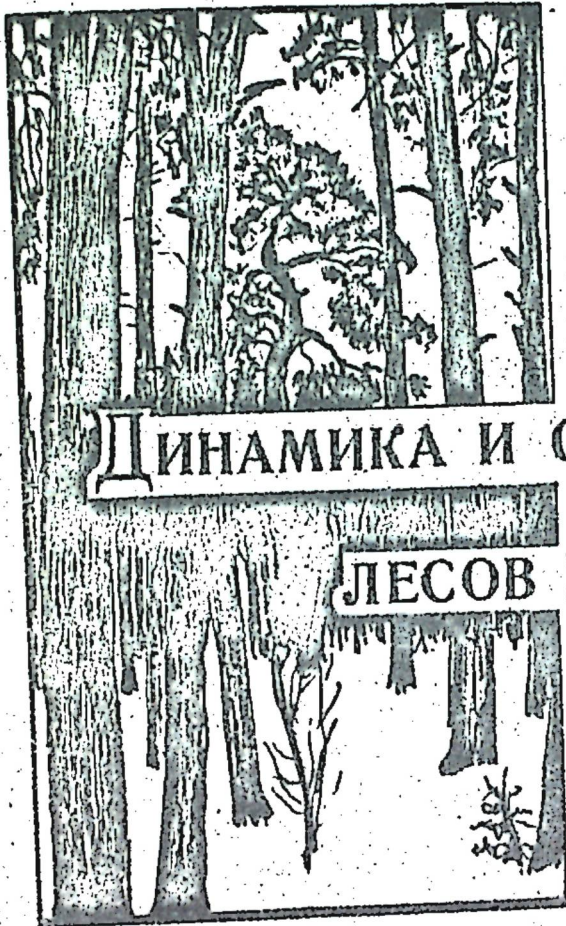


П-161

77

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

С



77

ДИНАМИКА И СТРОЕНИЕ

ЛЕСОВ НА УРАЛЕ

СВЕРДЛОВСК
1970

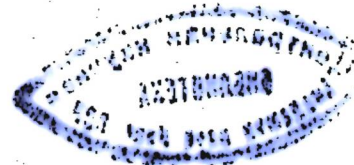
Академия наук СССР
Уральский филиал

Вып. 77 Труды Института экологии растений и животных 1970

УДК 634.92

ДИНАМИКА
И СТРОЕНИЕ ЛЕСОВ НА УРАЛЕ

Свердловск
1970



Академия наук СССР
Уральский филиал

Вып. 77

Труды Института зоологии, систематики и анатомии животных

1970

ЖМК 534.32

И. И. Е. А. И. И. А.
ВНЕШНИЙ СЕКТОР НА УРАЛЕ

Свердловск
1970



634.9(c1)

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Уральского филиала АН СССР

Ответственный редактор
доктор биол. наук проф. Б.П. Колесников



П78848

Академия наук СССР
Уральский филиал

Вып. 77 Труды Института экологии растений и животных 1970

Е. П. Смолоногов

К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМНОХВОЙНО-КЕДРОВЫХ ЛЕСОВ УРАЛА И ЗАУРАЛЬЯ

Темнохвойно-кедровые леса (кедровники) Урала, а также прилегающей части Западно-Сибирской равнины - широко распространенная лесная формация. По статистическим сведениям, они занимают 12,6% площади лесов этой территории (Свердловская и Тюменская области).

Темнохвойно-кедровые леса в соответствующих лесорастительных условиях - устойчивая лесная формация сибирской тайги. Для нее характерно участие в древостое нескольких видов темнохвойных пород (кедр, ель, пихта), из которых кедр обладает наибольшей продолжительностью жизни и в процессе возрастного развития на стадиях спелости или близких к ней получает в древостое преобладание. Другая особенность заключается в обязательном участии мелкоколичественных пород (береза, осина), абсолютно преобладающих в сложении древостоев на ранних фазах восстановительных смен.

Близкое сходство процессов возрастной динамики, морфоструктуры и строения урало-сибирских темнохвойно-кедровых лесов, смешанных хвойно-широколиственных лесов Предуралья, елово-кедровых лесов Приамурья и Северного Приморья дало возможность высказать предположение о необходимости выделения перечисленных

лесов в особый класс лесных формаций – класс смешанных таежных лесов (Б.П. Колесников и Е.П. Смолоногов).

Среди других лесных формаций таежных лесов темнохвойно-кедровые леса на Урале и в Западной Сибири наиболее сложны по составу, строению, структуре и процессам возрастной и восстановительной динамики. Для них характерны специфичные природные биоценотические свойства и связи, определяющие значительный теоретический интерес для биологической науки, поскольку познание сложной организационной структуры и разного рода динамики лесных сообществ расширяет наши представления о динамике и формах организации биологических систем в процессе непрерывно идущего обмена вещества и энергии в биосфере земли. Вместе с тем, эти сложные биоценотические связи определяют исключительно высокое народнохозяйственное значение кедровников.

В последние годы интерес к изучению темнохвойно-кедровых лесов Урала, Сибири и Дальнего Востока заметно возрос, что обусловлено рядом правительственных постановлений по лесному хозяйству, которые обязывают более интенсивно организовать комплексное использование кедровой тайги.

Наиболее крупные исследования проведены коллективом Института леса и древесины СО АН СССР в Восточной Сибири (Г.П. Мотовилов, В.Ф. Лебков, И.В. Семечкин, И.М. Дербатов, И.П. Поликарпов и Д.И. Назимова, В.В. Протопопов, А.Г. Крылов, Ю.С. Чередникова, Т.С. Кузнецова, И.Ф. Новосельцева и А.И. Уткин и многие другие). На Урале и в Западной Сибири исследования носили несколько более частный характер (Н.А. Луганский, С.А. Зубов, А.В. Хохрин, Н.К. Таланцев, И.И. Куликов, Г.П. Некрасова и др.). Однако "проблема кедровника" остается далеко не решенной.

Объясняется это, по-видимому, тем, что не во всех районах проведены комплексные исследования, а если и проведены, как например в Восточной Сибири (Институт леса и древесины СО АН СССР), то еще далеко не полно выявлены наиболее важные биологические закономерности динамики смешанных лесных сообществ в зависимости от условий окружающей среды, пространственного размещения и распространения, а также от истории возникновения,

форм строения и структуры сообществ. В полной мере не раскрыта сущность современного этапа лесообразовательного процесса в кедровниках разных районов, соответственно остались невыявленными возможные формы хозяйственного воздействия в целях использования многообразных полезных качеств кедровников и повышения их продуктивности.

Решение "проблемы кедровника" зависит от глубины изученности трех главнейших, но менее проблематичных, биологически связанных вопросов: 1) типологической классификации; 2) различного рода форм динамики; 3) биологических закономерностей строения лесных сообществ на различных стадиях их онтогенеза.

Типологическая классификация темнохвойно-кедровых лесов

Многообразие и сложность организационной структуры лесных сообществ темнохвойно-кедровых лесов в значительной мере обусловлены экологической пластичностью и широким ареалом кедровника как главной лесообразующей породы, способной произрастать в крайне разнообразных условиях местопроизрастания (от избыточно влажных верховых сфагновых или низинных топяных болот в поймах рек до суровых условий высокогорий или предлесотундровых лесов); разнородностью биолого-экологических свойств сопутствующих кедровым древесным породам, границы распространения которых часто не совпадают с ареалом кедровника; разной продолжительностью жизни всех древесных пород, слагающих древостой; неспособностью кедровника заселять открытые площади вырубок и гарей и образовывать сомкнутые молодняки без участия сопутствующих пород (если такие случаи и наблюдаются в природе, то они не типичны и обусловлены специфическим влиянием в каждом случае разных факторов), наоборот, для кедровника характерно возобновление вместе с сопутствующими породами или под их смыкающимся пологом, а также под пологом взрослых материнских древостоев.

В соответствии с изложенным, классификация темнохвойно-кедровых лесов Урала и Западной Сибири должна быть прежде всего региональной, к тому же они должны быть генетико-динами-

ческими, т.е. отражать изменчивость лесных сообществ вслед за изменением лесорастительных условий не только в пространстве, но и во времени, в зависимости от истории возникновения и формирования. Принципы такой классификации сформулированы еще Б.А.Ивашевичем (1927, 1933), но наиболее четко обоснованы Б.П.Колесниковым (1956, 1958а, 1958б, 1961), затем они удачно использованы в различных районах Дальнего Востока (В.А.Розенберг, Н.Г.Васильев, Ю.И.Манько, Н.А.Попов), в Восточной Сибири (Л.В.Долов), Казахстане (Л.Н.Грибанов), на Урале (Э.И.Фильрозе, Р.С.Зубарева). Эти принципы подтверждены также И.С.Мелеховым (1968) в его динамической типологии лесов.

В соответствии с генетической классификацией тип леса является основной единицей лесной типологии и рассматривается как определенный этап общего лесообразовательного процесса, характеризующийся в разных лесорастительных условиях определенным типом динамики всех компонентов лесного сообщества. Поскольку главным, эдификаторным компонентом лесного сообщества является древостой, то продолжительность этапа лесообразовательного процесса ограничивается во времени не менее чем продолжительностью жизни древостоя одного поколения основных лесобразующих пород. Таким образом, тип леса, занимая тот или иной участок земной поверхности (координаты пространства), обладающей соответствующим лесорастительным эффектом (тип лесорастительных условий), должен обязательно характеризоваться определенным типом динамики древостоя (координаты времени). Следовательно, динамика древостоя, ее тип, так же как тип лесорастительных условий, приобретает значение важного диагностического признака типа леса, характеризуемого по совокупности участков леса, имеющих однородные лесорастительные условия и одинаковый тип динамики биогенотических связей в процессе роста и развития главного биологического компонента лесного сообщества - древостоя.

Динамика лесных сообществ темнохвойно-кедровых лесов

Как и всякое явление природы, динамика древостоев характеризуется стадийностью, т.е. вполне определенным, последова-

тельным чередованием качественно различающихся возрастных стадий древостоев от начала их возникновения до окончательного распада. Именно различия в количестве и продолжительности стадий, в особенностях морфоструктуры, строения, роста и состава древостоя на каждой стадии определяют в полной мере природную специфику того или иного типа леса. Древостой любого насаждения не может характеризовать древостой типа леса в целом, он может характеризовать только фрагмент, или стадию общей динамики. Поэтому в генетической классификации в качестве нижней классификационной единицы, соответствующей каждой стадии общей динамики всех компонентов леса, в том числе и главного компонента - древостоя, должен выделяться тип насаждения.

Исследования 1960-1967 гг. показали, что тип динамики древостоев во времени и пространстве тесно связан с историей возникновения насаждений. Эти связи многообразны, и на начальных стадиях образования или восстановления лесных сообществ характер изменчивости значительно варьирует. Постепенно флюктуация сглаживается и более или менее четко вырисовываются четыре типа динамики.

1. Лесовосстановление после сплошных пожаров, полностью разрушивших древостой на больших площадях. Процесс начинается заново. Наиболее типично сначала возобновление лиственных пород (береза, осина) или с примесью светлохвойных (сосна, лиственница), затем появление под пологом лиственных молодняков темнохвойных пород и кедра, амплитуда возраста деревьев которых колеблется в пределах 30-60 лет, в худших лесорастительных условиях доходит до 120 лет. Для динамики характерен ряд стадий, общей продолжительностью в 150-200 лет, прежде чем установится динамика древостоя, близкая к типичной исходного типа леса.

2. Лесовосстановление после сплошных рубок большими площадями, когда древостой вырубается полностью, за исключением специально оставляемых обсеменителей или случайных недорубов. В ряде случаев сохраняется подрост предварительного возобновления. Лесовосстановление на первых порах происходит также за

счет лиственных пород, но довольно часто, наряду с примесью светлохвойных пород, бывает примесь темнохвойных пород и кедра. Общий цикл восстановления прежнего или близкого к нему типа динамики древостоев такой же, как в первом случае, или несколько короче. Возрастная амплитуда новых поколений темнохвойных пород и кедра колеблется в пределах 30-60 лет, очень часто встречаются группы деревьев с возрастом на 40-80 лет старше основного поколения.

3. Лесовосстановление после выборочных, группово-выборочных рубок или после ветровалов и слабых пожаров, лишь частично разрушающих древостой. Для этого типа динамики характерны пространственная изменчивость, фрагментарность и куртинность древостоев. В этом случае нормальный ход динамики нарушается; обычно ускоряется распад части древостоя и формирование новых поколений. Структура древостоя ступенчато- или куртинно-разновозрастная, с общей амплитудой до 180-200 лет.

4. Появление молодых поколений под пологом старших и особенно интенсивно в периоды их естественного распада. Это наиболее типичная схема динамики без воздействия разрушительных факторов (колесников, Смолоногов, 1960), характерная для насаждений, не испытавших воздействия крупных пожаров по крайней мере в течение последних 300-350 лет. В процессе динамики формируются разновозрастные древостои.

Большинство темнохвойно-кедровых насаждений таежных лесов Урала и прилегающей части Западной Сибири находится на тех или иных стадиях послепожарной динамики. Четвертый тип наиболее характерен для участков "девственного леса", встречающихся преимущественно лишь в межгорных депрессиях Уральско-го хребта или небольшими участками среди болотных массивов.

Каждому типу динамики лесовосстановления свойственна стадийность. В первых двух случаях стадии характеризуют процесс восстановления прежней типичной динамики, в последних - обычную возрастную. Поскольку существует непосредственная связь между изменчивостью лесных сообществ во времени и их организационной структурой, то каждой стадии возрастной или восста-

новительной динамики соответствует вполне определенные морфоструктурные особенности. Отсюда основной задачей изучения динамики лесных сообществ является не только выявление биологической сущности возрастных или восстановительных стадий, их продолжительности, но и выявление морфоструктурных признаков древостоев на тех или иных стадиях, в совокупности образующих динамические естественно-генетические ряды развития. Последние объединяют древостой разного возраста, но статистически репрезентативные по комплексу таксационно-лесобиологических показателей, произрастающие в одинаковых лесорастительных условиях.

Морфоструктура и строение лесных сообществ

Под морфоструктурой лесных сообществ понимается характер их пространственной, морфологической дифференциации (вертикальная, горизонтальная). Соответствующие морфоструктурные показатели могут быть получены и по всем компонентам сообществ. К этой категории следует отнести также количественные соотношения и возрастную изменчивость (возрастная структура) биологических компонентов. Под строением лесных сообществ понимается характер и закономерности соотношений в размерах отдельных биологических объектов, образующих в совокупности биокомпоненты (в том числе древостой), части или лесные сообщества в целом.

Между показателями структуры и строения несомненно существует связь, поэтому любые структурные изменения должны вызывать изменения и в строении, однако интенсивность их может быть разной. Каждая стадия возрастной или восстановительной динамики древостоев характеризуется определенными формами взаимоотношений между биологическими компонентами лесных сообществ и условиями среды. Это, в свою очередь, обуславливает определенные формы организационной структуры, обеспечивающей устойчивость всей биологической системы и ее закономерных изменений во времени. Поэтому изучение морфоструктуры и строения лесных сообществ, взятых в статике, на каждой стадии развития является необходимой предпосылкой для выявления не только динамики, но и характера взаимоотношений между биокомпонентами.

Как статика, так и динамика главного компонента лесных сообществ - древостоев изучается давно. Однако в сущности все исследования были подчинены выявлению статичности или динамики таксационных показателей древостоев; необходимых главным образом для организации правильного учета и использования лесосырьевых ресурсов. В лесотипологических исследованиях вопросам морфоструктуры и строения уделяется мало внимания. При описаниях типов леса в большинстве случаев дается обычная таксационная характеристика древостоев, иногда делаются указания на возрастную структуру, динамику составов, иллюстрируются графики роста отдельных деревьев по диаметру и высоте, приводятся ряды распределения деревьев по ступеням толщины. Все это, конечно, не раскрывает в полной мере характер морфоструктуры и строения, а главное, не дает математической индексации, позволяющей выразить и сравнить специфику разных древостоев в количественных показателях.

Методические основы изучения морфоструктуры и строения в лесной типологии еще слабо разработаны, а классические способы лесной таксации не всегда пригодны, поскольку задачи таксации и лесной типологии неодинаковы. Лесная таксация занимается разработкой способов наиболее точной оценки массового разнородного материала, отсюда ее основой является теория средних величин, синтез, обобщение, выявление единичных закономерностей и эталонов, наиболее типичных для всей совокупности объектов таксации. Задача лесной типологии заключается, наоборот, в выявлении специфики каждого объекта и его отличия от других. Отсюда методы исследования должны быть более совершенны. Одной теории средних величин здесь уже недостаточно. Нужны новые теоретические поиски, применение при анализах множественной корреляции, выявление серии математических показателей и их варьирования в статике и динамике, которые определяют степень однородности морфоструктур и строения в пространстве и во времени. Нужны также показатели, отражающие формы связи морфоструктур и строения древостоев с условиями среды в зависимости от состава лесобразующих пород и позволяющие математически выразить межвидовые взаимоотношения древесных пород и других био-

компонентов лесных сообществ. Выявление биологических закономерностей в морфологической структуре и в строении древостоев - главного компонента лесных сообществ - позволит в известном приближении определить оптимальные соотношения между разными компонентами биокомплекса, место каждого из них в сложении сообщества и роль в процессах использования термоэнергетических ресурсов и накопления органического вещества.

Изучение отмеченных выше вопросов позволит прежде всего четко определить границы во времени отдельных стадий динамики типа леса, выявить комплекс признаков, характеризующих тип насаждения, наметить систему целесообразных хозяйственных мероприятий (участок насаждения - объект ведения хозяйства), повышающих устойчивость, усиление полезных для народного хозяйства качеств насаждений, а также определить нормы возможного вмешательства человека на отдельных стадиях жизни насаждений. Вместе с тем это позволит разработать типологическую классификацию, действительно учитывающую многообразные формы проявления динамики лесных сообществ во времени.

Изложенные принципиальные положения не претендуют на полное решение всех биологических вопросов "проблемы кедра", однако она создает основу для дальнейших более глубоких исследований.

Л и т е р а т у р а

- И в а ш к е в и ч Б.А. Типы лесов Приморья и их экономическое значение. - Производительные силы Дальнего Востока, т. III (растительный мир). Хабаровск-Владивосток, 1927.
- И в а ш к е в и ч Б.А. Дальневосточные леса и их промышленное будущее. Хабаровск, Дальневост. кн. изд-во, 1933.
- К о л е с н и к о в Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. - Труды Дальневост. фил. АН СССР, 1956, т.2 (4).
- К о л е с н и к о в Б.П. Состояние советской лесной типологии и проблемы генетической классификации типов леса. - Изв. Сиб.отд. АН СССР, 1958а, № 2.

К о л е с н и к о в Б. П. О генетической классификации типов леса и задачах лесной типологии в восточных районах СССР. - Изв. Сиб. отд. АН СССР, 1958б, № 4.

К о л е с н и к о в Б. П. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале. - Вопросы классификации растительности. Труды Ин-та биологии УФАИ СССР, 1961, вып. 27.

К о л е с н и к о в Б. П., С м о л о н о в Е. П. Некоторые закономерности возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауральяского Приобья. - Труды по лесному хозяйству Сибири, вып. 6. Новосибирск, Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1960.

М е л е х о в И. С. Динамическая типология леса. - Лесное х-во, 1968, № 3.

Е. П. Смолоногов

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ СТРОЕНИЯ
ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ДРЕВОСТОЕВ

В современном лесоведении и таксации широко используются установленные ранее закономерности в строении простых разновозрастных древостоев (Гейер, 1852; Вейзе, 1880; Биффель, 1903, 1904¹; Третьяков, 1927, 1937; Турин, 1927, 1931; Кищенко, 1926 и др.).

Основной закономерностью считается постоянство рядов распределения деревьев по ступеням толщины или ступеням других таксационных признаков, математически приближающихся к кривой нормального распределения. Эта закономерность послужила теоретической базой для разработки способов таксации леса, для обоснования понятия "древостой элемента леса" (Третьяков, 1927), используется она во всех исследованиях, связанных с биометрическими измерениями древостоев.

Однако, как свидетельствуют многочисленные исследования последних лет, в естественных природных лесах и в лесных культурах вследствие влияния разнообразных факторов наблюдается значительное варьирование характера и параметров кривых распределения. Изменчивость еще более усиливается в сложных разновозрастных древостоях. Поэтому анализ строения древостоев с использованием рядов распределения значительно осложнен, а на-за

¹ Ссылки на иностранную литературу сделаны по Н. В. Третьякову (1927, 1937).

большой трудоемкости аналитического выравнивания кривых распределения часто не доводится до конца.

Применение "естественных" ступеней А.В.Тюрина (1927, 1931) приводит к нивелированию индивидуальных качеств у сравниваемых древостоев. Усредненные ряды распределения далеки от фактических и могут использоваться лишь для грубых расчетов при массовой таксации.

Не могут отражать особенности строения древостоев и средние показатели таксационных признаков, так как в каждом случае их величина обусловлена характером кривых распределения. Выявление степени варьирования того или иного таксационного признака также недостаточно, поскольку очень часто при близких значениях коэффициента изменчивости амплитуды колебания таксационных показателей и характер кривых распределения различны. Между тем средние показатели широко применяются не только в таксационной практике, но и в различного рода исследованиях, когда приходится сравнивать серию различных древостоев. В частности, они используются при диагностике типов леса для выделения естественно-генетических рядов развития при составлении эскизов таблиц хода роста древостоев и во многих других случаях.

