

КРУЖИЛИН С.Н.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ
И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ
НАСАЖДЕНИЙ**

Практикум



Новочеркасск
2015

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

Кружилин С.Н.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Практикум
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]: практикум 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. – 56 с.

В практикуме рассматриваются практические вопросы современных проблем проектирования и моделирования 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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение	4
1 Искусственное лесное насаждение.....	5
2 Общая оценка климата. Климатические законы роста.....	7
3 Анализ и оценка лесорастительных условий.	11
4 Коэффициент экологического соответствия К.Б. Лосицкого и количественные методы оценки условий местопроизрастания	18
5 Таксационные законы роста и густота лесных культур.....	21
5.1 Анализ теплообеспеченности.....	21
5.2 Таксационные законы роста, и производительности древостоев...	23
5.3 Густота лесных культур и методы её определения.....	24
6 Взаимовлияние древесных пород.....	32
6.1 Межвидовые взаимовлияния древесных пород.....	32
6.2 Корневые системы деревьев в насаждениях.....	35
7 Моделирование лесных насаждений при сплошных и частичных культурах	38
7.1 Оптимальные (эталонные) насаждения.....	38
7.2 Моделирование чистых насаждений различных пород.....	39
7.3 Моделирование лесных насаждений при частичных культурах...	47
8 Моделирование лесных насаждений с применением математических методов	53
Литература	57

ВВЕДЕНИЕ

Искусственные леса - это биологическая система, реально управляемая человеком в нужном для него хозяйственном (целевом) направлении.

Проект искусственного насаждения должен содержать модель будущего насаждения и программу его выращивания.

Модели насаждений разрабатываются для решения проблем лесоведения, лесоустройства, лесного хозяйства, лесной промышленности и других отраслей народного хозяйства.

Модели насаждений, которые проектировались с помощью математических методов, относятся к наиболее простым и, в то же время, это позволяет сформировать достаточно устойчивое и высокопроизводительное насаждение в соответствии с целевым назначением выращивания. Именно поэтому овладение методами проектирования и моделирования насаждений, можно рассматривать как важный этап обучения будущих специалистов лесного хозяйства. При этом преследуется цель - приобретение необходимых навыков и базового мировоззрения для моделирования сложных объектов лесовыращивания.

Дисциплина «Современные проблемы создания и формирования искусственных насаждений» опирается на изученные ранее дисциплины, такие как: дендрология, физиология, лесная селекция, лесоведение, лесоводство, лесные культуры, математика и др.

Главный объект дисциплины - искусственное насаждение, его модель (исходная, промежуточная, конечная), приемы лесовыращивания, повышения устойчивости, долговечности и др.

В процессе выполнения практических работ студент должен научиться проектировать такие лесные насаждения, которые в предполагаемых условиях выращивания будут близки по своим показателям к эталонным насаждениям.

1 ИСКУССТВЕННОЕ ЛЕСНОЕ НАСАЖДЕНИЕ

Цель работы: изучить компоненты искусственного лесного насаждения, вспомнить определение чистых и смешанных лесных культур.

Материалы и оборудование: плакаты, книги лесных культур, ГОСТы.

Лесное насаждение (лесной фитоценоз) представляет собой участок леса, состоящий из древостоя, а также, 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).

Кроме того лесное насаждение может быть чистым или смешанным.

Чистые лесные культуры создают из одной древесной породы, а смешанные - из двух и более. Используемые для создания лесных культур породы подразделяют на главные, которые в последующем образуют верхний полог лесонасаждения, сопутствующие и подпологовые. Сопутствующие породы (теневые, подгонные) способствуют формированию верхнего полога насаждения, создавая благоприятные условия для роста и формирования деревьев главной породы. В качестве подпологовых пород используют кустарники. Они предохраняют почву от иссушения, зарастания сорняками, способствуют улучшению физических свойств почвы, привлечению полезных птиц и т.п.

