньшей степени уплотняющие почву.

Сплошная обработка почвы на склонах крутизной более 2° может приводить к эрозии. К приемам, предотвращающим процессы эрозии, относятся:

- контурная вспашка или вспашка поперек склона;
- глубокое бороздование или щелевание пашни с целью задержания поверхностного стока;
- частичная обработка почвы полосами, бороздами, площадками и т.д. (полосы и борозды нарезаются поперек склона или по горизонталям);
- устройство напашных и нарезных террас.

Напашные террасы устраивают на склонах до 13°. На склонах крутизной 13-40° применяют нарезные террасы.

Сплошная обработка легких почв нередко приводит к дефляции. Взлет частиц размером 0,01 мм происходит при скорости ветра на высоте флюгера 3,72 м/с, частиц размером 0,95 мм - при скорости 5,41 м/с, 0,25 мм - при 6,52 м/с, 1,0 мм - при 9,60 м/с, 1,5 мм - при скорости 11,09 м/с (Б.В.Дзетовецкий, 1939).

Дефляция приводит к потере почвой плодородного верхнего слоя. На песчаных почвах происходит засыпание, засекание, выдувание (обнажение корней) высаженных древесных растений. В меньшей степени эти явления имеют место и на других типах почв.

К приемам, предотвращающим или ослабляющим дефляцию, относятся:

- применение кулисного пара;
- кулисная (широкополосная) обработка почвы и создание лесного насаждения в два приема с интервалом в 2-4 года;
- частичная обработка почвы узкими (до 1,5-2 м) полосами или бороздами, нарезаемыми перпендикулярно к дефляционноопасным ветрам;
- применение механических защит (на песках);
- создание до или после посевов (посадок) на поверхности защитной пленки из нэрозина, арланской нефти, полимеров и др. (на подвижных песках).

Выращивание лесных насаждений производится с применением различных химических препаратов: гербицидов, арборицидов, инсектицидов, фунгицидов и др., загрязняющих атмосферу, почву, водные источники и оказывающих губительное влияние на растительный и животный мир.

Уменьшение экологического ущерба от химических препаратов можно добиться:

- отказавшись от их применения;
- использованием менее токсичных препаратов;
- строгим соблюдением норм, сроков и технологии внесения химических;
- заменой химических препаратов менее опасными биологическими (для борьбы с вредителями леса);
- конструированием лесных насаждений, устойчивых к задернению почвы и энтомовредителям (тем самым отпадет или сократится необходимость применения гербицидов и ядохимикатов).

Лесные насаждения оказывают природоулучшающее влияние на окружающую среду. Для Украины разработаны территориальные нормативы, согласно которым под влиянием леса количество осадков увеличивается на 3,2-9,9 %, поверхностный сток снижается на 50-85 %, а суммарное испарение возрастает на 57-87 %.

В лесных насаждениях, вследствие кольматирующей способности лесной подстилки, а также снижения скорости водного потока под влиянием древесных и кустарниковых пород задерживается в среднем от 60 до 90 %

твёрдого стока. В воде, прошедшей через облесенный участок, численность болезнетворных бактерий снижается в 10-20 раз.

Влияние лесных насаждений на состав атмосферы. Одним из отрицательных антропогенных воздействий на состав атмосферы является увеличение в ней содержания углекислого газа и уменьшение доли кислорода вследствие сжигания огромного количества нефти и нефтепродуктов, угля, газа, дров и т.п. Такие изменения угрожают существованию самого человечества. Накопление CO_2 может вызвать «парниковый эффект», потепление климата, таяние ледников, повышение уровня мирового океана и непредсказуемые последствия.

Лесные насаждения выступают мощными регуляторами содержания углекислого газа и кислорода в атмосфере. По данным проф. С.В.Белова (1964), при образовании 1 т абсолютно сухой древесины (независимо от древесной породы) в среднем поглощается 1,83 т CO_2 и выделяется 1,32 т кислорода (O_2). Более подробные данные о поглощении углекислого газа и выделении кислорода отдельными древесными породами приведены в таблице 37.

Таблица 37 - Количество поглощаемого углекислого газа и выделяемого кислорода древесными растениями при образовании 1 т абсолютно сухой древесины, хвои и листьев (по С.В.Белову)

Порода	Поглощение CO_2 , кг	Выделение O_2 , кг
Сосна: древесина	1820	1398
хвоя	1949	1535
Ель: древесина	1853	1413
хвоя	1924	1528
Береза: древесина	1835	1393
листья	1652	1302
Осина: древесина	1845	1423
листья	1652	1302
Дуб: древесина	1853	1426
листья	1652	1302

Количество поглощенного древостоем углекислого газа и выделенного кислорода можно рассчитать по формулам:

$$Q_{\text{CO}_2} = 1,83 \cdot \frac{[(V_{\text{ств}} - V_{\text{коры}}) * W * K_{\text{в}}] * P_0}{100}$$

$$Q_{\text{O}_2} = 1,32 \cdot \frac{[(V_{\text{ств}} - V_{\text{коры}}) * W * K_{\text{в}}] * P_0}{100}$$

где Q_{CO_2} - количество поглощенного углекислого газа, т;

$V_{ств}$ - запас стволовой древесины в коре в возрасте рубки главного пользования, м³/га;

$V_{коры}$ - объем коры, м³;

W - влажность древесины растущего дерева, %;

P_o - плотность абсолютно сухой древесины, т/м³;

K_B - коэффициент объемной усушки, в процентах к одному проценту влажности древесины растущего дерева;

Q_{O_2} - количество выделенного кислорода, т.