Для сравнения разнородного материала и выявления особенностей строения древостоев, по-видимому, необходимо использовать показатели, которые не зависят от характера кривых распределения деревьев по ступеням какого-либо таксационного признака и в то же время отражают размерность всех деревьев в древостое, ее амплитуду и интенсивность изменения от минимального значения до максимального. Этим требованиям наилучшим образом отвечает размерность деревьев в древостое по объему стволов.

Объем ствола отдельного дерева является комплексным показателем. В нем пропорционально участвуют все параметры, его определяющие. Изменение каждого из них приводит к соответствующей доле изменения и объема, что можно выразить различного рода функциональными связями.

Под размерностью деревьев в древостое по объему стволов

понимается характер изменения объема стволов деревьев по ступеням толщины². Характер изменения можно выразить соответствующим типом корреляционной связи и выявить уравнение линии регрессии. Различия в параметрах уравнения линий регрессии будут указывать на различия в размерности древостоев. Наоборот, сходство будет характеризовать однотипность древостоев по размерности, хотя распределение деревьев по ступеням толщины, а также средние таксационные показатели могут быть и не одинаковыми. Таким образом, размерность деревьев по объему — это показатель не отдельного дерева, а всей совокупности деревьев, произрастающих совместно в древостое. Его вполне можно использовать как качественную категорию при сравнении разных древостоев.

Наконец, объем ствола или стволовой древесины в древостое — это материальное воплощение определенной части работы дерева или древостоя. Поэтому по различиям в интенсивности изменения стволовой древесины за какой-то отрезок времени можно судить о продуктивности работы главного компонента лесного сообщества — древостоя в зависимости от условий среды, возраста, густоты древостоев и т.п., что является конечной целью большинства лесобихологических исследований.

Изложенные соображения подтверждаются многочисленными анализами древостоев пробных площадей, заложенных для изучения хода роста древостоев в простых разновозрастных сосновых и сложных темнохвойно-кедровых лесах подзоны северной тайги (Северный Урал, Северное Зауралье, Приобье)³. В этой связи считаем,

² Можно было бы размерность по объему рассматривать по ступеням любого другого таксационного признака. Однако объем дерева как тела вращения пропорционален квадрату диаметра, поэтому связь между объемом и диаметром более значима, чем между объемом и другими признаками.

³ Пробные площади заложены в 1962–1966 гг. лабораторией лесоведения УФСН СССР совместно с третьей Новосибирской и Свердловской лесоустроительными экспедициями. Для анализа использовано 122 пробные площади и 2960 учетных деревьев. Охвачены древостой от 70 до 300-летнего возраста, с полнотой 0,6–1,0, десяти типов леса. В сборе и обработке материалов активное участие принимали инженер-таксатор В.И.Седих и аспирант П.Ф.Трусов.

что изучение размерности древостоев по объему ствола должно занять одно из важных мест в различного рода лесотаксационных и лесоботанических исследованиях.

Остановимся более подробно на сущности затронутых вопросов.

Объем ствола дерева является наиболее простой единицей при изучении размерности. Однако для сравнения или анализа сам по себе объем ствола неудобен. Как при сравнении разных веществ и материалов используется удельный вес, так и в нашем случае необходим удельный или равнозначный эталон. Таким эталоном может быть количество накопленной древесины на единицу высоты ствола⁴. Этот показатель целесообразно назвать "индексом объема" (I , м²):

$$I = \frac{V}{H} \quad \frac{\text{м}^3}{\text{м}} \quad (1)$$

Здесь V - объем ствола, H - высота ствола.

Г. Сираков (см. Духовников, 1953) называет эту величину нормальным поперечным сечением и использует ее при составлении таблиц себеса. Она соответствует также таксационному понятию видовой площади сечения (f_g).

$$f_g = \frac{V}{H}, \text{ поскольку } V = f_g H, \text{ где:}$$

f - старое видовое число, g - площадь сечения ствола на высоте груди. Однако термин видовой площадь сечения не получил широкого распространения в таксации, он лишен физического смысла.

Для установления формы связи индекса объема ствола каждого дерева со ступенями диаметра деревьев на высоте груди, отражающей "удельную" размерность древостоя по этому показателю, необходим еще один новый показатель - скользящий диаметр дерева (d_c).

⁴ Старые и нормальные видовые числа не могут быть равнозначным эталоном, поскольку при их вычислении для каждого ствола за единицу принимаются цилиндры разных объемов.

Из соотношения единиц в формуле индекса объема (I) видно, что получающийся результат есть площадь сечения тела, имеющего со стволом одинаковую высоту. Если принять это тело за цилиндр, равновеликий по объему стволу дерева, то нетрудно вычислить его диаметр:

$$I = \frac{V}{H} = g \cdot H; \quad g = \frac{\pi d_c^2}{4}$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4g}{\pi}} = \sqrt{1,274g}; \quad d_c = \sqrt{1,274I} \dots \dots (2)$$

Диаметр можно определить также по таблице площадей сечений любого справочника таксатора.

Вычисленный диаметр не будет равен диаметру дерева на высоте груди, а его положение по вертикали будет меняться. Отсюда его название - скользящий диаметр. Он может занимать определенное положение по высоте ствола ($0,5 H$) только в случае одинаковой формы стволов в древостое. Однако форма стволов не одинакова и, как показывают анализы, его положение на деревьях в древостое колеблется в пределах $0,4 - 0,6$ высоты. Амплитуда колебания практически весьма значима.

Исследования формы связи между скользящими диаметрами и диаметрами на высоте груди ($d_{1,3}$) в древостоях всех пробных площадей свидетельствует о том, что связь между ними выражается уравнением прямой линии.

$$d_c = a d_{1,3} + b. \quad (3)$$

В качестве примера на рис. 1 по материалам нескольких пробных площадей, заложенных в сосняке зеленомошно-ягодниковом в древостоех разного возраста, нанесены величины скользящих диаметров всех учетных деревьев и выравнивающие линии связи этих диаметров с диаметрами на высоте груди. Показана также средняя линия регрессии, выравнивающая весь материал данного типа. На рис. 2 показаны средние линии связей по всем исследованным типам сосновых лесов, а также для сравнения линия связи в сосняке ягодниковом I бонитета на Среднем Урале. На рис. 3



7709116

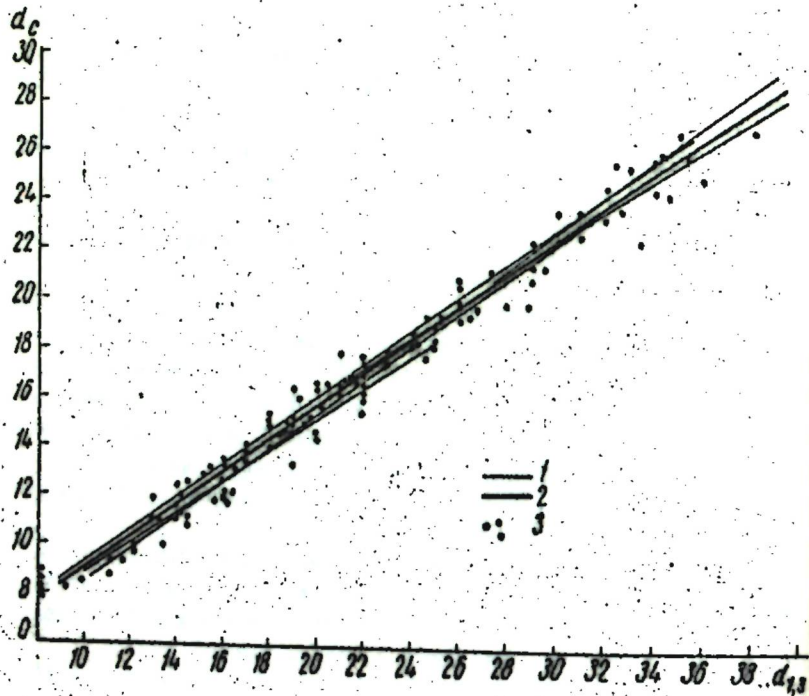


Рис. 1. Связь между скользящими диаметрами (d_c) и ступенями диаметра на высоте груди ($d_{1.3}$) в древостоях сосняка зеленомошно-ягодникового.
 1 - линии связи в древостоях каждой пробной площади,
 2 - средняя линия связи по совокупности учетных деревьев всех пробных площадей, 3 - фактические показатели d_c учетных деревьев.

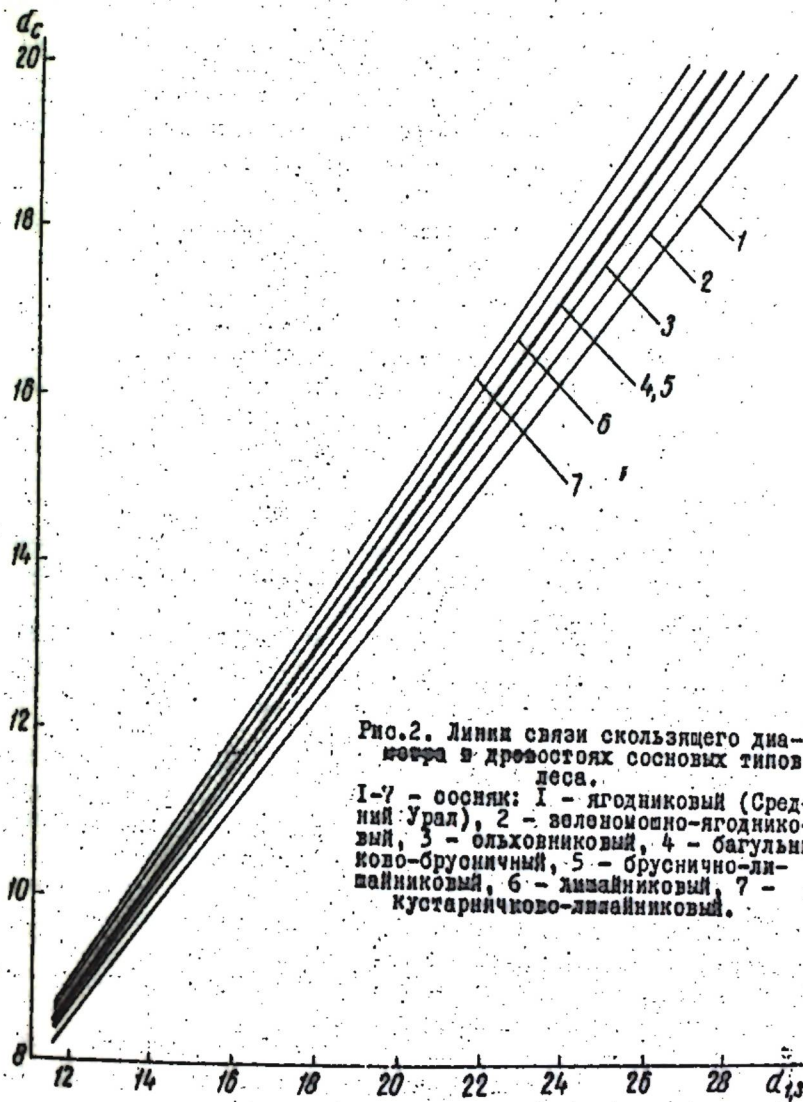
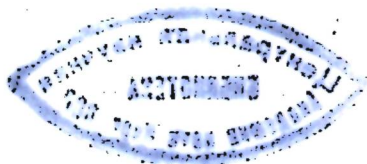


Рис. 2. Линии связи скользящего диаметра в древостоях сосновых типов леса.
 1-7 - сосняк: 1 - ягодниковый (Средний Урал), 2 - зеленомошно-ягодниковый, 3 - ольховниковый, 4 - багульничково-брусничный, 5 - бруснично-липайниковый, 6 - лишайниковый, 7 - кустарничково-лишайниковый.

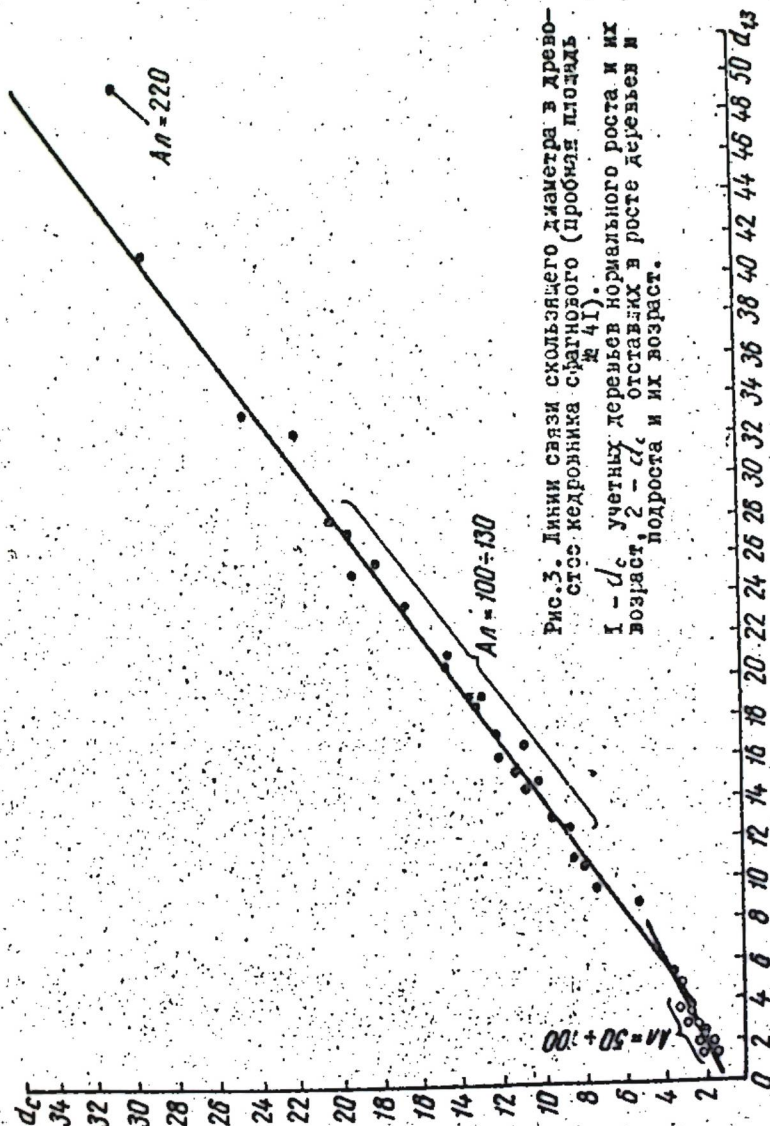
приведена линия связи скользящего диаметра в кедровнике сфагно-вом. На пробной площади были вырублены и измерены все деревья кедра. На рис. 4 показаны линии связи по скользящему диаметру древостоев пробных площадей разных типов темнохвойно-кедровых лесов. Древостои различаются по возрастной структуре, строению и составу. Их общая таксационная характеристика приведена в табл. I.

Рассматривая графики рис. 1, можно отметить, что форма связи во всех случаях однотипна, но параметры уравнений в древостоях каждой пробной площади несколько различны. Колебания невелики и, вероятно, обусловлены некоторой неоднородностью в условиях лесорастительной среды, а также некоторыми различиями в истории формирования древостоев, поскольку подобрать в природе абсолютно однородный материал невозможно.

Несмотря на разнородность темнохвойно-кедровых древостоев (рис. 3, 4), связь между названными показателями также однотипна. Однако здесь наблюдается существенная специфика.

Показатели скользящего диаметра деревьев в самой тонкомерной части, а также у некоторых деревьев из толстомерной (см. рис. 3) не совпадают со средней линией регрессии. Более внимательный анализ говорит о том, что это представители подроста или деревья, сильно отставшие в росте, либо одиночные наиболее старые деревья, по-видимому, продолжительное время жившие без влияния совокупности окружающих деревьев. Отсюда вытекает очень важный вывод о том, что параметры уравнения связи у самых тонкомерных деревьев иные, чем у остальной части древостоя. В точке изменения параметров или пересечения прямых находится нижняя граница древостоя, с которой практически нужно начинать подсчет деревьев, чтобы получить математически увязанную совокупность деревьев, образующую единицу древостой. Вероятно, подобная же картина может наблюдаться и в толстомерной части древостоя, если ее формирование проходило в иных условиях среды, чем остальной части древостоя.

Более существенны различия между параметрами уравнений средних линий регрессии разных типов леса. Анализируя графики рис. 2, 4 и показатели табл. 2, следует прежде всего отметить



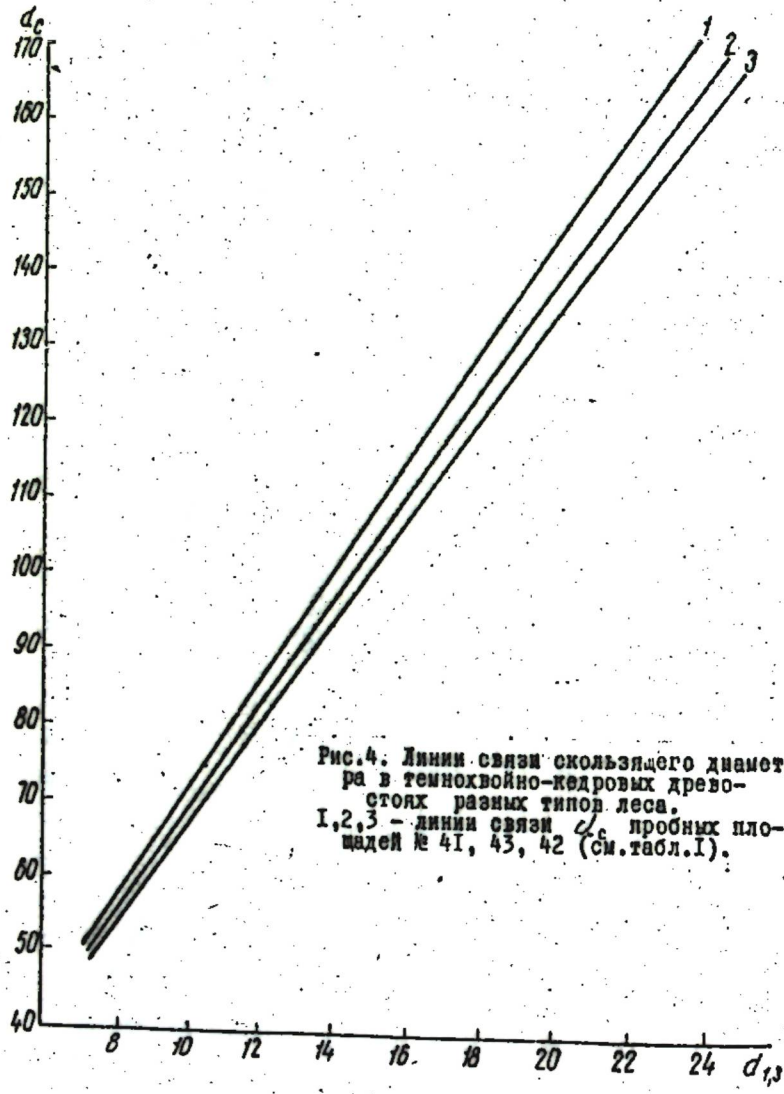


Таблица I

Таксационная характеристика темнохвойно-кедровых древостоев (Приобье)

Тип леса	Состав древостоя	Возраст деревьев в древостое, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, m^2/ga	Полнота по местной стандартной таблице	Запас, m^3/ga	Бонитет	Примечание
Кедровник мелкотравно-зеленомошниковый (пр. пл. № 42)	I ярус 10 Б ед. Ос	120-140	24,5	25,0	24,80	0,84	279	III	Вырублено и обмерено 50 учетных деревьев
	II ярус 6К 4Е	40-130	10,2	11,0	10,48	0,53	62	Уа	
сфагниновый (пр. пл. № 43)	9К 1Е	80-120(18%)	10,7	12,0	21,25	0,94	112	Уа	Вырублены и обмерены 52 учетных дерева, кроны того определены возраст, высота и диаметр 272 деревьев кедров после сплошной выруб-ки.
		120-160(67%) 160-200(15%)							
багульниково-бруснично-мшечный (пр. пл. № 41)	5К 1Е 2С 2Б	50-130 ед. 200-220	15,0	19,4	25,87	0,73	212	У	Вырублено и обмерено 49 учетных деревьев.

Таблица 2

Уравнения связей скользких диаметров с диаметрами на высоте груди, а также отклонения фактических показателей от вычисленных x)

Тип леса	Бонитет	Уравнение	Отклонения, \bar{y}	
			Δ	σ
Сосняк ягодниково-бруснично-зеленомошное-лишайниковый ольховниково-багульниково-бруснично-бруснично-лишайниковый лишайниковый кустарничково-лишайниковый Кедровик багульничково-бруснично-мшестый (пр. пл. № 41) мелкотравно-зеленомошниковый (пр. пл. № 48 - восстановительная смена) сфагновый	I	$d_c = 0,656d_{13} + 0,546$	$\pm 0,20 - 0,30$	$\pm 2,50 - 4,00$
	IV	$d_c = 0,670d_{13} + 0,676$	$\pm 0,10 - 0,30$	$\pm 2,50 - 5,20$
	IV	$d_c = 0,690d_{13} + 0,379$	$\pm 0,10 - 0,30$	$\pm 1,80 - 4,10$
	У	$d_c = 0,709d_{13} + 0,223$	$\pm 0,20 - 0,40$	$\pm 2,60 - 4,70$
	У	$d_c = 0,708d_{13} + 0,146$	$\pm 0,10 - 0,30$	$\pm 2,00 - 4,90$
	Уа	$d_c = 0,721d_{13} + 0,237$	$\pm 0,30 - 0,40$	$\pm 4,80$
	Уа	$d_c = 0,741d_{13} + 0,104$	$\pm 0,20 - 0,40$	$\pm 5,00$
	У	$d_c = 0,709d_{13} + 0,278$	$- 0,12$	$\pm 3,80$
Ш/Уа Уа		$d_c = 0,660d_{13} + 0,618$	$- 0,15$	$\pm 4,20$
		$d_c = 0,686d_{13} + 0,475$	$+ 0,08$	$\pm 3,6$

х) Допустимые средние отклонения в средних естественно-генетических рядах развитии по соснякам около $\pm 3,00\%$.