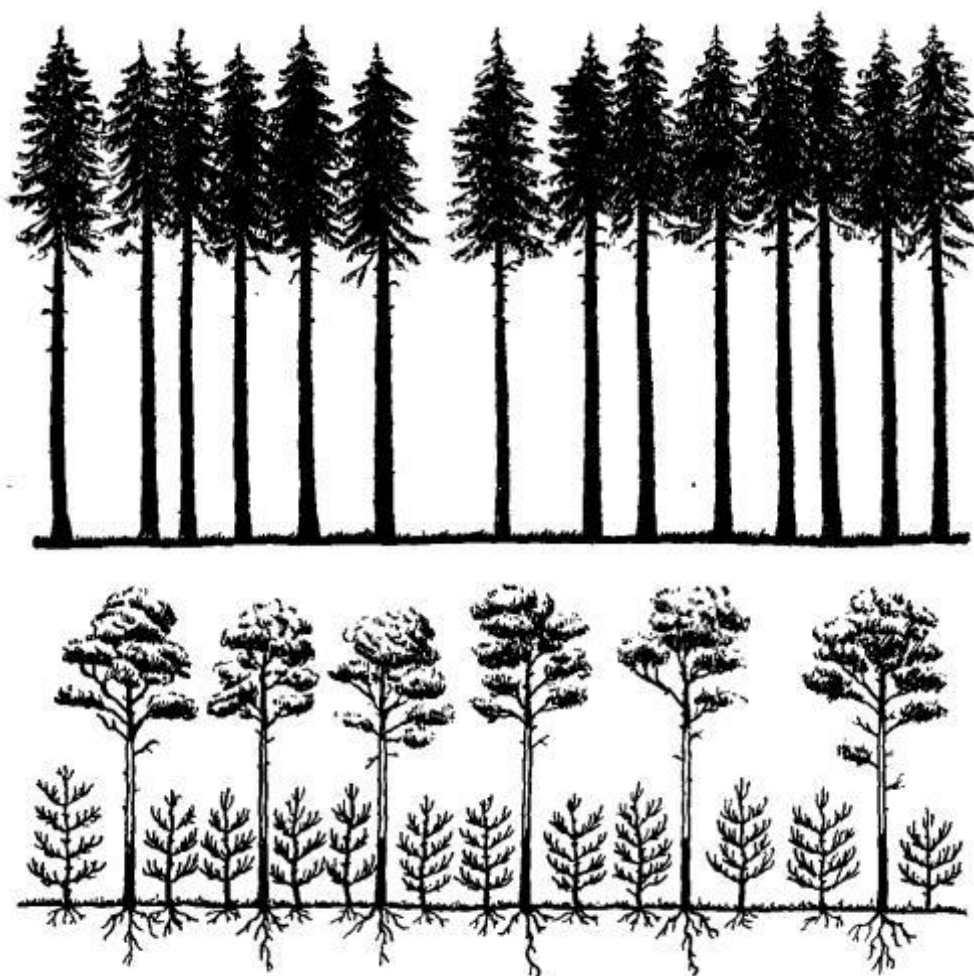


Рисунок 1 – а - чистое одновозрастное насаждение; б – двух-ярусное насаждение

Следует помнить, что при создании смешанных культур хорошие результаты могут быть достигнуты при правильном подборе древесных пород их смешения и их размещения, а также при своевременном проведении рубок ухода, особенно в молодняках.

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, водохраняющих, 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.

Вопросы для проверки:

1. Что такое древостой?
2. Что такое подрост?
3. Что такое подлесок?
4. Что такое живой напочвенный покров?
5. Чем характеризуется древостой?
6. Какие лесные культуры называются сплошными, а какие частичными?
7. Какие лесные культуры называются чистыми, а какие смешанными?
8. Какие функциональные назначения насаждений вы знаете?

2 ОБЩАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТА. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ РОСТА

Цель работы: уяснить, какие основные показатели учитываются при оценке климата в заданном районе. Научиться определять гидротермический коэффициент. Научиться давать общую оценку климата.