Объем коры ($V_{коры}$) составляет 7,5-25 % от общего объема (запаса) стволовой древесины и зависит от породы, размеров деревьев и их возраста. Влажность свежесрубленной древесины колеблется от 50 до 100 % и зависит от породы, условий местопроизрастания, времени года.

Биомасса дерева, помимо ствола, включает ветви, сучья, корни и другие части растения. В.В.Ильинский (1968) определял биомассу в сосняках-кисличниках (B_2), долгомошниках (B_3), травяно-болотном (B_4) и сфагновом (B_5). Часть полученных им данные приведена в таблицах 38 и 39.

Таблица 38 - Распределение биомассы (т/га) по различным частям деревьев в столетних сосняках I-IV классов бонитета при полноте 1,0 (по В.В.Ильинскому, 1968)

Части дерева	Класс бонитета / тип леса			
	I/ B_2	II/ B_3	III/ B_4	IV/ B_5
	Масса абсолютно-сухого вещества, т/га			
Ствол	293,8	219,9	195,4	134,8
Кора	29,0	25,8	20,0	14,0
Ветви	23,4	20,9	20,0	10,6
Хвоя	5,2	5,3	4,9	4,6
Шишки	0,5	0,4	0,1	0,4
Сучья сухие	2,3	3,5	4,6	4,0
Итого надземная часть	354,2	275,8	245,0	168,4
Корни тоньше 30 мм	29,4	15,2	10,2	4,7
Корни толще 30 мм	22,5	23,4	22,7	20,5
Комель	25,1	28,4	31,4	37,1
Итого подземная часть	77,0	67,0	64,3	62,3
ВСЕГО	431,2	342,8	309,3	230,7

Таблица 39 - Распределение биомассы (%) по различным частям деревьев в столетних сосняках I-IV классов бонитета при полноте 1,0 (по В.В.Ильинскому, 1968)

Части дерева	Класс бонитета		тип леса	
	I/B ₂	II /B ₃	III / B ₄	IV/B ₅
	Процент массы абсолютно-сухого вещества от общего			
Ствол	68,13	64,15	63,16	58,42
Кора	6,74	7,52	6,45	6,08
Ветви	5,42	6,09	6,47	4,58
Хвоя	1,20	1,55	1,58	1,95
Шишки	0,12	0,12	0,05	0,20
Сучья сухие	0,54	1,02	1,49	1,75
Итого надземная часть	82,15	80,45	79 ДО	72,98
Корни тоньше 30 мм	6,82	4,43	3,30	2,05
Корни толще 30 мм	5,22	7,49	7,33	8,87
Комель	5,81	7,63	10,17	16,10
Итого подземная часть	17,85	19,55	20,80	27,02
ВСЕГО	100,00	100,00	100,00	100,00

Нетрудно подсчитать, что за 100-летний период только при образовании стволовой древесины в атмосферу выделено следующее количество кислорода: сосняки I класса бонитета - 410,73 т; II класса - 307,42; III класса - 273,17; IV класса - 188,45 т/га. Поглощено CO₂: сосняки I класса бонитета - 534,72 т; II класса - 400,22; III класса - 355,63 и IV класса - 245,34 т/га. С учетом всей фитомассы это количество возрастает на 32-42 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулыгин, А.А. Лесные культуры [Текст]: учеб. пособие / А.А. Кулыгин; Новочер. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск, 2002. – 142 с.
2. Маркова, И.А. Современные проблемы лесовыращивания (Лесокультурное производство) [Текст]: учеб. пособие для студ., магист. и асп. спец. 250201 – «Лесное хозяйство» /И.А. Маркова. – СПб.: СПбГЛТА, 2008. – 156 с.
3. Маркова И.А. Справочное пособие по лесокультурному делу [Электронный ресурс]: пособие / И.А. Маркова. – Электрон. дан. – М.: Изд-во Профи, 2008. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>. – 23.05.2012.
4. Турчин, Т.Я. Естественные степные дубравы Донского бассейна и их восстановление [Текст] / Т.Я. Турчин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 312 с.
5. Ревяко И.И. Проектирование и создание лесных насаждений [Текст]: учеб. пособие для студ. направления 250100.62 – «Лесное дело» / И.И. Ревяко; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск, 2013. – 167 с.
6. Ревяко И.И. Проектирование и создание лесных насаждений [Электронный вариант]: учеб. пособие для студ. направления 250100.62 – «Лесное дело» / И.И. Ревяко; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Электрон. дан. – Новочеркасск, 2013. – ЖМД; PDF; 4,05 МБ. – Систем. требования: IBM PC. Windows 7. Adobe Acrobat 9. – Загл. с экрана.
7. Чернышов, М.П. Реконструкция малоценных насаждений Северного Кавказа. Концепция, термины и определения [Текст]. /М.П. Чернышов. – Сочи, НИИгорлесэкол – 2001. – 108 с.

Учебное издание

Кружилин Сергей Николаевич

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Учебное пособие
для аспирантов направления «Лесное хозяйство» направленности «Лесные
культуры, селекция, семеноводство

Подписано в печать	Формат 60х84 1/16
Объем уч. изд.	Тираж экз. Заказ

Отдел оперативной полиграфии НИМИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ
346428, г. Новочеркасск, ул.Пушкинская, 111