веерообразность размещения линий в плоскости рисунка, обусловленную величиной параметра a в уравнении (3) ⁵. Этот параметр выше в менее производительных типах леса, а поэтому линии регрессий расположены под большим углом к оси абсцисс, чем линии связи более продуктивных типов леса. Отсюда следует вывод о том, что различия в лесорастительных условиях могут быть выражены математически через размерность деревьев по скользкому диаметру.

Однако нельзя не отметить почти полного совпадения параметров уравнений в сосняке багульничково-бруснично-лишайниковом (рис. 2, табл. I), хотя их условия местопроизрастания диаметрально противоположны по гидротермическому режиму. Следовательно, несмотря на различия в режимах среды суммарное влияние избытка или недостатка каких-либо факторов на размерность деревьев в древостоях может быть равнозначным. Поэтому определить тип леса только на основании математических связей по размерности еще не представляется возможным, необходим натурные лесоводственно-геоботанические описания.

С другой стороны, на размерность деревьев большое влияние оказывает история формирования и морфологическая структура лесного сообщества. Так, на пробной площади № 42 в древостое кедровника мелкотравно-зеленомошникового (восстановительная стадия) размерность деревьев кедровника оказалась почти такой же, как и на пробной площади № 43 в древостое кедровника сфагнового (рис. 4, табл. I, 2), хотя продуктивность этих типов леса неодинакова. В этом случае, вероятно, определяющее влияние оказал сомкнутый верхний ярус насаждения из березы. Вполне понятно, что в будущем, по мере выпадения березы, характер размерности деревьев кедровника может измениться. Отсюда понятна также необходимость группировки материала по типам леса, выделенным в полевых условиях, и обязательного учета всех морфоструктурных особенностей древостоев при обработке и анализе.

⁵ Точнее, скорость изменения размерности, выражаемой первой производной, которая для прямой линии будет равна:

$$d'_c = a$$

Показатели статистической обработки материала по соснякам, а также частично по темнохвойно-кедровым древостоям (табл. 2, 3) говорят о весьма устойчивых прямолинейных связях между скользящими диаметрами и диаметрами деревьев на высоте груди по отдельным древостоям, а по соснякам — и в пределах типов леса, несмотря на то, что в последнем случае сопоставлялись древостои разного возраста⁶. Это обстоятельство указывает на возможность использования установленной закономерности для выявления формы связи между индексами объема и диаметрами деревьев на высоте груди, характеризующей уже удельную размерность древостоев по объему, в сосняках же — и для выделения естественно-генетических рядов развития.

Выявить форму связи индекса объема с диаметрами деревьев на высоте груди можно очень просто по следующей схеме:

$$I = \frac{V}{H}; \quad V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot H; \quad I = \frac{\pi d^2 H}{4H} = \frac{\pi}{4} (ad_{1,3} + b)^2$$

$$I = Ad_{1,3}^2 + Bd_{1,3} + C \quad (4)$$

Как видно, связь выражается полным уравнением параболы второго порядка. Выведение уравнения связи индекса объема по всем изученным типам сосняков и по темнохвойно-кедровым древостоям, а также систематические и среднеквадратические отклонения фактических показателей древостоев приведены в табл. 4. Незначительная величина систематических и небольшая величина среднеквадратических отклонений указывают на высокую устойчивость установленной формы связи, а также на возможность получения уравнений связей индексов объема с диаметрами на высоте груди изложенным выше способом, без выравнивания фактических показателей индекса объема учетных деревьев.

⁶ Изменчивость размерности по скользящему диаметру с повышением возраста древостоев в сосняках практически ничтожна. В смешанных темнохвойно-кедровых лесах вопрос требует более глубокого изучения.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции и корреляционные отношения связи скользящего диаметра с диаметром на высоте груди (типы сосновых лесов)

Тип леса	Колебания в древостоях пробных площадей		Средние по всей совокупности древостоев	
	C	2	C	2
Сосняк				
ягодниковый (Средний Урал)	0,915-0,942	0,911-0,960	0,931	0,935
зеленомошно-ягодниковый	0,970-0,991	0,972-0,980	0,980	0,977
ольховниковый	0,950-0,981	0,951-0,980	0,983	0,985
багульниково-брусничный	0,875-0,988	0,870-0,988	0,982	0,972
бруснично-лишайниковый	0,818-0,984	0,820-0,980	0,981	0,964
лишайниковый	-	-	0,980	0,980
кустарничково-лишайниковый	-	-	0,960	0,958

Так же как и линии регрессий скользящих диаметров, линии связи индексов объемов графически в плоскости рисунка размещаются веерообразно. Ближе к оси абсцисс располагаются линии более производительных типов леса (рис. 5).

Математически веерообразность в этом случае обусловлена различиями в скорости и ускорении изменения индекса объема по ступеням диаметра, что можно количественно выразить первой и второй производной:

$$I = Ad_{1,3}^2 + Bd_{1,3} + C \quad (4)$$

$$I' = 2Ad_{1,3} + B \quad (5)$$

$$I'' = 2A \quad (6)$$

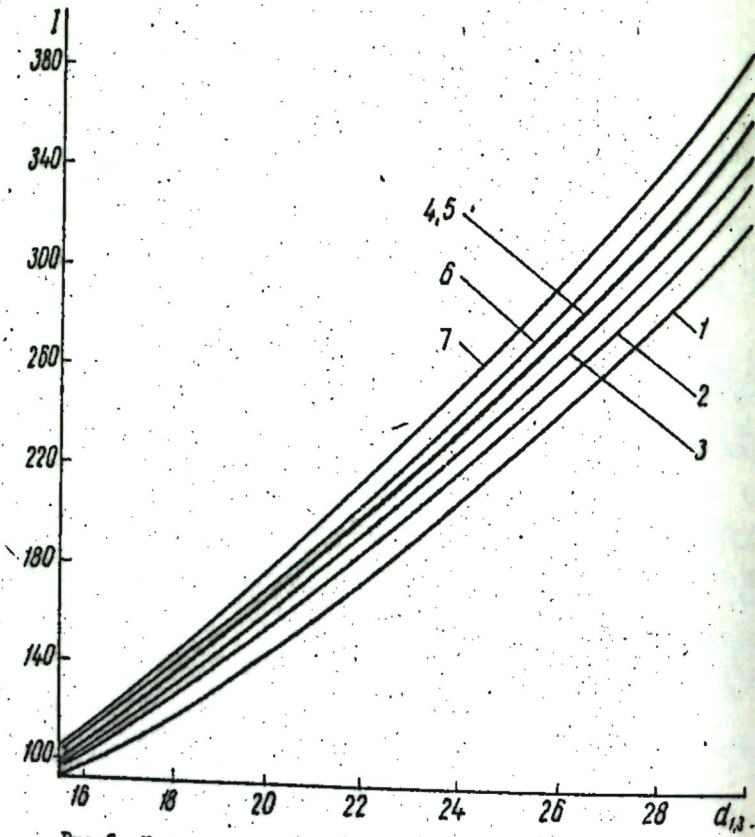


Рис. 5. Изменение индекса объема по ступеням толщины в древостоях сосновых типов леса. 1-7 - сосняки: 1 - ягодниковый (Средний Урал), 2 - зеленомошно-ягодниковый, 3 - ольховниковый, 4 - багульничково-брусничный, 5 - бруснично-лишайниковый, 6 - лишайниковый, 7 - кустарничково-лишайниковый.

Таблица 4
Уравнение связей скользящих диаметров с диаметрами на высоте груди, а также отклонения фактических показателей

Тип леса	Бонитет	Уравнение связи	Отклонения, %	
			Δ	δ
Сосняк ягодниковый (Средний Урал) зеленомошно-ягодниковый ольховниковый багульничково-брусничный бруснично-лишайниковый лишайниковый кустарничково-лишайниковый	I	$I = 0,339d_{13} + 0,562d_{13} + 0,234$	$\pm 0,30 - 0,50$	3,2-7,5
	IУ	$I = 0,352d_{13} + 0,710d_{13} + 0,356$	$\pm 0,20 - 0,56$	4,1-8,7
	IУ	$I = 0,374d_{13} + 0,552d_{13} + 0,143$	$\pm 0,20 - 0,70$	3,7-7,8
	IУ	$I = 0,394d_{13} + 0,245d_{13} + 0,039$	$\pm 0,25 - 0,90$	4,3-0,2
	У	$I = 0,393d_{13} + 0,161d_{13} + 0,016$	$\pm 0,30 - 0,82$	5,1-7,8
	Уа	$I = 0,408d_{13} + 0,268d_{13} + 0,044$	$\pm 0,30$	6,4
	Уа	$I = 0,431d_{13} + 0,121d_{13} + 0,008$	$+ 0,24$	7,0
Кедровник багульничково-бруснично-лишайниковый (пр. пл. № 41) мелкотравно-зеленомошная стадия (пр. пл. № 42 - восстановительная стадия) сфагновый (пр. пл. № 43)	У	$I = 0,395d_{13} + 0,309d_{13} + 0,060$	- 0,52	6,8
	Ш/Уа Уа	$I = 0,341d_{13} + 0,640d_{13} + 0,300$ $I = 0,370d_{13} + 0,512d_{13} + 0,177$	- 0,72 $+ 0,32$	7,2 6,5

Примечание. Допустимые среднеквадратические отклонения в среднем естественно-генетическом ряду развития по соснякам около $\pm 6,00\%$.

Таблица 5

Показатели скорости и ускорения изменения размерности
древостоев по индексу объема

Типы леса	Бонитет	Первая производная	Вторая производная
Сосняк			
ягодниковый (Средний Урал)	I	$l' = 0,678 d_{1,3} + 0,562$	$l'' = 0,678$
зеленомошно-ягодниковый	IV	$l' = 0,704 d_{1,3} + 0,710$	$l'' = 0,704$
ольховниковый	IV	$l' = 0,748 d_{1,3} + 0,552$	$l'' = 0,748$
багульниково-бруснич- ный	IV	$l' = 0,788 d_{1,3} + 0,245$	$l'' = 0,788$
брусничниково-лишайни- ковый	У	$l' = 0,786 d_{1,3} + 0,161$	$l'' = 0,786$
лишайниковый	Уа	$l' = 0,816 d_{1,3} + 0,268$	$l'' = 0,816$
кустарничково-лишайни- ковый	Уа	$l' = 0,862 d_{1,3} + 0,121$	$l'' = 0,862$
Кедровник			
багульниково-бруснично- мшистый (пр.пл. № 41)	У	$l' = 0,790 d_{1,3} + 0,309$	$l'' = 0,790$
мелкотравно-зеленомош- ный (пр.пл. № 42 - вос- становительная III стадия)	III/Уа	$l' = 0,682 d_{1,3} + 0,640$	$l'' = 0,682$
сфагновый (пр.пл. № 43)	Уа	$l' = 0,740 d_{1,3} + 0,512$	$l'' = 0,740$

В табл. 5 приведены уравнения первых производных и величины вторых производных по изученным типам сосняков и темнохвойно-кедровым древостоем пробных площадей. На рис. 6 уравнения первых производных по соснякам показаны графически. Характер расположения и направления линий говорит о том, что в древостоях низкопроизводительных типов леса интенсивность изменения размерности по объему больше, чем в более производительных. На это указывают также величины вторых производных. Отсюда можно сделать вывод о том, что интенсивность процесса дифференциации деревьев

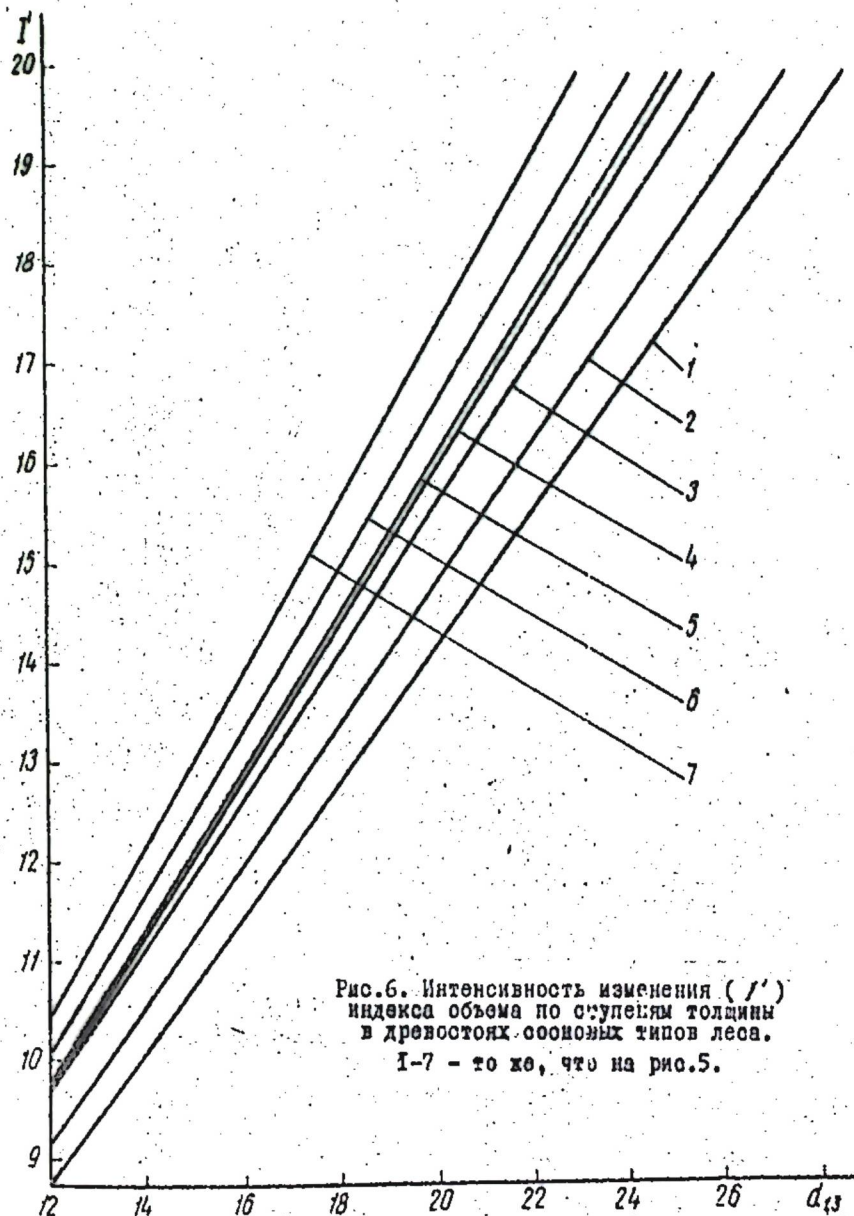


Рис. 6. Интенсивность изменения (l') индекса объема по ступеням толщины в древостоях основных типов леса. 1-7 - то же, что на рис. 5.

(по размерности) в неблагоприятных условиях произрастания выше, чем в более благоприятных. Сам вывод для лесоведения нов, однако предлагаемый способ позволит выразить это явление количественными показателями. Способ можно использовать также для выявления специфики процесса дифференциации в одинаковых лесорастительных условиях в зависимости от возрастных этапов в жизни древостоев, их густоты, состава, при анализе методов создания лесных культур, в целях выявления их оптимальных вариантов. Однако все эти вопросы могут быть предметом специального рассмотрения.

Для выявления связей между скользящими диаметрами, индексами объемов деревьев со ступенями диаметра на высоте груди практически необходимо проделать следующие операции:

1. У всех учетных деревьев, вырубленных на пробных площадях, через объем и высоту вычисляются I и d_c .

2. По каждой пробной площади строятся графики связи между d_c и ступенями толщины (рис. 1). Фактические показатели выравниваются по уравнению $d_c = ad_{13} + b$. Параметры урав-

нений вычисляются аналитически методом наименьших квадратов или более простым способом сумм (Успенский, 1960). В упрощенных случаях выравнивание можно сделать от руки. Уравнение индекса объема выводится по схеме (4). Затем могут быть получены уравнение первой производной и показатель второй производной.

3. Если нужно получить характеристики по типам леса и его естественно-генетическим рядам развития, то линии связи по каждой пробной площади анализируемого типа леса переносятся на один график. Затем по совокупности учетных деревьев всех пробных площадей выявляется средняя линия связи. Параметры уравнения средней линии вычисляются аналитически.

Как показывает статистический анализ, амплитуда средне-квадратических отклонений в изученных типах сосняков колеблется от $\pm 1,8$ до $\pm 5,2\%$, в среднем же составляет около $\pm 3,0\%$ (табл. 2). Очевидно, до более глубокого анализа и исследования этого вопроса амплитуду в $\pm 3,0\%$ можно принять за предел допустимых отклонений древостоев, объединяемых в один естест-

венно-генетический ряд развития⁷. В этой связи древостои всех пробных площадей, линии связи по d_c которых попадут в пределы полос допустимых отклонений и не пересекут среднюю линию под большим углом, следует отнести к одному (среднему) естественно-генетическому ряду развития. Древостои, дающие большие отклонения, могут быть объединены в другие ряды или отбракованы. Вполне понятно, что если исключено много пробных площадей, то уравнение средней линии связи по d_c выделяемого естественно-генетического ряда должно быть вычислено вновь. В дальнейшем, так же как и при обработке каждой пробной площади, выводятся уравнения связи по индексу объема и его производных.

Диапазон использования скользящих диаметров и индексов объема в практике таксации пробных площадей также широк. Выравненные по ступеням толщины индексы объема на каждой пробной площади можно использовать для вычисления средних объемов деревьев по ступеням толщины по формуле $V = IH$, где H - средняя высота ступени, снятая с графика высот. Способ значительно проще и точнее, чем построение кривых объемов или прямых Копецкого, широко используемых в настоящее время.

С помощью скользящих диаметров и индексов объема можно получить также видовые числа и их динамику по ступеням толщины, не прибегая к фактическим вычислениям и выравниванию. Как известно, старые видовые числа вычисляются для каждого ствола по формуле:

$$f = \frac{V_d}{V_c}$$

где: V_d - объем ствола, V_c - объем цилиндра, имеющего одинаковую высоту со стволом, и основание, равное площади се-

⁷ Величина предела допустимых отклонений зависит от цели исследования. Если изучается рост и развитие густых, средней густоты и редких древостоев, то достаточно амплитуду колебаний рассматриваемого признака древостоев, объединяемых типом леса, разбить на три полосы. Если же изучается, например, специфическое влияние пожаров на рост и развитие леса, то полоса допустимых отклонений может быть установлена в результате анализа всего собранного материала. Важно одно: чем меньше предел допустимых отклонений, тем однороднее объединяемый в группу материал. Целесообразный предел можно установить только при глубоком статистическом анализе.

чения дерева на высоте груди ($g_{1,3}$).

Если объем ствола выразить через индекс объема, то

$$f = \frac{1H}{g_{1,3}H} = \frac{1}{g_{1,3}}; \quad g_{1,3} = \frac{\pi d_c^2}{4}; \quad g_{1,3} = \frac{\pi d_{1,3}^2}{4}; \quad f = \frac{d_c^2}{d_{1,3}^2} \quad (7)$$

Если отношение скользящего диаметра к диаметру на высоте груди назвать скользящим коэффициентом формы (q_c), то видовое число будет всегда равно квадрату скользящего коэффициента формы:

$$f = \frac{d_c^2}{d_{1,3}^2} = \left(\frac{d_c}{d_{1,3}}\right)^2 = q_c^2 \quad (8)$$

Поскольку связь скользящего диаметра с диаметрами на высоте груди прямолинейна, то можно вывести уравнения связи также для скользящего коэффициента формы и видового числа:

$$q_c = \frac{d_c}{d_{1,3}} = \frac{ad_{1,3} + b}{d_{1,3}} = a + \frac{b}{d_{1,3}} \quad (9)$$

$$f = \frac{d_c^2}{d_{1,3}^2} = \frac{(ad_{1,3} + b)^2}{d_{1,3}^2} = a^2 + \frac{2ab}{d_{1,3}} + \frac{b^2}{d_{1,3}^2},$$

или
$$f = A + \frac{B}{d_{1,3}} + \frac{C}{d_{1,3}^2} \quad (10)$$

Таким образом, связь между видовыми числами и ступенями диаметра выражается полным уравнением гиперболы.

Все изложенное позволяет сделать заключение о том, что установленные формы связи между скользящими диаметрами, индексами объема и ступенями диаметра на высоте груди одинаковы для любых типов леса, но параметры уравнений не однозначны для каждого древостоя и сравнительно слабо колеблются в пределах типов леса. Это можно объяснить тем, что размерность деревьев по объему обусловлена как продуктивностью лесорастительных условий, так и количеством деревьев, произрастающих на единице площади, т.е. качеством и величиной среды, из которой деревья черпают питательные вещества и энергию. Существенное влияние оказывает также воздействие ряда разрушительных факторов (пожары, ветровалы, вспышки размножения насекомых-вредителей ле-

са и др.). Поэтому единство или сравнительно одинаковая интенсивность изменения скользящего диаметра и индекса объема по ступеням диаметра в разных древостоях может быть только в случае сходства условий среды на протяжении всей истории их развития и формирования.