Материалы и оборудование: метеорологические справочники, калькуляторы, плакаты.

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 - границе распространения леса, определяемой засушливостью климата. В качестве показателя влажности и засушливости он предложил омброэвапорометрический коррелятор (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.

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 °С, мм;
 $\sum t$ - сумма активных температур за то же время, °С.

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.

В степной и отчасти в лесостепной зонах накопление влаги в почве осуществляют за счет снегозадержания. В малоснежные зимы снегозадержание 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 лжеакации начинается при температуре $-6, -7^{\circ}\text{C}$, каштана конского $-10, -11^{\circ}$, липы крупнолистной при $-13, -14^{\circ}$, клена остролистного -16° , липы мелколистной - при -18° , тополя бальзамического $-19, -20^{\circ}$, березы бородавчатой -19° , лиственницы сибирской -25° и ели обыкновенной - при -33°C (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 прироста насаждений 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.Лосицким и В.С.Чуенковым (1980) установлена следующая закономерность:

на единицу радиационного баланса (1 кДж/см²/год) или на 100°С 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 лесобразующих пород на европейской территории приведены в таблице 2.

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

Порода	На 1 кДж/см ² /год		На 100 °С активных температур	
	по запасу на 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_T полностью согласуется с быстротой роста отдельной древесной породы, то есть со способностью накапливать фитомассу в определенном количестве в единицу времени.

Вопросы для проверки:

1. Что такое омбровапорометрический коррелятор?
2. Что такое гидротермический коэффициент?
3. Какие зоны увлажнения, в зависимости от ГТК вы знаете?
4. Общая оценка климата включает...?
5. Что характеризуется характеризуется индексом CVP ;
6. Что называется показателем потенциальной продуктивности (P_T).

3 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

Цель работы: Оценка почв. Бонитет почв как показатель условий местопроизрастания, типы леса (типы условий местопроизрастания).

Материалы и оборудование: рисунки почвенных разрезов, таблицы, плакаты.

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, потенциального 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.

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 смывости 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.

Поправочные коэффициенты на степень смывости 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.

Таблица 2 - 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

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 3).

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 3 - Зависимость между высотой сосновых насаждений и уровнем грунтовых вод

Глубина грунтовых вод, см	Число проб	Высота сосны, м (<i>M</i>)	$\pm m_m$	$\pm V, \%$	$\pm P, \%$	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 лимитирующего 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.

Кроме того на производительность насаждений влияют типы леса (типы условий местопроизрастания).

Акад. 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, эдатоны) по признаку трофности (богатства почв) и степени увлажнения (таблица 4).

Все многообразие условий местопроизрастания подразделяется на 24 типа. При выделении типов учитывают совокупность признаков, из которых основными являются видовой состав растительности и ее про-

изводительность или рост. В качестве вспомогательных признаков используют морфологическое строение, гранулометрический и химический состав почв, топографическое положение участка, уровень грунтовых вод и др.

Таблица 4 - 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

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-поемные и краткопоемные, применительно к которым выделены типы леса.

Типология искусственных лесов степной зоны строится А.Л.Бельгардом (1971) с учетом типов местоположения (поемные, аренные и плакорные). Поемные 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.).

Вопросы для проверки:

1. Что влияет на рост насаждений?
2. Какие показатели учитываются при оценке почв?
3. На какую глубину проникают корни растений в почве?
4. Как влияет бонитировка почв на продуктивность (бонитет) насаждений?
5. Тип леса по В.Н.Сукачеву.
6. Эдафическая сетка Алексеева-Погребняка.
7. Типология А.Л.Бельгарда.

4 КОЭФФИЦИЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ К.Б.ЛОСИЦКОГО И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ

Цель работы: определить коэффициент экологического соответствия и изучить количественные методы оценки условий местопроизрастания

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы хода роста основных лесообразующих пород, калькуляторы.

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 иного географического района. Наивысший запас принимается за единицу, для всех других почвенных условий $K_{эс}$ 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 $K_{эс} = 0,80$. 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

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

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 $K_{эс}$ для сосны имеет следующий ряд:

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

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 снытиевый на дерново-подзолистых, суглинистых, влажных почвах - $1126 \text{ м}^3/\text{га}$ ($K_{эс} = 1,00$). В ельнике черничном на дерново-подзолистых супесчаных оглеенных влажных почвах $K_{эс}$ для ели равен 0,56. В этом случае запас еловых насаждений в возрасте спелости составит $630 \text{ м}^3/\text{га}$ ($1126 \text{ м}^3 \times 0,56 = 630 \text{ м}^3$).

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 ит.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.

Таблица 5 - 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 ^{''} (сода)	Недостаточное	0,005	0,005-0,001	0,01
	Умеренное	0,01	0,01-0,02	0,02
	Повышенное	0,02	0,02-0,04	0,04
Cl ['] (хлориды)	Недостаточное	0,01	0,01-0,03	0,03
	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

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^{2-} , CO_3^{2-} , таблица 5).

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.

Вопросы для проверки:

1. Коэффициент экологического соответствия – определение.
2. Как можно прогнозировать продуктивность проектируемых лесных насаждений.
3. Приведите примеры оценки условий местопроизрастания (перечислите известные вам типологии).
4. Какие древесные породы относят к солевыносливым?
5. Какие элементы питания растений можно измерить количественно?

5 ТАКСАЦИОННЫЕ ЗАКОНЫ РОСТА, И ГУСТОТА ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

Цель работы: анализ изменений теплообеспеченности, таксационные законы роста, и производительности древостоев в зависимости от густоты и площади произрастания древесных растений

Материалы и оборудование: климатографические справочники, таксационные описания, таблицы хода роста.

5.1 Анализ теплообеспеченности

Анализ теплообеспеченности 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 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 °C 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.

5.2 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 одновозрастные 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.Загребев, 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.

5.3 Густота лесных культур и методы её определения

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

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 хвои достигает 13 га.

Наибольший средний прирост древесины и всей фитомассы лесные насаждения имеют при фотосинтезирующей поверхности листьев (хвои) 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 м² : 30 м² = 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 широкое применение, так как в основе его лежит максимальное использование солнечных лучей фотосинтезирующей поверхностью листьев.

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:

$$Y = 73,249 - \frac{24,769}{x} \quad (\eta = 0,979)$$

где Y - критическое расстояние между кронами деревьев, см;

x – высота деревьев, м (0,5-5,0 м).

В таблице 6 приведены данные, характеризующие оптимальное количество деревьев ели в зависимости от их высоты (для молодняков с высотой 0,5-5,0 м).

Таблица 6 – Оптимальное количество деревьев в еловых молодняках в зависимости от их средней высоты (по Л.Кайрюкштису 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).

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.Светлищев, Н.С.Зюзь и др.) для песчаных территорий.

Основной расход воды древесными растениями осуществляется в процессе транспирации, а последняя зависит от массы листьев (хвои), приходя-

щейся 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 влаги, 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; 30 лет - 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 7).

Таблица 7 - 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 – В ₂ (I класс бонитета)	13,4	5,2
Сосняк-долгомошник - В ₃ (II класс бонитета)	13,0	5,3
Сосняк травянисто-болотный – В ₄ (III класс бонитета)	11,1	4,9
Сосняк сфагновый - А ₅ (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 8

Таблица 8 - 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), $м^2$;

$Ос$ - величина годовых осадков, мм;

$ТК$ - транспирационный коэффициент (годовой расход влаги), $м^3$, 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.

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:

$$S_{onm} = \frac{m * Sn}{Vo},$$

где S_{onm} - оптимальная площадь произрастания (питания), $м^2$;

m - объем расчетного дерева, $дм^3$;

V_o - общая продуктивность участка (определяется по объемам деревьев), дм^3 ;

S_n - площадь пробного участка, м^2 .