Эти соображения и положены в основу рекомендаций по использованию названных показателей в целях сравнения и группировки разнородного материала. Использование их упрощает и уточняет таксационную обработку пробных площадей, дает возможность установить действительные связи между некоторыми старыми показателями, ранее установленными приблизительно, расширяет диапазоны анализа древостоев при различного рода исследованиях.

Л и т е р а т у р а

- Д у х о в и к о в Ю. Горская таксация. София, Земиздат, 1953.
- К и щ е н к о И. А. Опыт применения статистического метода к изучению строения древесно-растительных сообществ. - Лесоведение и лесоводство, вып. 1, 2. Л., Изд-во "Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо", 1926.
- Т р е т ь я к о в Н. В. Закон единства в строении насаждений. М.-Л., изд-во "Новая деревня", 1927.
- Т р е т ь я к о в Н. В. Методика составления массовых таблиц сбоя и объемов для древостоев ценных пород Северного Кавказа. Л., Гослестехиздат, 1937.
- Т р е т ь я к о в Н. В. Методика учета текущего и среднего приростов древостоев. - Вопросы таксации. Л., Гослестехиздат, 1937.
- Т ю р и к А. В. Строение нормальных насаждений. - Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо, 1927, № 1, 2, 3.
- Т ю р и к А. В. Нормальная производительность лесонасаждений осины, березы, осины и ели. М.-Л., Сельхозгиз, 1931.
- У с п е ш к и й А. К. Выбор вида и нахождение параметров эмпирической формулы. Моск. гос. экон. ин-т, 1960.

А.Е. Тетенкин

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЯЗИ ВЫСОТ И ДИАМЕТРОВ ДЕРЕВЬЕВ В ДРЕВОСТОЯХ (МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ШКАЛЫ РАЗРЯДОВ ВЫСОТ)

Закономерности связи высот и диаметров деревьев имеют не только теоретическое, но и важное прикладное значение при построении массовых таблиц объемов и выхода сортиментов и при разделении древостоев на ярусы.

При наличии достаточного числа измеренных высот и диаметров деревьев выявление их связи в отдельных древостоях не представляет значительных трудностей; связь может быть установлена как аналитически, так и графически. Иное дело при установлении ее для совокупности древостоев с целью выявления показателей (средние высоты, диаметры и др.), при которых высоты деревьев по ступеням толщины будут близкими, или, говоря иначе, для построения шкалы разрядов высот. Незаработанность этого вопроса часто приводила к механическому его решению (Орлов и др., 1931) или полному обобщению связи (Левин, 1949 и др.).

Исходя из назначения исследования связь высот и диаметров деревьев для совокупности древостоев надежно может быть установлена лишь при познании закономерностей ее и характера изменения в отдельных древостоях. Этому наиболее отвечает метод, предложенный Н.В. Третьяковым (1937) и наиболее полно изложенный позднее П.В. Горским (1962). Однако авторами рассматривается лишь графический способ построения шкалы разрядов, высот с последующим графо-аналитическим выражением связи; математическое же обоснование и принципы ее построения не излагаются.

Между тем указанным методом при объеме материала, который обычно рекомендуется для составления таблиц (Горский, 1962, и др.), не представляется возможным установить действительный характер связи в исследуемых древостоях (интервалы между кривыми высот по разрядам не всегда получаются равными, а сами кривые - однохарактерными) и тем объективно оценить соответствие той или другой шкалы. Более того, предварительной группировкой материала по любой шкале можно доказать ее соответствие исходному материалу. По-видимому, указанные недостатки графо-аналитического способа и неразработанность других явились основной причиной того, что авторы руководства по составлению таблиц на ЭВМ (Мошкалева и др., 1965, 1966) вместо установления связи на фактическом материале вынуждены были ограничиться программированием шкалы Н.В. Третьякова. Поэтому изложение математических основ построения шкалы разрядов высот вполне своевременно и актуально.

Закономерности связи высот и диаметров деревьев рассмотрены нами методом редукционных чисел на материалах 71 пробной площади в сосняках северотаежного равнинного Зауралья в пределах Свердловской области (бассейн р. Пельма). Пробные площади с 1852 модельными и учетными деревьями заложены в древостоях всех лесорастительных условий Ш-У⁶ классов бонитета II-XV классов возраста с полнотой 0,3-1,2 по составленной нами стандартной таблице (Тетенкин, 1966). По характеру возрастного строения сосняки свежих и влажных условий местопроизрастания могут быть отнесены, по И.В. Семечкину (1963), к условно одновозрастным, а сфагновых типов леса - к условно разновозрастным и разновозрастным.

Статистическим анализом материала по ступеням относительного диаметра в пределах групп лесорастительных условий и толщины древостоев было установлено следующее.

1. Связь высот и диаметров деревьев (табл. I) изменяется с толщиной древостоев и практически при одинаковых средних диаметрах последних не зависит от условия их местопроизрастания. С увеличением средних диаметров кривые высот становятся более пологими, что вполне согласуется с выравниванием высот деревь-

Относительные высоты и некоторые
по ступеням толщины и группам

Группа среднего диаметра древос- тоя, он	Пока- зате- ли х)	Значения показателей по ступе						
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	R R	I 0,600		7	6	15	15	II
				<u>0,700</u>	<u>0,775</u>	<u>0,803</u>	<u>0,890</u>	<u>0,945</u>
14	R R	I 0,600		4,1	4,0	3,1	2,7	2,9
				<u>0,699</u>	<u>0,773</u>	<u>0,839</u>	<u>0,899</u>	<u>0,953</u>
18	R R	2 0,575	5 0,630	12	24	35	53	49
					<u>0,704</u>	<u>0,798</u>	<u>0,830</u>	<u>0,884</u>
22	R R	4,3	5,4	2,4	2,5	1,8	1,4	1,3
					<u>0,704</u>	<u>0,778</u>	<u>0,844</u>	<u>0,903</u>
26	R R	4,3	5,4	10	24	62	51	62
					<u>0,660</u>	<u>0,765</u>	<u>0,841</u>	<u>0,904</u>
30	R R	21,7	6,4	0,706	0,782	0,849	0,908	0,958
					<u>0,706</u>	<u>0,782</u>	<u>0,849</u>	<u>0,908</u>
34	R R	21,7	6,4	2,1	1,4	1,2	1,0	1,0
					<u>0,712</u>	<u>0,796</u>	<u>0,879</u>	<u>0,921</u>
36	R R	21,7	6,4	4	12	24	33	42
					<u>0,703</u>	<u>0,786</u>	<u>0,856</u>	<u>0,914</u>
38	R R	21,7	6,4	3,8	3,7	2,4	1,5	1,1
					<u>0,720</u>	<u>0,786</u>	<u>0,870</u>	<u>0,913</u>
40	R R	21,7	6,4	5	15	25	30	31
					<u>0,695</u>	<u>0,789</u>	<u>0,863</u>	<u>0,921</u>
42	R R	21,7	6,4	4,8	2,9	2,3	1,8	1,5
					<u>0,683</u>	<u>0,767</u>	<u>0,844</u>	<u>0,912</u>
44	R R	21,7	6,4	2	3	6	9	12
					<u>0,683</u>	<u>0,791</u>	<u>0,872</u>	<u>0,930</u>
46	R R	21,7	6,4	3	4	11	12	17
					<u>0,650</u>	<u>0,775</u>	<u>0,873</u>	<u>0,933</u>
48	R R	21,7	6,4	0,666	0,793	0,881	0,940	0,978
					<u>0,666</u>	<u>0,793</u>	<u>0,881</u>	<u>0,940</u>
50	R R	21,7	6,4	4,4	11,3	2,9	2,0	1,1
					<u>0,892</u>	<u>0,900</u>	<u>0,944</u>	<u>0,969</u>
52	R R	21,7	6,4	6	10	9	13	13
					<u>0,794</u>	<u>0,892</u>	<u>0,952</u>	<u>0,985</u>
54	R R	21,7	6,4	3,4	1,9	1,4	2,0	2,0
					<u>0,794</u>	<u>0,892</u>	<u>0,952</u>	<u>0,985</u>

показатели, их характеризующие,
средних диаметров древостоев

Таблица 1

ням относительного диаметра								
I,0	I,1	I,2	I,3	I,4	I,5	I,6	I,7	I,8
19	9	10	10	3	5	2	6	I
<u>1,031</u>	<u>1,028</u>	<u>1,075</u>	<u>1,040</u>	<u>1,150</u>	<u>1,140</u>	<u>1,175</u>	<u>1,333</u>	<u>1,150</u>
1,001	1,043	1,081	1,115	1,145	1,173			
2,0	2,0	2,1	4,2	2,5	2,1	6,4	5,9	
55	40	37	26	13	10	6	2	2
<u>0,996</u>	<u>1,055</u>	<u>1,094</u>	<u>1,098</u>	<u>1,100</u>	<u>1,165</u>	<u>1,192</u>	<u>1,275</u>	<u>1,275</u>
1,000	1,039	1,072	1,098	1,118	1,127			
1,4	1,5	1,6	1,9	1,5	2,4	3,8	17,6	1,9
63	61	43	24	18	13	7	2	I
<u>0,993</u>	<u>1,029</u>	<u>1,074</u>	<u>1,092</u>	<u>1,086</u>	<u>1,096</u>	<u>1,107</u>	<u>1,125</u>	<u>1,150</u>
1,000	1,035	1,063	1,084	1,100	1,110			
1,4	0,9	1,1	1,3	1,6	3,5	2,5	2,2	
39	36	34	17	12	4	4	I	3
<u>0,993</u>	<u>1,032</u>	<u>1,050</u>	<u>1,085</u>	<u>1,117</u>	<u>1,150</u>	<u>1,100</u>	<u>1,050</u>	<u>1,250</u>
1,000	1,030	1,054	1,074	1,089	1,102			
0,8	1,0	1,0	1,0	2,5	3,1	3,2		6,1
43	43	44	16	11	5	2		I
<u>0,997</u>	<u>1,017</u>	<u>1,059</u>	<u>1,071</u>	<u>1,082</u>	<u>1,060</u>	<u>1,150</u>		<u>1,050</u>
1,000	1,026	1,047	1,067	1,087	1,100			
1,1	1,1	1,0	1,2	1,6	4,1			
15	14	10	5	4	I			I
<u>0,990</u>	<u>1,010</u>	<u>1,055</u>	<u>1,030</u>	<u>1,075</u>	<u>1,200</u>			<u>1,000</u>
1,000	1,021	1,041	1,063	1,085				
1,6	1,8	1,9	1,0	4,0				
16	15	12	5	I		2		
<u>0,966</u>	<u>1,020</u>	<u>1,033</u>	<u>1,050</u>	<u>0,950</u>		<u>0,975</u>		
1,000	1,017	1,039	1,062					
1,7	1,2	2,0	2,6			2,5		
9	9	5						
<u>0,983</u>	<u>1,006</u>	<u>1,080</u>						
1,001	1,012	1,030						
1,7	1,5	1,2						

Группа среднего диаметра древостоя, см	Показатели ^{x)}				Вероятные пределы средних высот
		1,9	2,0	2,2	
10	$\frac{n}{R_R}$	I 1,300	I 1,300		0,6-1,25
14	$\frac{n}{R_R}$	I 1,150	I 1,350		0,6-1,20
18	$\frac{n}{R_R}$	I 1,150		I 1,300	0,6-1,15
22					0,6-1,12
26					0,6-1,10
30					0,6-1,08
34					0,6-1,06
38					0,6-1,05

x) n - количество учетных деревьев; R_R - редуционные числа по высоте; числитель - опытные данные, знаменатель - по уравнению связи; P - точность опыта, %.

ев в толстомерных (перестойных) насаждениях (Турин, 1930, 1945 и др.).

2. Изменчивость высот деревьев увеличивается в крайних (особенно тонкомерных) ступенях и снижается с увеличением толщины древостоев. По величине и характеру последней все древостои практически могут быть объединены в 2 группы: со средними диаметрами меньше 20 см; 20 см и более (табл. 2). Поскольку варьирование высот изменяется обратно пропорционально распределению числа деревьев по толщине, при обычных методах сбора материала (механический отбор) и даже при учете всех деревьев в древостое не представляется возможным с одинаковой точностью установить средние высоты во всех ступенях толщины, а следовательно, и одинаково верно отразить характер их изменения в разных частях древостоя. Указанное обстоятельство несомненно необходимо учитывать как при установлении связи высот и диаметров деревьев, так и при подборе разрядных таблиц, выбор которых должен производиться не по значениям высот, установленных на 2-3 измерениях по ступеням толщины (Алущин, 1963), а по средним для древостоя высоте и диаметру, которые в этом случае выявляются с большой точностью.

Таблица 2

Вероятные средние показатели изменчивости высот деревьев, %

Группы средних диаметров древостоев, см	Показатели по ступеням относительного диаметра							
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
До 20	11,5	11,0	10,0	9,0	8,0	8,0	8,5	10,0
20 и более	15,5	10,5	7,5	6,0	5,5	6,0	7,5	9,5

3. Связь высот и диаметров деревьев в древостоях всех групп толщины, установленная в пределах ступеней с достаточным числом наблюдений (табл. 3), способом Чебышева выражается уравнениями параболы третьего порядка. Это совпадает с данными

ми А.К.Митропольского (1954, 1965) и не подтверждает основных положений методики изучения строения древостоев И.А.Кищенко (1929) и К.К.Высоцкого (1962). Существенность кубического члена подтверждается ошибками уравнений и их дисперсионным анализом.

Закономерное изменение связи с толщиной древостоев обязывает рассматривать ее в рамках множественной корреляции. Учитывая сложность и трудоемкость предлагаемых математической статистикой способов решения последней при большом числе наблюдений и неприемлемость для наших целей метода при малом объеме их, была изыскана возможность использовать для этого способ Чебышева или любой другой, в том числе и способ наименьших квадратов.

Повторным решением связи уже коэффициентов каждого члена уравнений (см. табл. 3) со средними диаметрами древостоев было найдено общее уравнение, которое для исследуемых сосняков может быть представлено в следующем виде:

$$R_R = aR_d^3 - bR_d^2 + cR_d - e,$$

где R_R и R_d - соответственно редуционные числа по высоте и диаметру деревьев;

$$a = 0,0524 (0,25d - 1,5)^2 - 0,2159 (0,25d - 1,5) + 0,2520;$$

$$b = 0,1460 (0,25d - 1,5)^2 - 0,5492 (0,25d - 1,5) + 0,9297;$$

$$c = 0,1320 (0,25d - 1,5)^2 - 0,4730 (0,25d - 1,5) + 1,5803;$$

$$e = 0,0383 (0,25d - 1,5)^2 - 0,1388 (0,25d - 1,5) + 0,0990;$$

d - средний диаметр древостоя, см.

Проверка уравнения в древостоях всех групп средних диаметров (см. табл. 1) показывает, что в пределах ступеней выравнивания оно очень хорошо передает связь высот и диаметров деревьев, а следовательно, может быть принято для ее выражения в различных древостоях. Исходя из погрешностей частных уравнений, ошибка его составит $\pm 1-3\%$ и будет снижаться к центральным ступеням толщины. Это дает также основание для решения множественной связи рассмотренным нами способом, который, по-ви-

Таблица 3

Уравнение связи высот и диаметров деревьев в древостоях разной толщины

Группа средних диаметров древостоев, см	Пределы ступеней выравнивания	Уравнение связи	Ошибка уравнения
10	0,5-1,5	$R_R = 0,1522 R_d^3 - 0,7354 R_d^2 + 1,4302 R_d + 0,1530$	0,0301
14	0,5-1,5	$R_R = -0,1580 R_d^3 + 0,2016 R_d^2 + 0,5483 R_d + 0,4080$	0,0177
18	0,5-1,5	$R_R = 0,1663 R_d^3 - 0,9741 R_d^2 + 1,8313 R_d - 0,0235$	0,0128
22	0,5-1,5	$R_R = 0,4916 R_d^3 - 1,7241 R_d^2 + 2,2904 R_d - 0,0579$	0,0086
26	0,5-1,5	$R_R = 0,0628 R_d^3 - 0,6404 R_d^2 + 1,4300 R_d + 0,1476$	0,0180
30	0,5-1,4	$R_R = 1,0822 R_d^3 - 3,6320 R_d^2 + 4,1913 R_d - 0,6415$	0,0343
34	0,5-1,3	$R_R = 1,2580 R_d^3 - 4,0662 R_d^2 + 4,5763 R_d - 0,7681$	0,0158
38	0,6-1,2	$R_R = 1,2159 R_d^3 - 3,0369 R_d^2 + 2,7229 R_d - 0,0981$	0,0149

димому, может найти широкое применение в практической и исследовательской работе, так как значительно сокращает всю ее вычислительную часть.

Общее уравнение связи позволяет построить местную шкалу разрядов высот с любыми интервалами между ними. Для этого прежде всего необходимо установить обобщающую кривую высот, отражающую вероятные относительные высоты древостоев различной толщины. При наличии общего уравнения связи и с помощью редуционных чисел такая шкала может быть построена довольно просто (табл. 4), необходимо лишь средние высоты древостоев различной толщины выразить в долях одного из них, лучше среднего из ряда.

Таблица 4

Фрагмент расчета вероятных значений обобщающей кривой высот исследуемых сосняков

Группа средних диаметров древостоев, см	Показатель	Значения показателей по ступеням толщины (в см)				
		16	20	24	28	32
18	R _d	0,889	I, III			
	R _h	0,952	I, 038			
22	R _d		0,909	I, 091		
	R _h		0,963	I, 028		
26	R _d			0,923	I, 077	
	R _h			0,974	I, 020	
30	R _d				0,933	I, 067
	R _h				0,982	I, 015

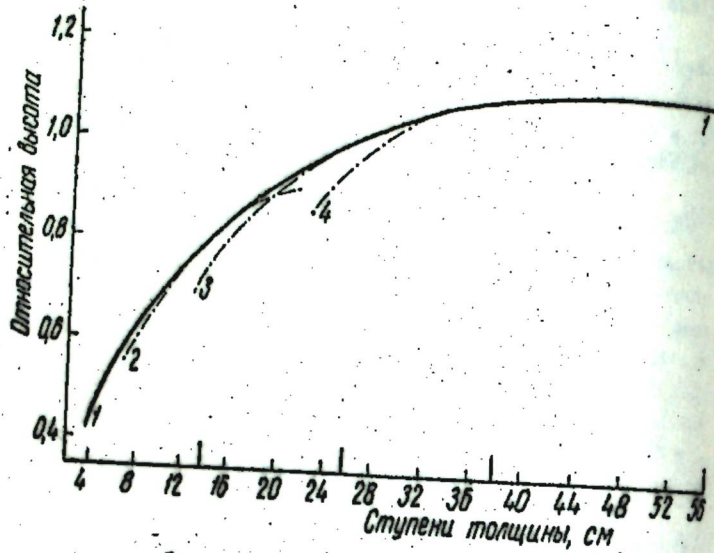
Если принять среднюю высоту древостоев с диаметром 26 см за единицу, то близкие высоты деревьев по ступеням толщины будут в древостоех с нижеследующими значениями высот: $d = 24$ см, $H = 0,974$; $d = 22$ см, $H = 0,974 : I, 028 = 0,948$; $d = 20$ см,

$H = 0,948 : 0,963 = 0,913$ и т.д. Установленная таким путем обобщающая кривая высот исследуемых сосняков, наряду с другими, приведена в табл. 5 и показана на рисунке.

От относительных высот обобщающей кривой уже не трудно перейти к абсолютным и построить местную шкалу разрядов высот древостоев. Интервалы между разрядами по высоте 10% обеспечат различие в объемах стволов около 9% и тем позволит составить таблицы объемов, по которым запаса древостоев может быть определен с точностью $\pm 5\%$.

Следует отметить, что обобщенная кривая несколько искажает действительное соотношение высот и диаметров деревьев в древостоях. Поэтому было бы более правильно их запасы определять, используя уравнение связи высот с диаметрами и видовых высот с высотами деревьев. Однако, как видно из рисунка, это искажение касается тонкомерных ступеней толщины, а поэтому может оказать влияние лишь в древостоях $У^A - У^B$ классов бонитета, но и то может быть устранено внесением соответствующих коррективов в табличные значения высот при вычислении объемов.

Характер изменения высот исследуемых сосняков (см. табл. 5) отличается несколько большей пологостью кривых, чем по шкале Н.В.Третьякова и тем самым еще более соответствует установленному Д.И.Товстолесом (Орлов и др., 1931) и принятому в современных объемных и сортиментных таблицах (Монсевино, 1954; Ануцин, 1963). Это еще раз подтверждает необходимость изучения местных особенностей строения древостоев и несовершенство бонитировочного принципа при выявлении связи высот и диаметров деревьев. Вместе с этим анализ показывает, что связь высот и диаметров должна устанавливаться с учетом характера ее изменения с толщиной или другими пространственно-размерными показателями древостоев (средние высоты, состав, густота и т.д.) и изучаться объективными методами. Рассмотренный в статье путь изучения закономерностей соотношения высот и диаметров деревьев позволяет на сравнительно небольшом материале устанавливать последние с достаточной точностью, а поэтому может быть рекомендован для практического использования при выявлении связи их и построении местных шкал разрядов высот древостоев.