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

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

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).

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 1).

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.

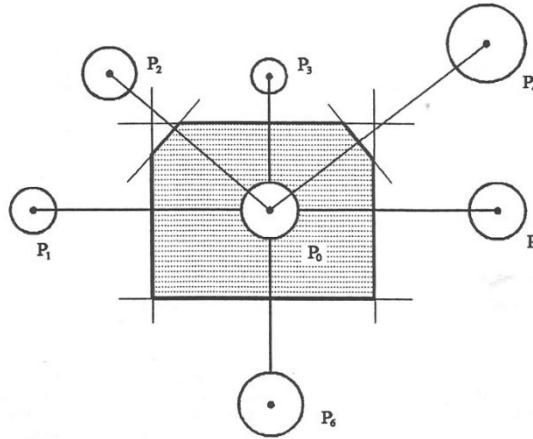


Рисунок 2 - Размещение деревьев на площади в лесном насаждении

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 м², 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 деревьев 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).

Вопросы для проверки:

1. Что включает анализ теплообеспеченности?
2. При оценке климата пользуются многолетними данными – за сколько лет?
3. Как осуществляют оценку теплообеспеченности?
4. Для степных лесов неблагоприятными природными явлениями считаются ...?
5. Хронодендроклиматология – чем занимается эта наука?
6. Закон Эйхгорна-Герхардта.
7. Закон А.В.Тюрина.
8. Закон Ассмана Аллометрический закон роста.
9. Определение густоты по фотосинтезирующей поверхности листьев.
10. Метод определения оптимальной густоты молодых насаждений ели по горизонтальной проекции крон и критическому расстоянию между кронами.
11. Воднобалансовый метод определения густоты насаждения и площади произрастания деревьев.
12. Метод определения площади произрастания (питания) и густоты по продуктивности деревьев.
13. Площадь произрастания (роста) дерева и способы ее определения.

6 ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Цель работы: научиться определять оптимальный состав древесных пород для создания искусственного насаждения с учетом взаимодействия древесных пород.

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы пород активаторов и ингибиторов.

6.1 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 - трансабиотические 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 9 - Аллелопатические группы древесных растений (по М.В.Колесниченко, 1976)

Главная порода (акцептор)	Доноры фитонцидов	
	Активаторы	Ингибиторы
Дуб черешчатый	Гледичия обыкновенная, жимолость татарская, клен остролистный, полевой татарский, лещина обыкновенная, липа мелколистная, орех грецкий, свидина кровавокрасная	Робиния лжеакация, береза повислая, вяз обыкновенный, вяз приземистый, клен ясенелистный, осина, сосна обыкновенная, скумпия, тополь канадский, ясень обыкновен., пушистый
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 взаимодействий между главными и сопутствующими породами (таблица 10).

Таблица 10 - Схема биохимических взаимодействий

Порода	Варианты возможных биохимических взаимодействий								
	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 взаимодействия древесных растений при их смешении (комплексное взаимодействие), 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 11).

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 11- 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.

6.2 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 (p) 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;
 $P_1; P_2 - Pa$ - 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.

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:

$$K_v = \frac{V_{\text{общ}}}{10000hn}$$

- потенциальный коэффициент обеспеченности

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

Важным показателем при характеристике корневых систем является степень корненошенности 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 корненошенности 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.

Вопросы для проверки:

1. Как изменяются взаимовлияния древесных пород с возрастом?

2. Разнообразие взаимосвязей растений по акад. В.Н.Сукачеву.
3. По характеру влияния различают породы-активаторы и породы-ингибиторы, дайте определение этих пород и приведите примеры.
4. Роль корневого питания во взаимоотношениях растений в смешанных культурах.
5. Как определяется площадь питания дерева назовите различные способы.
6. Почвоскрепляющая способность древесных пород.
7. Ярусность корневых систем в лесном насаждении.

7 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ СПЛОШНЫХ И ЧАСТИЧНЫХ КУЛЬТУРАХ

Цель работы: ознакомиться с особенностями моделирования чистых и смешанных насаждений при сплошных и частичных лесных культурах.

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы хода роста основных лесообразующих пород, калькуляторы.

7.1 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 условий 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.

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.

7.2 Моделирование чистых насаждений различных пород

Сосна обыкновенная - главная порода для выращивания искусственных лесных насаждений в боровых и субборовых 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 (A_2) - второго и первого классов бонитета. В качестве оптимального насаждения сосны в свежих борах может быть взято насаждение I класса бонитета с высокой продуктивностью (таблица 12).

Таблица хода роста может рассматриваться как численная модель для программированного выращивания чистых сосновых насаждений в типе условий местопроизрастания A_2 степной зоны.

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.

Таблица 12 - Ход роста насаждений сосны степной зоны в типе условий местопроизрастания А₂. Класс бонитета I (по В.А.Бугаеву и Ю.З.Папеж, 1989)

Возраст, лет	Ср.высота, м	Ср.диаметр, см	Сумма площ.сеч., м ²	Число ств. на 1 га, шт	Видовое число	Запас ств. древ., 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

Ель. 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 13). Таблица может служить программой при выращивании ели в указанных типах леса.

Таблица 13 - 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
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

Береза и осина. Литовскими лесоводами 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 14 и 15).

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 14 - 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.

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 %.

Таблица 15 - Оптимальные таксационные показатели осиновых насаждений (по Л.А. Кайржштису 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	П,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

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.Кайрюкштис и А.И.Юодвалькис (1979) выражали не через площадь питания, а через площадь горизонтальной

проекция 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.

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). 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 16).

Таблица 16 - 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 ствол	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

Чистые насаждения *дуба черешчатого* проектируют редко, в крайне неблагоприятных лесорастительных условиях, чтобы избежать нежелательной межвидовой борьбы, которая имеет место в смешанных на-

саждениях. Цель лесовыращивания - создание чистого, одновозрастного, однорусного 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 17).

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.

Таблица 17 - 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

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

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	6	7	7
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

Смешанные насаждения дуба черешчатого создают на достаточно плодородных свежих и влажных почвах (типы условий местопроизрастания Дг-Дз, Сг-Сз). 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 годовичного роста, поглощения влаги и минеральных питательных веществ не совпадают с ритмами дуба.

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 яшень 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 %.

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.

Дубово-липовые насаждения. 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.

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 75 лет - 90% (9Д1Лп).

Большее или меньшее участие дуба в составе насаждения в указанных возрастах заметно снижало запас насаждения.

Дубово-грабовые насаждения. 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.

Таблица 18 - Программа формирования оптимальных дубово-грабовых искусственных насаждений. Тип леса - свежая грабовая дубрава

Возраст, лет	Порода	Долевое участие,	Сумма площ. сеч.,	Число ств. на 1 га, шт	Высота, м	Диаметр, см
--------------	--------	------------------	-------------------	------------------------	-----------	-------------

		%	м ² /га			
1	2	3	4	5	6	7
10	Дуб	57	1,7	2061	3,2	3,3
	Граб	43	1,3	3588	3,4	2,1

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7
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

В.И. Рябченко (1987) для условий Подолии (Украина) разработал основные лесокультурные и лесоводственно-таксационные нормативы формирования оптимальных дубово-грабовых насаждений (таблица 18).

7.3 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.

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 рубке, могут служить программой при формировании таких насаждений.

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 З-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 раскорчевке (3-4 м).

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.).

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 целесообразным, 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).

Моделирование при реконструкции изреженных насаждений. Реконструкцию изреженных насаждений (с полнотой 0,4-0,3 и ниже) часто проводят методом создания подпологовых культур. По частично подготовленной почве (полосами, бороздами, площадками и др.) производят посадку теневыносливых древесных пород - ели, пихты, клена остро-листного, 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 местопроизрастания 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 посадки для липы 12 тыс. шт. на I га. Тогда на 0,58 га (5840 м²) необходимо высадить:

$$\begin{aligned} \text{I га} & - 12000 \text{ шт}, \\ 0,58 \text{ га} & - x \end{aligned} \quad x = 6960 \text{ шт/га}$$

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.