Связь высот и диаметров деревьев в
древостоях.
1 - обобщающая кривая высот; 2, 3, 4 - кривые
высот в древостоях со средними диаметрами
14, 26, 34 см.

Таблица 5

Вероятные относительные высоты деревьев и древостоев
по ступеням толщины (в долях высоты при диаметре 26 см)

Показатели по ступеням толщины												
8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56

Наши данные для сосняков исследуемого района

0,617 | 0,742 | 0,838 | 0,913 | 0,974 | 1,020 | 1,054 | 1,078 | 1,093 | 1,098 | 1,104 | 1,108 | 1,115

По шкале М.В. Третьякова (1952)

0,560 | 0,710 | 0,820 | 0,907 | 0,974 | 1,022 | 1,058 | 1,086 | 1,102 | 1,119 | 1,129 | 1,136 | 1,141

По шкале Д.И. Товстогоса (Орлов и др., 1931)

0,457 | 0,594 | 0,722 | 0,857 | 0,960 | 1,032 | 1,084 | 1,116 | 1,136 | 1,155 | 1,165 | 1,170 | 1,174

Л и т е р а т у р а

- А н у ч и н Н. П. Сортиментные и товарные таблицы для сосны, ели, лиственницы, кедра, пихты, березы, осины, дуба и бука карпатского. М., Гослесбумиздат, 1963.
- В и о с ц и й К. К. Закономерности строения смешанных древостоев. М., Гослесбумиздат, 1962.
- Г о р о к и й П. В. Руководство для составления таблиц. М., Гослесбумиздат, 1962.
- К и ц е н к о И. А. Таблицы объема, объемов и высот деревьев в лесах Карелии. Петрозаводск, Изд. Наркомзема Карельской АССР, 1929.
- Л е в и н В. И. К вопросу о отроении сосняков Архангельской области. - Труды Архангел. лесотехн. ин-та, 1949, вып.13.
- М и т р о п о л ь с к и й А. К. Статистическое исчисление, т.4. Л., 1954.
- М и т р о п о л ь с к и й А. К. Элементы математической статистики. 1965 (Ленингр. лесотехн. академия имени С.М.Кирова).
- М о н с е е н к о Ф. П. Сортиментные таблицы для сосны и ели. М., 1954 (М-во сельского х-ва СССР).
- М о н к а х о в А. Г., И н д е л и н М. И., М а х о б ц е в И. А., С о л о в ь е в Г. А. Методические указания по применению сортиментно-сортовых и товарных таблиц для насаждений Ленинградской и Новгородской областей и указание таблицы. Л., 1965 (Ленингр. науч.-исслед. ин-т лесн. х-ва).
- М о н к а х о в А. Г., О н и ц и н Л. М., Л и б е т е р А. П. Руководство по обработке карточек деревьев и составлению объемных, сортиментно-сортовых и товарных таблиц на ЭВМ "Урал-2", 1966 (Ленингр. науч.-исслед. ин-т лесн. х-ва).
- О р х о в М. И., Т о в о т о л о в Д. И., З а х а р о в В. К., Ш у с т о в Б. А., Т ь р и н А. В. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. М.-Л., Сельхозгиз, 1931.

- С е м о ч к и н И. В. Особенности таксации древостоев в связи с типами возрастной структуры. Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1963, т.66.
- Т е т е л ь к и н А. Е. Обоснование таблиц для определения запаса при глазмерной таксации. Материалы науч.-техн. конференции Ленингр. лесотехн. академии им. С.М.Кирова, вып.2. Л., 1966.
- Т р е т ь я к о в Н. В. Методика составления массовых таблиц объема и объемов для древостоев ценных пород Северного Кавказа. Л., Гослестехиздат, 1937.
- Т р е т ь я к о в Н. В., Г о р с к и й П. В., С а м о й л о в и ч Г. Г. Справочник таксатора. М., Гослесбумиздат, 1952.
- Т ь р и н А. В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М., Сельхозгиз, 1930.
- Т ь р и н А. В. Таксация леса. М., Гослестехиздат, 1945.

А. В. Хохрин

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО

Естественные кедровники, как правило, характеризуются многовидовым составом древостоя со сложным строением, вертикальной сомкнутостью, биологически разновозрастной структурой, своеобразным многостадийным типом динамики лесных сообществ (Колесников, Смолоногов, 1960; Колесников, 1966).

В отличие от естественных кедровников культуры кедров представляют особый тип фитоценозов. Это интересный экспериментальный объект для изучения биологических особенностей кедров, как лесообразующей породы, в частности, для выяснения закономерностей строения кедровых насаждений, которые являются абсолютно разновозрастными и обычно чистыми по составу. На Среднем Урале было выявлено и обследовано 50 участков культур кедров сибирского в возрасте от 1 до 25 лет (Хохрин, 1966). На площадях по 0,5 га применялся способ сплошного перече́та. Не менее 20% особей от общего их количества учитывалось на площадях от 0,5 до 2 га и 5% при площади свыше 2 га. Высота саженцев измерялась рейкой с точностью до 1 см, а диаметры — штангенциркулем на уровне 0,1 высоты каждого экземпляра при средней высоте культур до 3 м и на уровне 1,3 м — в более высоких посадках.

В результате исследования установлено, что строение разновозрастных одновидовых культур кедров как на высоте, так и по диаметру зависит от их возраста и условий произрастания. В возрасте до 5 лет, когда саженцы кедров растут весьма медленно и находятся еще под защитой травяного покрова летом и снегового зимой, индивидуальная изменчивость их по высоте выражена слабо, коэффициент изменчивости составляет 20-30% (см. таблицу). При этом ряд распределения саженцев по высоте близок к нор-

мальной кривой (рис. 1, а), среднее дерево по высоте занимает место, соответствующее от начала ряда 35-38%.

В культурах кедров в возрасте от 7 до 13 лет наблюдается совершенно иная форма их строения. В этом возрасте уже небольшая часть саженцев (10-20%) возвышается над травостоем, а основная их масса еще "сидит" под его прикрытием. При графическом анализе ряда распределения этих культур обнаруживается резкая ступенчатая дифференциация саженцев кедров, коэффициент изменчивости по высоте достигает 40%. Характерно, что кривая ряда распределения как по высоте (рис. 1, б), так и по диаметру не соответствует нормальной кривой Лапласа-Гаусса, а имеет левую асимметрию и ясно выраженные две-три вершины. После аналитического выравнивания эта кривая приближается к кривой Пирсона типа I.

Дальнейшие исследования показали, что в более взрослых несомкнутых культурах (18-25 лет) ступенчатая дифференциация саженцев по их размерам сохраняется только при неблагоприятных условиях произрастания: сухих местоположениях, под пологом леса, а также в сомкнутых густых биогруппах. В оптимальных условиях произрастания в период, предшествующий смыканию, кривая ряда распределения по высоте выравнивается, многовершинность ее почти исчезает, а форма кривой приближается к нормальной (рис. 1, в).

В результате этих исследований мы приходим к выводу, что резкая дифференциация культур кедров до смыкания происходит не только в силу индивидуальной изменчивости саженцев, но и в значительной мере под воздействием окружающей среды. По нашим наблюдениям, в возрасте от 5 до 15 лет существует критический период в формировании искусственных насаждений кедров. Выходя из-под защиты травяного и снегового покрова, саженцы кедров начинают резко реагировать на новую окружающую обстановку. В процессе этого взаимодействия наиболее приспособленные саженцы ускоряют свой рост, а менее приспособленные отстают в росте или отмирают. К 15 годам большинство сохранившихся экземпляров достигает высоты 50-60 см и выходит из-под влияния травяного и снежного покрова. Заурбечность кривой по высоте в этом возрасте сглаживается, что свидетельствует об окончании дифференциации

Особенности строения культур кодра
(тип леса кодровый)

№ участка	Возраст, лет	Сохранность культур, %	Количество измеренных саженцев шт.	Распределение саженцев по категориям роста, %		
				Низкие	Средние	Высокие
22	4	86	95	34,7	59,7	5,6
15	5	84	468	65,7	33,5	0,8
21	7	39,5	85	42,0	44,4	13,6
30	8	35,6	70	35,6	45,7	18,6
31	8	34,1	105	62,9	25,7	11,4
7	8	92,0	38	23,7	39,5	36,8
28	12	10,0	53	28,4	41,4	30,2
26	12	72,7	276	57,9	34,9	7,2
16	13	35,2	116	66,2	28,4	5,2
6	15	55,2	217	39,6	48,9	11,5
5	19	30,0	283	28,9	57,2	13,9
14	23	60,5	63	16,0	51,3	32,7
1a	25	25,0	152	19,0	57,0	24,0
I	25	22,0	94	41,4	44,4	14,2
38	23	-	114	36,7	49,8	14,5

по высоте в зависимости от возраста
травяной)

Статистические показатели по высоте				Минимальная высота, см	Максимальная высота, см	Отношение высоты максимальной к минимальной	Место среднего дерева в ряду от начала, %
M ± m, см	±σ, см	C, %	P, %				
8,9±0,17	1,69	19,0	2,0	6	14	2,3	35
9,9±0,14	3,16	32,0	1,5	4	24	6,0	38
15,4±0,48	3,9	25,7	2,7	9	25	2,8	49
31,8±1,33	11,16	34,7	4,1	12	56	4,6	47
34,2±1,09	11,12	32,5	3,2	20	64	3,2	53
12,8±0,5	3,02	21,3	3,3	7	19	2,7	40
56,7±2,04	14,9	26,2	3,6	30	85	2,8	38
60,0±1,7	28,5	49,0	3,0	20	150	7,5	57
19,9±0,8	8,32	41,6	3,9	8	48	7,0	49
50,7±0,17	19,58	38,6	2,7	16	104	6,5	47
227 ±41,0	68,4	30,1	1,8	100	400	4,0	41
191 ± 9,0	73,8	37,7	4,7	20	320	16,0	41
370 ± 10	110,0	30,0	2,4	100	600	6,0	58
311 ± 11,0	108,0	34,7	3,5	150	550	3,6	50
201 ± 8,0	85,0	42,0	4,0	50	440	8,8	46,7

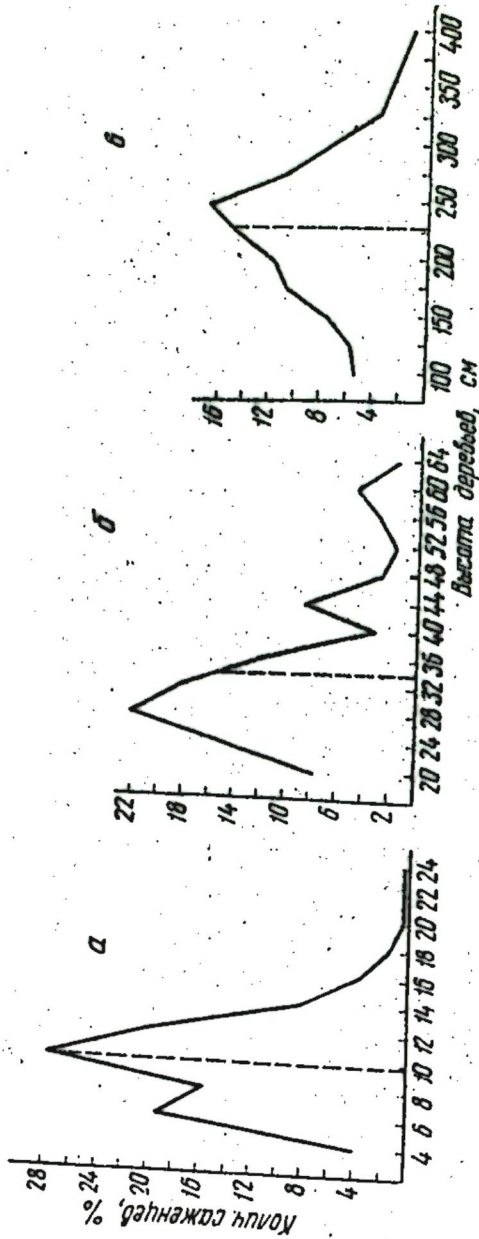


Рис. 1. Ряды распределения деревьев по высоте в культурах кедров сибирского.

а - 5 лет, участок № 15; б - 8 лет, участок № 31;
в - 19 лет, участок № 5.

под воздействием окружающей среды и достаточно устойчивом приспособлении саженцев кедров к новым условиям.

Рассматривая данные таблицы, нетрудно заметить, что с возрастом место среднего дерева передвигается к середине естественного ряда распределения (50-60%). Это связано с уменьшением числа низких деревьев. О значительной дифференциации саженцев кедров в культурах, кроме высокого коэффициента изменчивости (до 49%), свидетельствует отношение максимальной высоты к минимальной, которое колеблется от 2 до 9 кратностей и даже более.

Важной особенностью расположения среднего дерева является то, что в культурах со ступенчатой дифференциацией оно не приурочено к максимальной концентрации деревьев, т.е. не соответствует статистической моде. В таких культурах средние деревья представлены ограниченным количеством экземпляров (5-10%) и отбор средних моделей практически оказывается очень трудным. Строение культур кедров свидетельствует о том, что даже для однополных кедровых насаждений на ранних этапах их жизни характерна не горизонтальная, а ступенчатая (Эитинген, 1962) сомкнутость полога. Следовательно, чтобы повысить устойчивость культур кедров против неблагоприятных факторов внешней среды, необходимо обеспечить им быстрое и равномерное смыкание более густой посадкой.

Многовершинность кривой рядов распределения культур кедров по высоте, проявляющаяся особенно в неблагоприятных условиях даже до смыкания насаждений, по-видимому, связана с биологической разнокачественностью особей кедров. Иначе говоря, лесокультурные фитоценозы, хотя они абсолютно однополные, не являются однородными, а состоят из групп, различающихся по экологическим свойствам и морфологическим признакам. Так, на пробе с участка № 26 по расположению спиралей брахисластов на стволах саженцев были выделены левая и правая формы кедров. Оказалось, что левых форм встречается в популяции больше, чем правых, на 8%, но зато правые формы по высоте превышают левые на 10%. Это явление уже определяет два максимума в естественном ряду распределения саженцев по высоте. Требуется дальнейшее исследование для установления роли левой и правой форм в строении кедров-

вых насаждений, тем более, что этому явлению в настоящее время придается важное значение (Синнот, 1963; Урманцев, 1966; Федоров, 1967).

Резюмируя изложенное, можно сказать, что по строению культуры кедра характеризуются асимметрией и многовершинностью рядов распределения по высоте и диаметру, несоответствием среднего дерева статистической моде, большим коэффициентом изменчивости (30-40%), ступенчатой дифференциацией и вертикальной сомкнутостью, неодинаковой встречаемостью и биологической разнокачественностью левых и правых форм (морфотипов).

Таким образом, одновозрастные чистые культуры кедра по строению, оказывается, имеют некоторые черты сходства с естественными кедровыми древостоями.

Л и т е р а т у р а

- К о л е с н и к о в Б. П. Кедровые сосны и кедровые леса СССР. Лесное хозяйство и промышленное потребление древесины в СССР (Доклады к VI Мировому лесному конгрессу). М., 1966.
- К о л е с н и к о в Б. П., С м о л о ж о в Е. П. Некоторые закономерности возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауральяского Приобья. - Труды по лесному хозяйству Сибири, вып.6. Новосибирск, 1960.
- С и н н о т Э. Морфогенез растений. М., Изд-во иностр. лит., 1963.
- У р м а н ц е в Ю. А. О олействах D - и L - модификаций биологических объектов. Успехи совр. биол., 1966, т.61, вып.3.
- Ф е д о р о в А. Л. О ливенных правизмах и левизмах у растений и их значение в науке и практике. Растительные ресурсы, 1967, т.3, вып.1.
- Х о х р и н А. В. Культура кедров сибирского на Среднем Урале. Автореф. канд.дисс. Свердловск, 1966.
- В и т л и н г е н Г. Р. Рубки ухода за лесом в новом освещении. Избр. труды. М., ТСХА, 1962.

В.В.Плотников

ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ НА ИХ РОСТ И РАЗВИТИЕ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ

В сообществах растений составляющие их особи находятся в неоднородной внутриценозной микроэкологической среде и испытывают в той или иной мере угнетение, связанное с конкурентными отношениями. В связи с этим давно делаются попытки оценить взаимоотношения и различия между особями, качественная неоднородность которых нередко проявляется чрезвычайно отчетливо. Так, всем известна классификация форм деревьев Крафта, основанная на внешних признаках, обусловленных разной степенью угнетения. Ряд интересных исследований по этому вопросу выполнен на экспериментальном уровне (см. "Механизмы биологической конкуренции", 1964). Большой фактический материал к оценке конкурентных отношений накоплен в агрономии и лесокультурном деле, однако в естественных популяциях и сообществах растений, судя по новейшей работе Грейг-Смита (1967), к выявлению внутриценозных различий и взаимоотношений между растениями в количественных показателях каких-либо определенных методических подходов еще нет.

В лесной таксации, накопившей громадный опыт количественного анализа роста древостоев и отдельных деревьев, имеются лишь единичные попытки связать изменчивость таксационных признаков деревьев с неравнозначностью их пространственного положения в древостоях (Лесков, 1956; Проскураков, 1967).

По-видимому, все это следует связать с отсутствием эффективных методов для подобного рода работ. Изложению одного из возможных подходов к решению вопроса на конкретном примере и посвящена настоящая статья.

С целью выяснить влияние неоднородности в размещении деревьев на их рост нами было произведено картирование участка вырубки площадью в 0,2 га в типе леса "ельник-черничник" (Бассейн р. Вишеры, Северный Урал). На пробной площадке закартированы все пни свежесрубленных и вывезенных деревьев. Для каждого пня определялось его расположение относительно других деревьев, диаметр (в коре по двум взаимно перпендикулярным направлениям) и количество годичных колец. Всего было обмерено 156 пней.

Обработка материала показала относительную одновозрастность сформировавшегося древостоя (Семечкин, 1967), так как исследованный массив леса образовался на месте гари. Возраст подавляющей части деревьев ели, пихты, березы и осины колебался в пределах 100-130 лет, хотя до 15% общего числа составляли более молодые деревья. Расстояние между отдельными ближайшими деревьями варьировало от 0,3 до 10 м, а площадь, приходящаяся на одно дерево, от 1 до 100 м².

Ранее показано, что различные варианты размещения деревьев по площади могут характеризоваться разными типами кривых распределения (Плотников, 1968): В данном случае размещение деревьев беспорядочное, поскольку варьирование иллюстрируется кривой нормального распределения. Допуская, что микроэкологические условия (почва, увлажненность и т.д.) внутри участка сравнительно однородны, естественно предполагать, что дифференциация деревьев по росту обусловлена неоднородностью их размещения. Анализ и доказательство этого предположения и составляли задачу нашего исследования.

Известны попытки связать изменчивость характеристики отдельных деревьев с расстоянием между ними. Так, М.К. Бочаров и Г.Г. Самойлович (1964) дают теоретическое обоснование метода, а Меркель (O. Merkel, 1967) успешно использует его для анализа изменчивости толщины сучьев у ели. Однако применение этого метода для выявления связи между приростами отдельных деревьев по диаметру и расстоянием от них до ближайших деревьев при анализе нашего материала оказалось неудачным, поскольку связь обнаружено не было, хотя теоретически она должна быть. Поэтому для отыскания связи мы воспользовались другим способом.

На плане участка вокруг каждого дерева можно описать окружность определенного постоянного радиуса. Для некоторых деревьев внутри этого круга не попадает ни одно дерево, кроме него самого. Около других деревьев окажется одно, два, три, пять или более деревьев. Очевидно, количество деревьев на площадке вполне объективно характеризует центрическое положение центрального дерева, т.е. чем больше деревьев его окружает (на площадке), тем сильнее при прочих равных условиях оно стеснено.

Условимся называть количество деревьев на круговой площадке (включая центральное) плотностью для этого дерева. Каждому дереву на пробе, таким образом, будет соответствовать определенная плотность (1, 2, 3 и т.д.). Практически для каждого дерева, с помощью циркуля, по плану участка легко рассчитать плотность при любом радиусе площадки. При высокой густоте или большом радиусе можно воспользоваться круговой палеткой.

Описанным способом вся совокупность деревьев ели и пихты (отдельно) на пробе была сгруппирована по классам плотности (1, 2, 3 и т.д.). Для групп деревьев определенных классов плотности были вычислены средние годичные приросты по диаметру как средние арифметические по приростам отдельных деревьев.

Связь прироста с плотностью для ели (75 деревьев) выявилась вполне отчетливо (рис. 1, а) при всех радиусах площадок (1, 2, 3 и 4 м). Такой же анализ был проделан для пихты (52 дерева). Результат оказался менее наглядным (рис. 1, б), хотя общая тенденция изменения прироста с плотностью видна.