Вопросы для проверки:

1. Какие насаждения называются оптимальными или эталонными?
2. Выбор оптимальных насаждений в зависимости от целевого направления выращивания
3. Подбор пород для насаждения выращиваемого с целью получения древесины.
4. Состав древесных пород для защитных насаждений.
5. Состав древесных пород в лесах, несущих рекреационные нагрузки.
6. Что такое густота?
7. Моделирование чистых насаждений сосны обыкновенной.
8. Моделирование чистых насаждений ели.
9. Моделирование чистых насаждений тополя канадского.
10. Моделирование чистых насаждений березы и осины.
11. Моделирование смешанных дубово-липовых насаждений.
12. Моделирование смешанных дубово-грабовых насаждений.
13. Моделирование лесных насаждений при частичных культурах.
14. Моделирование лесных насаждений на вырубках с недостаточным по количеству или неудовлетворительным по составу возобновлением пород.
15. Моделирование лесных насаждений при реконструкции малоценных молодняков.

16. Моделирование при реконструкции изреженных насаждений.

8 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Цель работы: ознакомиться и уяснить основные методы математического моделирования искусственных лесных насаждений.

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы хода роста основных лесообразующих пород, калькуляторы.

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, минеральных 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.

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 $k_m = 2,0$

$$T = - \frac{A \ln 2}{\ln \left(1 - \sqrt{\frac{M}{E}} \right)},$$

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

$$N_t = N_a \exp[-(a + b N_a) \cdot t],$$

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. На рисунке 4 показано изменение текущего среднего периодического прироста по запасу в зависимости от состава насаждений.

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 Δ_k при составе 7ДЗЕ-9Д1Е равнялся в среднем 4,0-4,5, в то время, как для дубово-еловых и лиственно-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 19 приведены уравнения регрессии, характеризующие связь между участием дуба и ели в древостое и средним периодическим текущим приростом по запасу.

Таблица 19- 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).

Вопросы для проверки:

1. Какова главная задача математического моделирования искусственного насаждения?
2. Какие показатели насаждения можно смоделировать при помощи математических методов?
3. При математическом моделировании хода роста используют самые разнообразные уравнения - какие?
4. Какой критерий был принят для оценки оптимального состава насаждения, как он обозначается?

Литература

1. Антоникова Л.А. Проектирование и моделирование искусственных лесных насаждений [Текст]: учеб. пособие для студентов спец. 250201 – «Лесн. хоз-во» и направ. 250100.62 – «Лесное дело» / Л.А. Антоникова, С.Н. Кружилин; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск, 2013. – 158 с.
2. Антоникова Л.А. Проектирование и моделирование искусственных лесных насаждений [Электронный вариант]: учеб. пособие для студентов спец. 250201 – «Лесн. хоз-во» и направ. 250100.62 – «Лесное дело» / Л.А. Антоникова, С.Н. Кружилин; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Электрон. дан. – Новочеркасск, 2013. – ЖМД; PDF; 3,8 МБ. – Систем.
3. Кулыгин, А.А. Лесные культуры [Текст]: учеб. пособие / А.А. Кулыгин. – Новочер. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск, 2002. – 142 с.
4. 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.
5. 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.
6. Турчин, Т.Я. Естественные степные дубравы Донского бассейна и их восстановление [Текст]. – М. : ВНИИЛМ, 2004. – 312 с.
7. 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., каф. ЛК и ЛПХ. – Новочеркасск, 2013. – 167 с.
8. 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.
9. 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

Практикум

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

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16

Объем уч. изд.

Тираж

экз.

Заказ

Отдел оперативной полиграфии НИМИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ
346428, г. Новочеркасск, ул.Пушкинская, 111