При подсчете плотностей учитывались деревья всех пород без какой-либо дифференциации, т.е. не отмечалось качественное состояние окружения конкретного дерева. Деревья, попадающие на границу круговой площадки, учитывались полностью. Деревья, расположенные от границ пробы на расстоянии, меньшем радиуса учетной площадки, не учитывались, поскольку неизвестно их расположение за границами пробы и плотность для них может быть заниженной (краевой эффект). В данном случае краевой эффект исключить легко. При использовании метода промеров расстояний до ближайших деревьев краевой эффект практически трудно устранить, что является существенным недостатком этого метода. Характерно

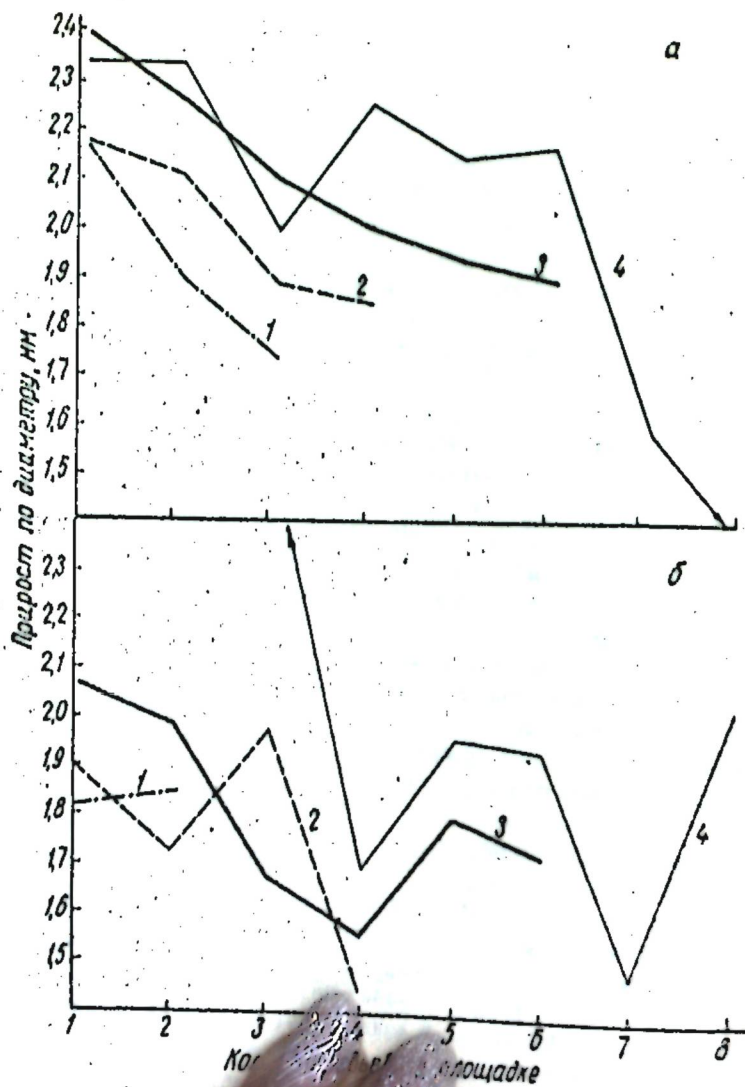


Рис.1. Зависимость среднего прироста по диаметру от количества деревьев на площадке.

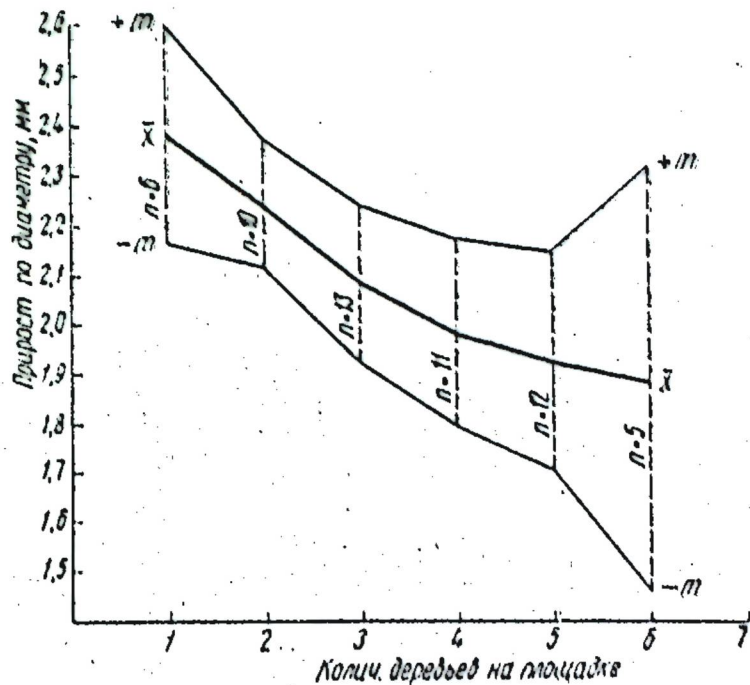


Рис.2. Варьирование среднего годовичного прироста по диаметру в пределах классов плотности. Радиус площадки 3 м. п - количество деревьев.

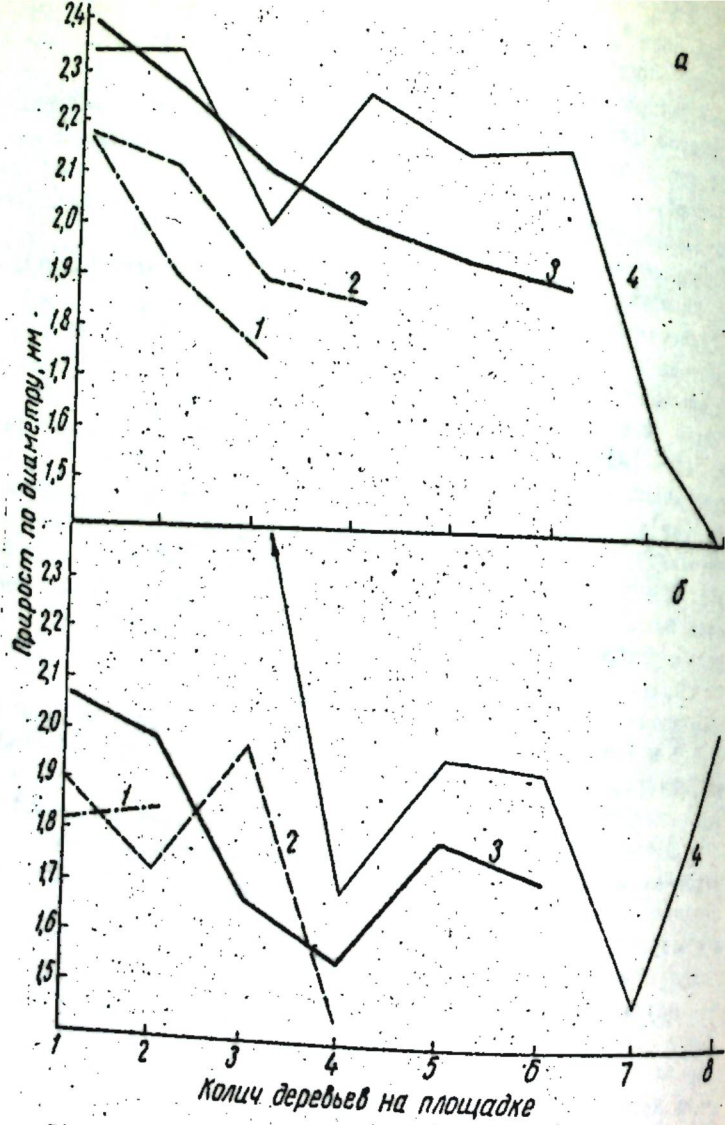


Рис. 1. Зависимость среднегодового прироста по диаметру от плотности.
а - ель, б - пихта; 1-4 - кривые для площадок радиусом 1-4 м.

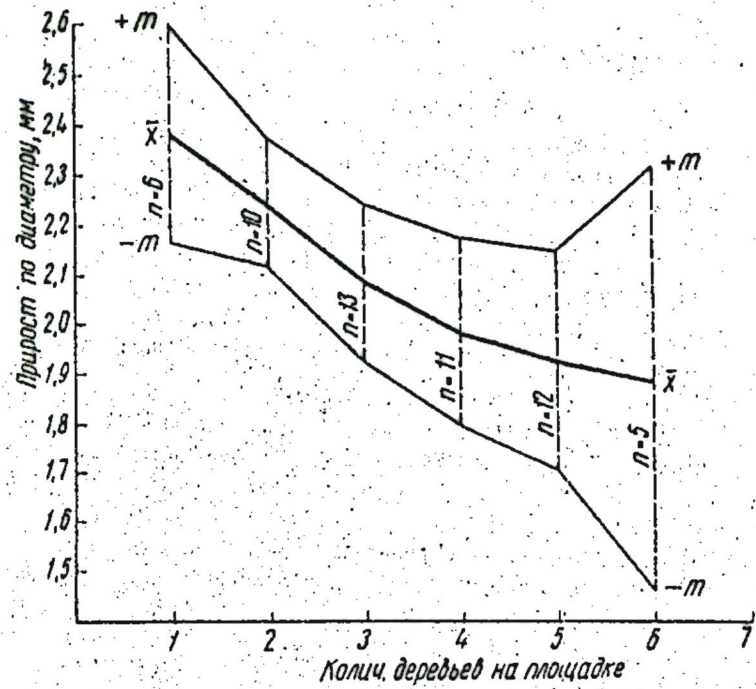


Рис. 2. Варьирование среднего годовичного прироста ели по диаметру в пределах классов плотности. Радиус площадки 3 м. n - количество деревьев.

и вполне естественно, что с увеличением плотности увеличивается и размах варьирования прироста. Это показано на примере ели (рис. 2).

В целом, по результатам настоящих наблюдений можно сделать следующие выводы.

1. Неравномерность в размещении деревьев по площади внутри ценоза отражается на их росте и является существенным фактором, регулирующим производительность естественных древостоев. Так, по нашим наблюдениям, у ели и пихты при беспорядочном размещении деревьев по площади различия в среднем годовичном приросте по диаметру между оптимально и пессимально расположенными деревьями достигают 20%. По-видимому, аналогичные результаты можно получить для ряда других количественных и качественных показателей отдельных деревьев (и, в принципе, для древостоев в целом).

2. На степень огущенности — разреженности и размещения индивидов по площади внутри ценоза деревья различных пород реагируют по-разному, что связано с их биологическими свойствами. Так, из рис. 1 можно заключить, что пихта более пластична, чем ель.

3. Наиболее наглядные результаты по оценке влияния плотности на рост деревьев получаются при определенной или оптимальном радиусе круговой площадки, который может быть найден эмпирическим путем. Оптимальный радиус можно рассматривать как интегральный показатель, отражающий степень взаимовлияния деревьев в областях ризосферы и кроны и характеризующий условия микро-среды.

4. С увеличением плотности окружения отдельных деревьев в пределах ценоза дифференциация их по росту усиливается.

5. Предлагаемый метод учета плотностей на круговых площадках постоянного радиуса более эффективен, чем метод промеров расстояний между растениями. Его преимущества заключаются в строгой объективности, в полной возможности исключить краевой эффект и в сравнительно малой трудоемкости. Так, для картирования участка вырубki с обмером пней, подсчетом возрастов, рубкой и обмером недоруба потребовалось двум человекам три дня.

6. Изложенный подход может быть рекомендован для анализа размещения не только деревьев, но и других жизненных форм растений в сообществах. Анализу могут быть подвергнуты не только морфометрические, но и качественные показатели индивидов. Картирование размещения особей на пробных площадях является обязательной предпосылкой для более глубокого и всестороннего анализа за структуры, строения и жизненных процессов биосистем.

Наши конкретные выводы можно рассматривать лишь как сугубо ориентировочные, т.е. иллюстративные к изложению метода.

Л и т е р а т у р а

- Б о ч а р о в М. К., С а м о и л о в и ч Г. Г. Математические основы дешифрирования аэроснимков леса. М., "Лесная промышленность", 1964.
- Г р е й г - С м и т Л. Количественная экология растений. М., "мир", 1967.
- Л е с к о в Н. Д. Особенности таксационной характеристики и структуры био групп в типе леса "бор-брусничник". — Сборник трудов по лесному хозяйству, вып.4. Свердловск, 1956 (Урал. лесотехн. ин-т).
- Механизмы биологической конкуренции. М., "мир", 1964.
- П л о т н и к о в В. В. К вопросу о горизонтальной структуре древесного яруса лесных сообществ. — Лесоведение, 1968, № 5.
- П р о с к у р я к о в м. А. К вопросу об элементарной структуре насаждений. — Научно-производственная конференция по вопросам лесного хозяйства в Казахстане. (Тезисы докладов), Алма-Ата, 1967.
- С е м е ч к и н И. В. Принципы выделения и таксации разновозрастных древостоев. Разновозрастные леса Сибири, Дальнего Востока и Урала и ведение хозяйства в них, Красноярск, 1967.
- Merkel O. Der Einfluss des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte. — Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 1967, Bd 138, №6.

Г.Е. Кокин

ОЦЕНКА ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЕВ ПО МОДЕЛЬНЫМ ДЕРЕВЬЯМ
ДЛЯ ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В дендроклиматологических исследованиях при установлении связи между шириной годичных колец и климатическими факторами давно используются одиночно растущие деревья или деревья, специально подобранные для этих целей на древостоях (Дмитриева, 1959). В настоящее время начинаются поиски связей между климатическими факторами и приростом древостоев в целом (Битвинская, 1965, 1966; Вильс, 1966 и др.). Но взятие образцов, измерения и последующий анализ годичных колец у всех 200-250 деревьев на пробной площадке - дело трудоемкое и отнимает у исследователей очень много времени. В связи с этим большой интерес представляет выяснить, какие деревья наиболее точно характеризуют динамику прироста всего древостоя и сколько деревьев нужно подвергнуть анализу, чтобы получить необходимые данные с минимальными затратами труда и времени.

Обычно при лесозащитных исследованиях для таксационной характеристики древостоев измеряют средние модельные или учетные (пропорциональное представительство моделей от количества деревьев в каждой ступени толщины) деревья. Однако результаты, полученные Л.К. Поздняковым (1965), А.Г. Москалевым (1957), Ю.Н. Савичем (1965), М.Л. Дворецким (1966), показывают, что средние по размерам деревья не фиксируют достаточно полно динамику древостоев в целом. По мнению этих исследователей, только наиболее толстые деревья, занимающие в настоящее время ранг I 85 и бо-

1 Под рангом дерева понимается его место в ранжированном ряду по диаметру всех деревьев древостоя, начиная от самого тонкого, выраженное в процентах.

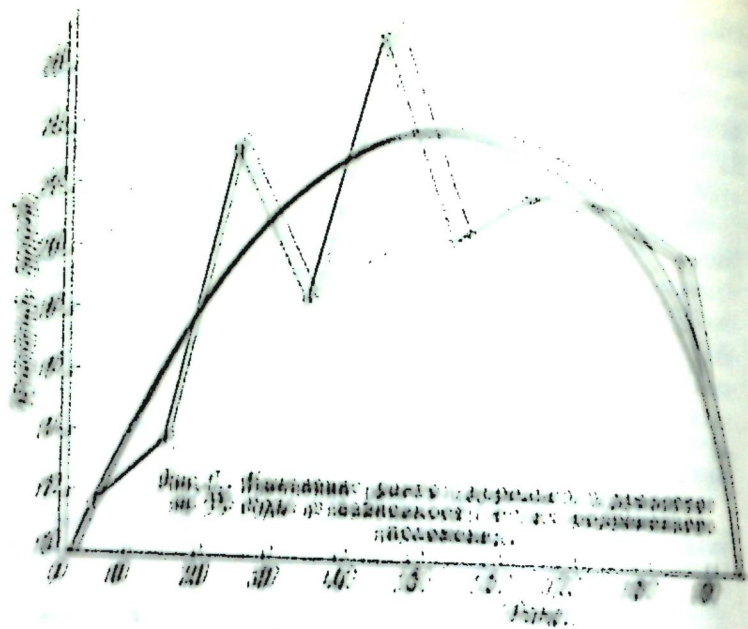
лее, идентичны по своему росту, а следовательно, и по динамике прироста с ростом древостоев.

Чтобы выяснить, какие же деревья наиболее точно отражают динамику прироста всего древостоя, нами был подвергнут анализу прирост всех деревьев на пробной площадке, заложеной в 1964 г. в сосняке лишайниковом (по Смолоногову и Фирсовой, 1966) на возвышенности Люлин-Вор Западно-Сибирской равнины.

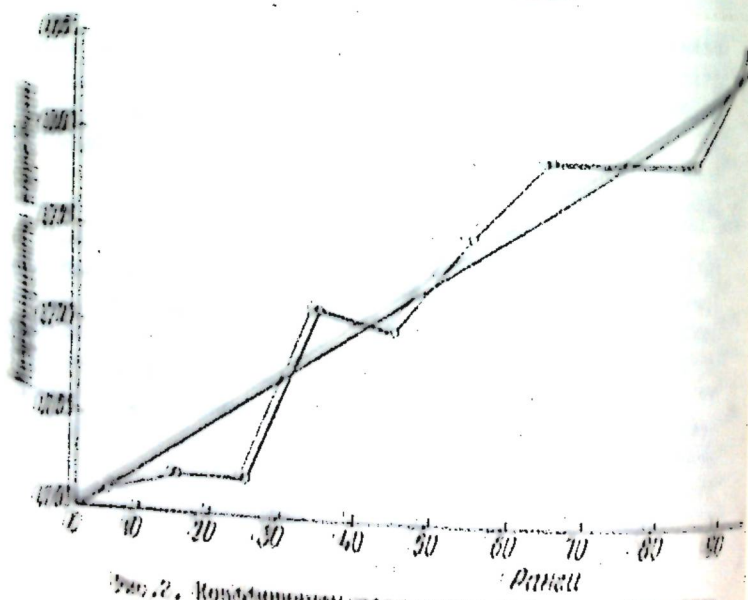
Насаждение, в котором заложена пробная площадка, занимает верхнюю часть склона третьей надпойменной террасы р.Северной Сосьвы. Участок достаточно хорошо дренирован, почва супесчаная, свежая; сильноподолистная. Размер пробной площадки 0,25 га. Состав древостоя ЮС+Лц, количество деревьев на пробе 212 сосен и 10 лиственниц. Средний возраст древостоя (определен по модельным деревьям) 122 года, средняя высота 11,8 м, средний диаметр 15,1 см, поднота 0,55, запас стволовой массы 108 м³/га, бонитет - Уа. Подлесок редкий из ивы козьей и шиповника иглистого. Кустарничковый ярус густой, невысокий, представлен багульником, голубикой, брусничкой, черникой и водяникой. В напочвенном покрове преобладают лишайники, относящиеся к родам кладония и цетрария, с участием пятен политриховых и сфагновых мхов.

В 1926 г. насаждение было пройдено низовым пожаром, в результате которого отмерла некоторая часть ранее уже ослабленных деревьев. Это конечно нарушило в какой-то мере естественный процесс развития древостоя: до 30% деревьев имеют следы этого пожара в виде незначительных заросших пожарных подсушин. У небольшого числа деревьев в 1926 и 1927 гг. несколько уменьшился прирост. Это позволяет предполагать, что пожар был слабым и не оказал серьезных последствий на дальнейшую динамику прироста древостоя.

Пробная площадка заложена по обычной методике, используемой при составлении таблиц хода роста. Кроме того, у всех деревьев сосны были взяты образцы древесины возрастным буравом по одному случайному радиусу. Высота взятия образцов была принята равной во всех случаях 0,5 м от основания ствола. Это позволяет проследить изменение прироста деревьев с более раннего возраста, тогда как при взятии образцов на высоте груди



Диаг. 1. Коэффициент корреляции прироста деревьев и диаметра их в зависимости от диаметра.



Диаг. 2. Коэффициент корреляции прироста деревьев и диаметра в зависимости от диаметра.

Таблица 1
Коэффициенты корреляции между приростом деревьев и диаметрами его деревьев

№ дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,40	0,63	0,59	0,74	0,65	0,25	0,75	0,80	0,20	0,86
10	0,76	0,47	0,43	0,53	0,84	0,89	0,76	0,05	0,53	0,24
20	0,15	0,73	0,00	0,01	0,69	0,82	0,89	0,86	0,79	0,07
30	0,63	0,76	0,27	0,75	0,75	0,67	0,49	0,67	0,77	0,83
40	0,41	0,81	0,73	0,61	0,76	0,37	0,70	0,21	0,89	0,82
50	0,64	0,79	0,60	0,66	0,59	0,91	0,74	0,21	0,85	0,81
60	0,72	0,44	0,89	0,79	0,85	0,93	0,84	0,14	0,84	0,72
70	0,67	0,87	0,71	0,91	0,85	0,75	0,86	0,36	0,11	0,90
80	0,85	0,82	0,49	0,63	0,49	0,86	0,15	0,20	0,79	0,91
90	0,68	0,42	0,51	0,88	0,82	0,75	0,88	0,80	0,81	0,64
100	0,82	0,85	0,74	0,67	0,87	0,79	0,95	0,66	0,26	0,82
110	0,89	0,74	0,92	0,88	0,16	0,89	0,66	0,24	0,87	0,93
120	0,84	0,24	0,96	0,65	0,89	0,80	0,70	0,20	0,81	0,87
130	0,90	0,20	0,89	0,39	0,78	0,54	0,73	0,20	0,62	0,77
140	0,93	0,85	0,86	0,88	0,62	0,91	0,76	0,85	0,79	0,75
150	0,92	0,22	0,24	0,06	0,74	0,20	0,88	0,82	0,66	0,91
160	0,94	0,26	0,92	0,79	0,87	0,80	0,80	0,79	0,78	0,64
170	0,92	0,93	0,55	0,88	0,27	0,79	0,57	0,91	0,73	0,93
180	0,79	0,65	0,86	0,83	0,28	0,88	0,89	0,85	0,78	0,84
190	0,92	0,74	0,78	0,87	0,87	0,86	0,96	0,24	0,87	0,24

для определения синхронности в изменении прироста деревьев использовали специальную светоимпульсную установку. Увеличение прироста от одного года к следующему отмечалось проколом на верхней полосе перфоленты, уменьшение - на нижней, а сохранение размеров прироста на том же уровне обозначалось проколом на середине перфоленты. Затем две такие перфоленты пропускались через светоимпульсную установку и количество световых импульсов, прошедших через проколы на лентах, давало число синхронных изменений прироста сравниваемых деревьев или древостоев.

Для установления синхронности в изменении прироста древостоя и слагающих его деревьев мы пользовались следующим приемом. На кальке был составлен основной спектр изменения прироста древостоя (рис. 3, А). Увеличение прироста от предыдущего года к каждому последующему отмечалось кружком на верхней полосе спектра, если прирост сохранялся на том же уровне, то кружок ставился в центре спектра, а уменьшение прироста обозначалось кружком на нижней полосе спектра. Такие же спектры на белой или миллиметровой бумаге строились для прироста каждого дерева (рис. 3, Б), но увеличение, сохранение на том же уровне и падение величины прироста от предыдущих лет к последующим отмечалось уже не кружочками, а точками. При наложении на спектр дерева кальки со спектром древостоя и совмещении календарных лет через нее просвечивались точки спектра дерева. В тех случаях, когда точки окаймлялись кружками, на кальке отмечалось совпадение в изменении прироста древостоя и рассматриваемого дерева. Подсчет окаймленных точек (рис. 3, В) давал количество синхронных изменений прироста древостоя и рассматриваемого дерева. Далее производилось вычисление коэффициента синхронности по формуле:

$$S = \frac{n}{N-1}, \quad (1)$$

где S - коэффициент синхронности;
 N - общее количество годовичных приростов сопоставляемых рядов;
 n - число синхронных изменений прироста сопоставляемых рядов.

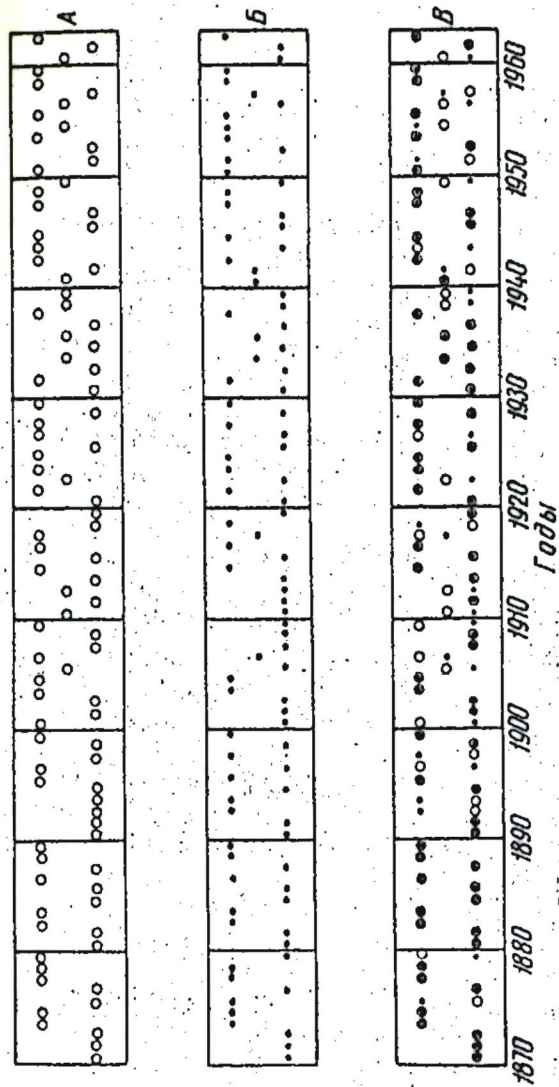


Рис. 3. Спектры приростов древостоя (А) и дерева (Б) для определения синхронности их изменений (В).

Согласно рис. 3, числ. синхронности изменений прироста древо-
стоя и дерева № 155 (количество окаймленных точек) равно 67, а
общее количество годовичных приростов сопоставляемых рядов 94.
Используя формулу (1), получим в данном случае

$$S = \frac{67}{94-1} = 0,71.$$

Насколько коэффициент синхронности важен при дендроклима-
тологических исследованиях, покажем на конкретном примере. На
рис. 4 представлены ряды вычисленных по В.Е.Рудакову (1958) мо-
дульных коэффициентов прироста древостоя и деревьев № 44 и 174.
Коэффициент корреляции между приростом древостоя и дерева № 44
равен 0,61, а коэффициент синхронности 0,77, а между приростом
древостоя и дерева № 174 соответственно 0,88 и 0,44. Средняя
квадратическая ошибка (σ) отклонений модульных коэффициен-
тов прироста указанных деревьев от таковых же значений древо-
стоя оказалась меньше для дерева № 44, у которого выше значе-
ние коэффициента синхронности, хотя и при меньшем значении ко-
эффициента корреляции. Для дерева № 44 σ равна $\pm 20,6\%$, а
для дерева № 174 $\pm 32,8$, т.е. среднеквадратические ошибки почти
обратно пропорциональны значениям коэффициентов синхронности.

Вычисленные коэффициенты синхронности между приростом дре-
востоя и составляющих его деревьев приведены в табл. 2. Здесь
так же, как и в случае коэффициентов корреляции, наблюдается
тенденция увеличения коэффициентов синхронности с возрастанием
рангов деревьев. Для более наглядного представления об указан-
ной тенденции приводим рис. 5, где показаны усредненные коэффи-
циенты синхронности 10 групп, образованных 20 деревьями десяти
соседних рангов.

Приведенные в табл. 2 значения коэффициентов синхронности
относительно невелики и не превышают 0,75. Минимальный коэффи-
циент синхронности равен 0,31, а средний для всех деревьев дре-
востоя 0,61. Однако в зависимости от лесорастительных условий
и в особенности от природных зон синхронность в динамике при-
роста деревьев и древостоев будет значительно меняться. В силь-
ной степени это зависит от особенностей климатических условий
района. Если один из ведущих климатических факторов (тепло или

Таблица 2

Коэффициенты синхронности между приростом древостоя
и слагающих его деревьев

№ де- рева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,44	0,52	0,39	0,47	0,31	0,58	0,69	0,37	0,45	0,67
10	0,52	0,69	0,61	0,63	0,67	0,44	0,58	0,48	0,45	0,55
20	0,52	0,67	0,65	0,57	0,57	0,68	0,57	0,63	0,62	0,47
30	0,45	0,54	0,49	0,45	0,67	0,48	0,47	0,73	0,65	0,77
40	0,65	0,67	0,62	0,77	0,62	0,45	0,49	0,61	0,61	0,67
50	0,39	0,56	0,39	0,63	0,47	0,63	0,42	0,61	0,59	0,63
60	0,46	0,71	0,63	0,47	0,63	0,70	0,66	0,60	0,71	0,62
70	0,61	0,66	0,71	0,66	0,70	0,43	0,50	0,68	0,62	0,58
80	0,48	0,45	0,54	0,35	0,61	0,63	0,65	0,60	0,69	0,66
90	0,73	0,62	0,33	0,67	0,65	0,62	0,72	0,47	0,59	0,68
100	0,66	0,58	0,61	0,57	0,69	0,67	0,56	0,70	0,62	0,66
110	0,62	0,61	0,70	0,59	0,63	0,59	0,70	0,66	0,54	0,65
120	0,51	0,75	0,66	0,74	0,71	0,58	0,69	0,56	0,40	0,70
130	0,67	0,65	0,69	0,58	0,66	0,63	0,49	0,74	0,60	0,66
140	0,66	0,71	0,68	0,66	0,66	0,70	0,52	0,58	0,61	0,71
150	0,65	0,71	0,62	0,68	0,71	0,65	0,59	0,64	0,66	0,68
160	0,62	0,65	0,67	0,68	0,68	0,59	0,61	0,67	0,57	0,74
170	0,64	0,66	0,61	0,44	0,66	0,54	0,66	0,65	0,65	0,64
180	0,65	0,60	0,59	0,61	0,68	0,68	0,56	0,66	0,61	0,59
190	0,69	0,65	0,62	0,60	0,68	0,60	0,64	0,69	0,58	0,74

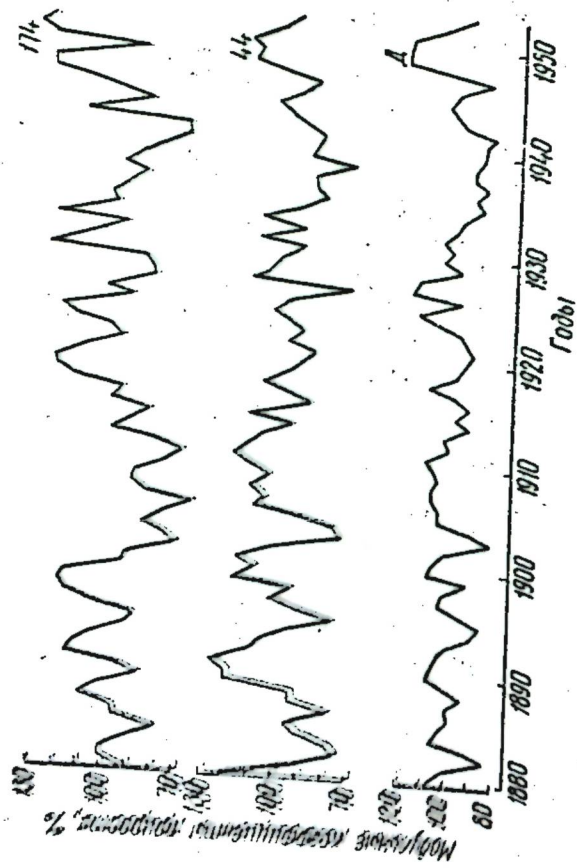


Рис. 4. Модуль коэффициента корреляции прироста древостоя (Л) и диаметра № 44 и 174.

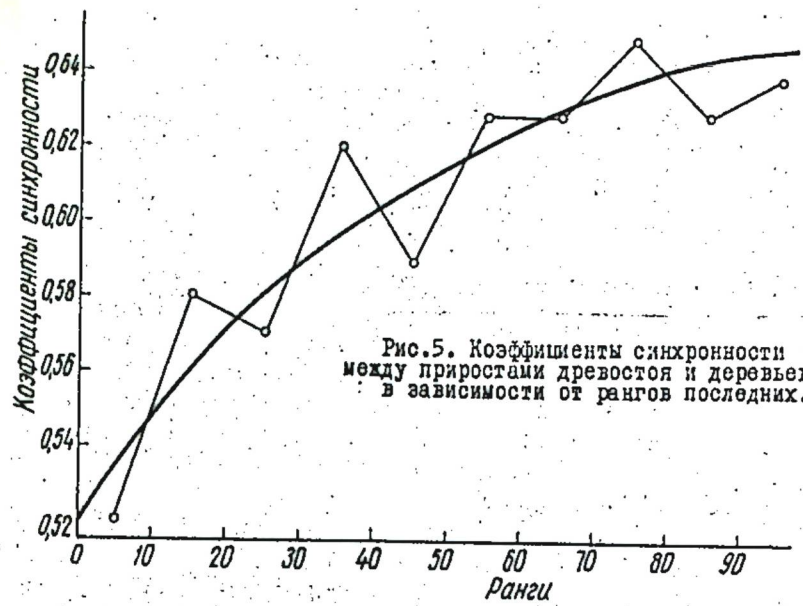


Рис. 5. Коэффициенты синхронности между приростами древостоя и деревьев в зависимости от рангов последних.



Рис. 6. Сопоставление приростов древостоя (1) и дерева (2) с коэффициентом подобия 1,0.

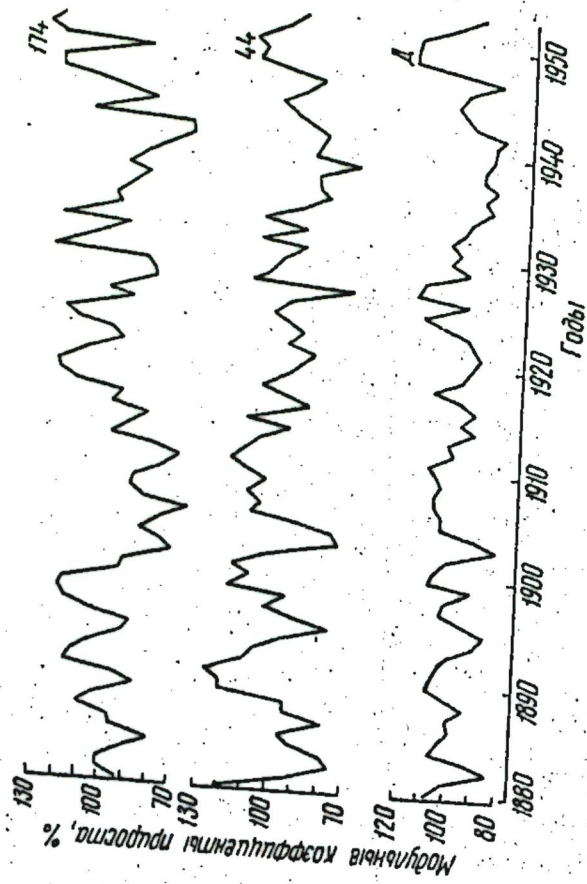


Рис. 4. Модульные коэффициенты прироста древостоя (Д) и деревьев № 44 и 174.

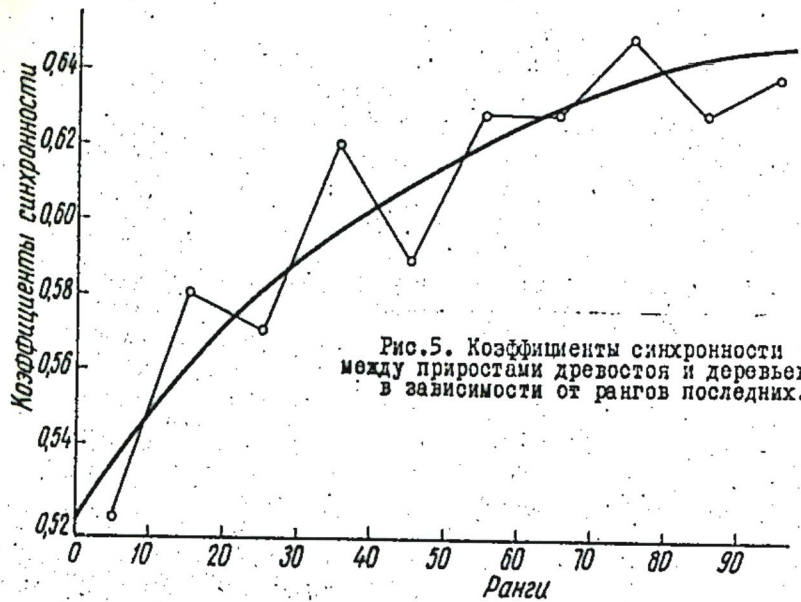


Рис. 5. Коэффициенты синхронности между приростами древостоя и деревьев в зависимости от рангов последних.



Рис. 6. Сопоставление приростов древостоя (1) и дерева (2) с коэффициентом подобия I, 0.

влаги) находится в минимуме, тем самым ограничивая рост деревьев, то синхронность в изменении прироста возрастает. В условиях же, где соотношение тепла и влаги находится в оптimume, на первый план выступают другие факторы - фитоценоотические, эдафические и т.п. По данным Т.Т.Битвиньскаса (1966), в Литовской ССР прирост деревьев имеет синхронность с приростом древостоев от 50 до 90%.

При дендроклиматологических исследованиях как коэффициент корреляции, так и коэффициент синхронности в одинаковой степени важны для оценки однородности в динамике прироста древостоев и деревьев. Поэтому, чтобы учесть оба эти показателя, мы решили использовать их произведение, которое назвали коэффициентом подобия. Теоретически последний, как и коэффициент корреляции, может иметь значения в пределах от $-1,0$ до $+1,0$. Коэффициент синхронности меняется только в пределах от 0 до $+1,0$.

Чтобы показать реальность предлагаемого коэффициента подобия, приводим такой пример. На рис. 6 представлена динамика прироста древостоя и дерева, реально не существующего в данном древостое, но коэффициент подобия прироста которого с приростом древостоя равен $+1$. Коэффициент синхронности также равен 1 , поскольку все направления в изменении прироста древостоя и дерева совпадают. Коэффициент корреляции равен $+1$, так как здесь прирост дерева в два раза выше, чем прирост древостоя во всех случаях. Если для древостоя и для дерева вычислить модульные коэффициенты прироста (например по Рудакову (1958) или по любой другой методике), то для каждого календарного года их значения полностью совпадут, так как норма прироста у дерева в связи с возрастом также будет в два раза выше по сравнению с древостоем. Из этого следует, что чем выше коэффициент подобия между приростом сравниваемых деревьев или древостоев, тем больше сходства между их модульными коэффициентами прироста, а последние, как известно, служат основой для сопоставления прироста деревьев и древостоев с климатическими факторами.

На рис. 4 уже приводились модульные коэффициенты прироста древостоя и двух деревьев № 44 и 174. Различия между ними оказались большими при меньшем значении коэффициента подобия (0,39

у дерева № 174), при увеличении коэффициента подобия (0,45 у дерева № 44) различия в модульных коэффициентах прироста, наоборот, уменьшаются.

Вычисленные коэффициенты подобия прироста деревьев с приростом древостоя приведены в табл. 3. Они так же, как и исходные для их получения коэффициенты корреляции и синхронности, возрастают с увеличением рангов деревьев, что хорошо видно на графике (рис. 7). Все это говорит за то, что деревья высших рангов наиболее пригодны для дендроклиматологических исследований и по ним можно определить прирост древостоя с большей точностью, чем по средним и тонким деревьям при одинаковом количестве моделей.

Сказанное подтвердилось и расчетами при определении среднего прироста древостоя на основе 20 деревьев разных комбинаций по их размещению в ранжированных рядах: 1) по приросту деревьев низших (1-10) рангов; 2) по приросту деревьев средних (53-62) рангов, по приросту четных деревьев (равномерно расположенных по всему ранжированному ряду) и 4) по приросту деревьев высших (91-100) рангов. Для приведения полученных размеров прироста к среднему значению использовалась следующая формула:

$$\bar{z}_d = \frac{\bar{z}_m \cdot d_d}{d_m}, \quad (2)$$

где \bar{z}_d и \bar{z}_m - средние значения годовичного прироста по диаметру древостоя и модельных деревьев;

d_d и d_m - средние значения диаметра древостоя и модельных деревьев.

Затем для каждого случая полученных результатов прироста были вычислены коэффициенты корреляции (r), синхронности (S) и подобия (K), средние квадратические ошибки (σ) и точность опыта (P) в сопоставлении с действительным приростом древостоя, определенным по приросту всех деревьев. Результаты этих вычислений приведены в табл. 4. Как видно из этой таблицы, с большей точностью прирост древостоя определяется по модельным деревьям высших рангов. При использовании моделей де-

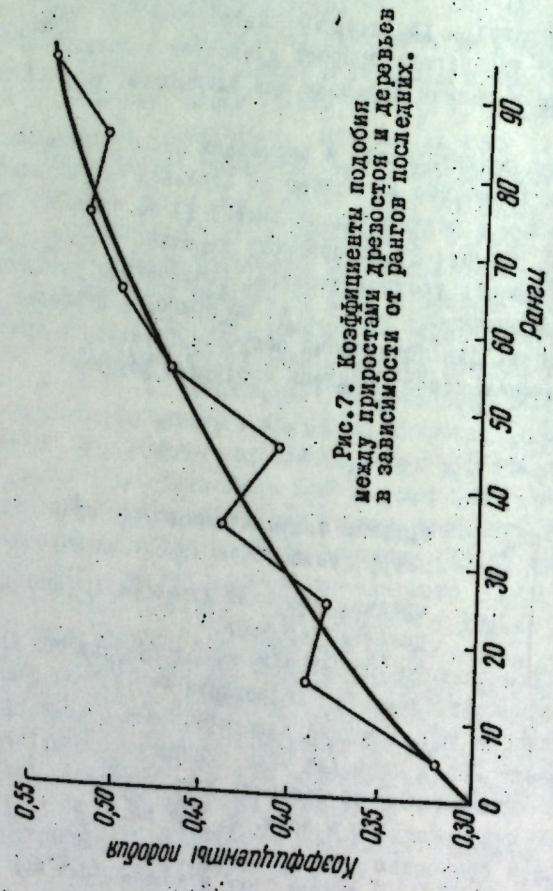


Таблица 3

Коэффициенты подобия между приростом древостоя и слагающих его деревьев

№ дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,17	0,34	0,23	0,35	0,20	0,14	0,52	0,33	0,40	0,58
10	0,40	0,32	0,26	0,33	0,56	0,39	0,44	0,02	0,26	0,13
20	0,08	0,49	0,05	0,46	0,39	0,56	0,51	0,54	0,49	0,41
30	0,28	0,41	0,13	0,34	0,50	0,32	0,23	0,49	0,50	0,64
40	0,27	0,54	0,45	0,47	0,47	0,17	0,34	0,13	0,54	0,66
50	0,25	0,44	0,23	0,42	0,28	0,57	0,31	0,13	0,48	0,51
60	0,33	0,31	0,56	0,37	0,53	0,65	0,55	0,08	0,60	0,45
70	0,42	0,57	0,50	0,60	0,59	0,32	0,43	0,25	0,07	0,57
80	0,41	0,37	0,26	0,22	0,30	0,54	0,10	0,54	0,49	0,60
90	0,50	0,26	0,17	0,59	0,53	0,46	0,63	0,38	0,48	0,44
100	0,54	0,49	0,45	0,38	0,60	0,53	0,53	0,46	0,59	0,54
110	0,55	0,45	0,64	0,52	0,10	0,52	0,46	0,16	0,47	0,60
120	0,38	0,70	0,63	0,48	0,63	0,46	0,54	0,50	0,32	0,61
130	0,60	0,58	0,61	0,23	0,52	0,34	0,36	0,66	0,37	0,51
140	0,61	0,60	0,58	0,58	0,41	0,64	0,40	0,49	0,48	0,53
150	0,60	0,66	0,59	0,04	0,53	0,59	0,52	0,53	0,44	0,62
160	0,58	0,62	0,61	0,54	0,59	0,47	0,49	0,53	0,44	0,49
170	0,59	0,61	0,34	0,39	0,16	0,43	0,38	0,59	0,48	0,60
180	0,52	0,39	0,51	0,51	0,63	0,60	0,50	0,56	0,46	0,50
190	0,63	0,48	0,49	0,53	0,59	0,52	0,62	0,64	0,51	0,70

деревья низших рангов точность определения прироста древесной массы очень низка. Учетные и модельные деревья средних рангов занимают промежуточное положение почти при одинаковой точности определения по ним прироста древесины. Это подтверждает правильность высказанной выше рабочей гипотезы о том, что точнее всего прирост древесины можно определить на основе анализа прироста деревьев высших рангов.

Таблица 4.

Показатели точности определения прироста древесины при различной комбинации 20 модельных деревьев

Модельные деревья	r	S	H	σ , %	D , %
Низших рангов	0,916	0,665	0,583	$\pm 20,8$	$\pm 2,1$
Учетные	0,921	0,815	0,777	$\pm 13,4$	$\pm 1,4$
Средних рангов	0,925	0,748	0,735	$\pm 11,4$	$\pm 1,3$
Высших рангов	0,928	0,944	0,822	$\pm 8,9$	$\pm 0,9$

Прирост древесины, определенный только по 100 модельным деревьям высших рангов (25-III), увеличивается с темой по количеству ($r = 0,927$, $S = 0,75$, $H = 0,74$, $\sigma = \pm 12,2\%$ и $D = \pm 1,3\%$), как и по 20 учетным или модельным деревьям средних рангов. Следовательно, использование деревьев высших рангов и качество моделей для определения прироста древесины немалую сокращают трудоемкость работ по измерению и обработке данных записей годичных колец. Вряд ли предвещением здесь является то, что прирост деревьев высших рангов имеет значительно большие размеры и значительно реже у них наблюдается выделение годичных колец, что также облегчает работу по анализу прироста.

Полученные результаты о точности определения прироста древесины по модельным деревьям различных рангов (табл. 4) не могут считаться абсолютными, поскольку исследование проведено на основе данных всего одной пробной площадки. Конечно, в кон-

дом конкретном случае эти показатели будут несколько меняться в количественном выражении, но наибольшая точность определения прироста древесины будет достигаться все же при использовании в качестве модельных деревьев высших рангов. Увеличение числа пробных площадей для проведения такого анализа сдерживается значительной трудоемкостью работы по измерению годичного прироста большого количества деревьев, его математической обработке и вычисления различного рода характеристик для каждого дерева и древесной в целом (ранги, коэффициенты корреляции, синхронности, подобия и т.д.). В связи с этим мы были вынуждены ограничиться анализом прироста всего одной пробной площади.

Выводы

1. Наиболее устойчивое положение в ранжированных рядах по диаметру в древесное имеют деревья высших рангов, вследствие чего динамика их прироста наиболее точно повторяет динамику годичного прироста древесного.

2. При учете тесноты связи между приростом древесного и слагающих его деревьев кроме корреляционной зависимости большое значение имеет синхронность в изменении прироста сопоставляемых рядов, которая в цифровом выражении может быть оценена коэффициентом синхронности, уже неоднократно использовавшемся в дендроклиматологических исследованиях.

3. Более надежные результаты при установлении тесноты связи между приростом сопоставляемых объектов получаются при использовании для этих целей комплексного показателя — коэффициента подобия, получаемого как произведение коэффициента корреляции и коэффициента синхронности. Коэффициенты подобия между приростом древесного и слагающих его деревьев возрастают с увеличением рангов последних, а чем выше коэффициент подобия между сопоставляемыми объектами, тем больше аналогии в изменении их прироста.

4. Наиболее точно прирост древесного характеризуется приростом модельных деревьев высших рангов. Учетные и модельные деревья средних и низших рангов с меньшей точностью отражают прирост древесного при одинаковом количестве моделей.

- Б и т в и н с к а с Т. Т. К вопросу о применении дендроклиматических методов в лесном хозяйстве. - Докл. ТСХА, 1967, вып. 115, часть II.
- Б и т в и н с к а с Т. Т. Динамика прироста сосновых насаждений Лиговской ССР и возможности его прогноза. Автореф. канд. дисс. М., ТСХА, 1966.
- Д в о р е ц к и й М. Л. О степени устойчивости средних деревьев в древостое с возрастом. - Изв. высш. учеб. завед. "Лесной журнал", 1966, № 5.
- Д м и т р и е в Э. Д. Опыт анализа влияния климата на прирост деревьев различных местообитаний на Карельском полуострове. - Бот. з., 1959, т. 44, № 2.
- М о ш к а л е в А. Г. О подборе древостоев одного естественного ряда. Труды по лесному хозяйству Ленинского Л., 1957.
- П о з д н я к о в Л. К. Некоторые закономерности в изменении строения древостоев. - Сообщ. Ин-та леса АН СССР, вып. 5, М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Р у д а к о в Э. В. О методе изучения влияния колебаний климата на ширину годовичных колец дерева. - Бот. з., 1958, т. 43, № 12.
- С а в и ч Ю. Н. О соотношении в росте модельных деревьев и насаждений. - Лесоводство и агролесомелиорация, вып. 2, Киев, "Урожай", 1965.
- С м о л о н о г о в Э. П., Ф и р с о в а В. П. Лесорастительные условия и почвы возвышенности Лалин-Вор. - Лесная почва Урала. Труды Ин-та биол. УрАИ СССР, 1966, вып. 55.
- Jazewitsch W., Sibenlist H., Zettig G. Einen Synchronisiermaschine zum Vergleich von Jahrringkurven eine Langjährig. Eichenchronologie. - Ber. Dtsch. bot. Ges., 1956, Bd 69, 3.
- Vins B. Die Jahrringbreite im gleichaltrigen Fichtereinbestand und ihre Veränderungen. - Wiss. Zs. Techn. Univ. Dresden, 1966, Bd 5, № 2.

Вып. 77 Труды Института экологии растений и животных 1970

П. Ф. Трусов, В. А. Кирсанов,
Э. П. Смолоногов

ТОЧНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЗАПАСА СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ
В ТЕМНОХВОЙНО-КЕДРОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ СЕВЕРНОГО УРАЛА

Современная лесная таксация располагает многочисленными способами определения запасов древесины на пробных площадях. Однако все способы различны по трудозатратам, а их точность колеблется. Поэтому представляет значительный интерес оценка разных способов, применяемых при лесоустройстве, отводе лесосек, или при различного рода лесобиологических исследованиях и выявлении наиболее перспективных из них.

За основу для анализа принята пробная площадь, заложенная в Вижайском лесничестве Ивдельского лесхоза, в кедровнике мшисто-ягодниковом IV бонитета, со сплошной вырубкой деревьев кедров и определением объема каждого ствола в коре по двухметровым секциям. Средний возраст древостоя 163 года, с колебаниями возраста отдельных деревьев от 107 до 177 лет, средний диаметр 25,9 см, средняя высота 19,0 м. Общий запас стволовой древесины кедров, вычисленный суммированием объемов всех стволов, был принят за 100%.

Проанализированы следующие сложные и упрощенные способы.

1. Способ прямой Копецкого, для построения которой взято 40 учетных деревьев. Связь между объемами деревьев (V) и площадями сечений на высоте груди (S) начиная с 16-сантиметровой ступени толщины выразилась уравнением:

$$V = 12,433 S - 0,147.$$

Объемы учетных деревьев из тонкомерной части древостоя вы-

равнены графически.

2. Использование связи видовой высоты (fH) с высотой деревьев (H), которая выразилась уравнением

$$fH = 0,487H + 0,415.$$

Уравнение выведено по фактическим замерам высот и видовым числам тех же 40 учетных деревьев, что и в первом способе.

3. Способ представительства модельных деревьев по ступени толщины. Для этого подбирались по три дерева в каждой ступени средних по диаметру и высоте. Запас ступени определялся с поправкой количеством числа деревьев через общую сумму площадей сечений ($G_{ст}$) в ступени и сумму площадей сечений модельных деревьев

$$(q) \quad M_{ст} = \sum V \frac{G_{ст}}{\sum q}; \quad M = \sum M_{ст};$$

где: V - объем модельных деревьев, $M_{ст}$ - запас ступени, M - общий запас.

4. Использование разрядных таблиц объемов стволов кедра для Новосибирской области¹. Разряд высот определен по средним для древостоя диаметру и высоте.

5. Использование разрядных таблиц объемов стволов кедра в темнохвойно-кедровых лесах подзона северной тайги Западно-Сибирской низменности, составленных в лаборатории лесоведения Уральского филиала АН СССР.

6. Использование скользящего диаметра (d_c) деревьев². Для выявления связи между скользящими диаметрами деревьев и диаметрами на высоте груди ($d_{1,3}$) использованы те же 40 учетных деревьев, что и в первом случае. Связь выразилась уравнением

$$d_c = 0,710d_{1,3} + 0,120.$$

7. Упрощенный способ с использованием скользящего диаметра

¹ Н.В.Третьяков, П.В.Горский, Г.Г.Самойлович. Справочник таксатора. М., Гослесбумиздат, 1952.

² Сущность способа дана ниже.

ра при трех модельных деревьях, взятых из тонкомерной, средней и толстомерной частей древостоя с диаметрами на высоте груди 8, 26, 44 см. Связь между диаметрами выразилась уравнением

$$d_c = 0,311d_{1,3} + 0,165.$$

8. Упрощенный способ по среднему видовому числу ($f_{ср}$), вычисленному по трем модельным деревьям, взятым из средней ступени толщины:

$$M = f_{ср} G H_{ср},$$

где G - сумма площадей сечений всего древостоя, $H_{ср}$ - средняя высота древостоя.

9. Упрощенный способ по среднему видовому числу, определенному с использованием таблиц всеобщих видовых чисел М.Э.Ткаченко. Коэффициенты формы определены по тем же трем модельным деревьям, что и в восьмом способе.

10. Упрощенный способ по объему трех модельных деревьев с корректированием числа деревьев через общую сумму площадей сечения (G) на пробной площади

$$M = \sum V \frac{G}{\sum q}.$$

Для более объективной оценки и сравнимости результатов при вычислении запасов в ступенях толщины по первому, второму и шестому способам использованы фактические средние диаметры и высоты ступеней толщины, во всех других случаях (при необходимости) - величины ступеней и соответствующие им высоты. График высот был построен по замерам тех же 40 учетных деревьев, которые упоминались ранее.

Исходные данные и результаты вычислений приведены в таблице. Из таблицы видно, что все сложные способы (1, 2, 3, 6) с использованием фактических обмеров большого количества учетных деревьев дали достаточно высокую точность (96,3-100,5%), но лучший результат получен при применении скользящего диаметра. Вычисленный этим способом общий запас стволовой древесины оказался выше контрольного всего на 0,5% при средней систематической ошибке в ступенях толщины + 0,07 м³ и средней квадратической $\pm 0,58$ м³.

Ступень толщины, см	Высота ступени, м	Контроль X)				
		$d_{ст}, см$	$H_{ст}, м$	n	G	M^3
8	7,0	8,6	7,6	23	0,116	0,60
12	10,2	12,4	10,5	35	0,396	2,46
16	13,3	16,1	13,3	44	0,885	6,73
20	16,0	20,3	16,1	44	1,382	11,82
24	18,2	24,2	18,3	46	2,081	19,60
28	19,7	28,5	19,9	31	1,909	19,25
32	20,8	32,4	21,0	49	3,940	44,22
36	21,8	36,4	22,0	29	2,950	33,57
40	22,7	40,3	22,7	12	1,510	17,50
44	23,5	43,5	23,4	7	1,060	12,34
48	24,0	49,5	24,1	1	0,181	2,05
52	24,5	53,0	24,5	3	0,640	7,14
Итого	-	-	-	324	17,050	177,28
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-

х) Контроль - определение объема ствола каждого дерева
 $d_{ст}$ и $H_{ст}$ - фактические средние диаметр и высота
площадей сечения.

разными способами (1 - 10, см. описание в тексте)

1		2		3		4	
M^3	%	M^3	%	M^3	%	M^3	%
0,46	76,7	0,48	80,0	0,46	76,7	0,41	68,3
2,28	92,7	2,19	89,0	2,19	89,0	2,10	85,4
4,49	66,7	6,10	90,6	6,18	91,8	6,16	91,5
11,26	95,3	11,41	96,5	11,20	94,8	10,12	85,6
19,46	99,3	19,41	99,0	20,17	102,9	17,71	90,4
20,02	104,0	19,29	100,2	17,94	93,2	17,36	90,2
42,97	97,2	41,93	94,8	39,66	89,7	37,44	84,7
33,26	99,1	32,83	97,8	32,91	98,0	28,42	84,7
17,27	98,7	17,32	99,0	18,06	103,2	15,00	85,7
11,90	96,4	12,52	101,4	12,46	101,0	10,78	87,4
2,25	110,3	2,20	107,3	2,18	106,8	1,85	90,7
7,78	109,0	7,90	110,6	7,26	101,7	6,30	88,2
173,40	97,8	173,58	97,9	170,67	96,3	153,65	86,7
-0,29		-0,31		-0,55		-1,97	
$\pm 0,76$		$\pm 0,74$		$\pm 1,37$		$\pm 2,04$	

а по двухметровым секциям.

та ступеней, n - число деревьев в ступени, G - сумма

Ступень толщины, см	Высота ступени, м	Контроль ^{х)}					
		$d_{ст}, см$	$H_{ст}, м$	n	G	M^3	%
8	7,0	8,6	7,6	23	0,116	0,60	100
12	10,2	12,4	10,5	35	0,396	2,46	100
16	13,3	16,1	13,3	44	0,885	6,73	100
20	16,0	20,3	16,1	44	1,382	11,82	100
24	18,2	24,2	18,3	46	2,081	19,60	100
28	19,7	28,5	19,9	31	1,909	19,25	100
32	20,8	32,4	21,0	49	3,940	44,22	100
36	21,8	36,4	22,0	29	2,950	33,57	100
40	22,7	40,3	22,7	12	1,510	17,50	100
44	23,5	43,5	23,4	7	1,060	12,34	100
48	24,0	49,5	24,1	1	0,181	2,05	100
52	24,5	53,0	24,5	3	0,640	7,14	100
Итого	-	-	-	324	17,050	177,28	100

х) Контроль - определение объема ствола каждого дерев
 $d_{ст}$ и $H_{ст}$ - фактические средние диаметр и высо
 площадей сечения.

1		2		3		4	
M^3	%	M^3	%	M^3	%	M^2	%
0,46	76,7	0,48	80,0	0,46	76,7	0,41	68,3
2,28	92,7	2,19	89,0	2,19	89,0	2,10	85,4
4,49	66,7	6,10	90,6	6,18	91,8	6,16	91,5
11,26	95,3	11,41	96,5	11,20	94,8	10,12	85,6
19,46	99,3	19,41	99,0	20,17	102,9	17,71	90,4
20,02	104,0	19,29	100,2	17,94	93,2	17,36	90,2
42,97	97,2	41,93	94,8	39,66	89,7	37,44	84,7
33,26	99,1	32,83	97,8	32,91	98,0	28,42	84,7
17,27	98,7	17,32	99,0	18,06	103,2	15,00	85,7
11,90	96,4	12,52	101,4	12,46	101,0	10,78	87,4
2,25	110,3	2,20	107,3	2,18	106,8	1,85	90,7
7,78	109,0	7,90	110,6	7,26	101,7	6,30	88,2
173,40	97,8	173,58	97,9	170,67	96,3	153,65	86,7
-0,29		-0,31		-0,55		-1,97	
$\pm 0,76$		$\pm 0,74$		$\pm 1,37$		$\pm 2,04$	

а по двухметровым секциям.
 та ступеней, n - число деревьев в ступени, G - сумма

Ступень толщины, см	Высота ступени, м	5		6	
		м ³	%	м ³	%
8	7,0	0,59	98,3	0,49	81,7
12	10,2	2,57	104,4	2,29	92,7
16	13,3	6,93	102,9	6,20	92,1
20	16,0	12,20	103,1	11,69	98,9
24	18,2	20,08	102,4	19,78	100,9
28	19,7	19,84	103,0	20,11	104,5
32	20,8	43,08	97,4	43,11	97,5
36	21,8	33,44	99,5	33,88	100,9
40	22,7	17,45	99,7	17,62	100,7
44	23,5	12,58	101,9	12,37	100,2
48	24,0	2,14	104,4	2,36	115,7
52	24,5	7,64	107,0	8,25	115,5
Итого		178,54	100,7	178,14	100,5
		+0,105		+0,07	
		±0,144		±0,58	

Продолжение таблицы

7		8		9		10	
м ³	%	м ³	%	м ³	%	м ³	%
0,45	75,0						
2,17	88,2						
6,09	90,5						
11,55	97,7						
19,93	101,6						
19,56	101,6						
42,40	95,9						
33,24	99,0						
17,49	99,9						
12,71	102,9						
2,23	108,8						
7,95	111,3						
175,77	99,15	158,09	89,2	166,19	93,7	159,12	89,8
-0,13							
±0,21							

Ступень толщины, см	Высота ступени, м	5		6	
		м ³	%	м ³	%
8	7,0	0,59	98,3	0,49	81,7
12	10,2	2,57	104,4	2,29	92,7
16	13,3	6,93	102,9	6,20	92,1
20	16,0	12,20	103,1	11,69	98,9
24	18,2	20,08	102,4	19,78	100,9
28	19,7	19,84	103,0	20,11	104,5
32	20,8	43,08	97,4	43,11	97,5
36	21,8	33,44	99,5	33,88	100,9
40	22,7	17,45	99,7	17,62	100,7
44	23,5	12,58	101,9	12,37	100,2
48	24,0	2,14	104,4	2,36	115,7
52	24,5	7,64	107,0	8,25	115,5
Итого		178,54	100,7	178,14	100,5
		+0,105		+0,07	
		±0,144		±0,58	

Продолжение таблицы

7		8		9		10	
м ³	%	м ³	%	м ³	%	м ³	%
0,45	75,0						
2,17	88,2						
6,09	90,5						
11,55	97,7						
19,93	101,6						
19,56	101,6						
42,40	95,9						
33,24	99,0						
17,49	99,9						
12,71	102,9						
2,23	108,8						
7,95	111,3						
175,77	99,15	158,09	89,2	166,19	93,7	159,12	89,8
-0,13							
±0,21							

Применение разрядных таблиц объемов для кедр Новосибирской области дало занижение запаса на 13,3%. Разрядные таблицы объемов кедр темнойвойно-кедровых лесов подзоны северной тайги Западной Сибири показали высокую точность. Они дали завышение общего запаса всего на 0,7% при средней систематической ошибке в ступенях + 0,105 м³ и средней квадратической ошибке в +0,144 м³. Следует отметить, что при составлении разрядных таблиц объемов был использован способ скользящего диаметра.

Этот способ дал высокую точность также при вычислении запаса по трем модельным деревьям. Запас получился меньше контрольного всего на 0,85%, тогда как все другие упрощенные способы дали занижение на 6,3 - 10,8%. Преимущество применения скользящего диаметра заключается еще и в том, что он позволяет вычислить с неменьшей точностью запас и по ступеням толщины, что при других упрощенных способах сделать нельзя. Средняя систематическая ошибка в определении запаса по ступеням толщины составила всего -0,13 м³, а средняя квадратическая ± 0,21 м³.

Таким образом, наиболее перспективным способом определения запаса стволовой древесины на пробных площадях является способ скользящего диаметра. Скользящий диаметр дерева - это диаметр цилиндра, имеющего одинаковые со стволом объем и высоту³.

Скользящий диаметр можно определить также по любому справочнику таксатора, имеющему таблицу диаметров и площадей сечений.

Исследования показали, что положение вычисленного таким образом диаметра по высоте ствола колеблется в пределах 0,4-0,6 (пределы весьма значимы), отсюда его название - скользящий диаметр. Кроме того, выявлена очень тесная связь (коэффициенты корреляции 0,82 - 0,99) между скользящими диаметрами и диаметрами на высоте груди. Связь почти функциональна и всегда выражается уравнением прямой линии: $d_c = ad_{1,3} + b$. Этим

способом запас определяется по следующей схеме: 1) по двухметровым секциям вычисляются объемы модельных деревьев; 2) опре-

деляется скользящий диаметр каждого дерева; 3) на оси абсцисс графика откладываются диаметры на высоте груди модельных или учетных деревьев, а на оси ординат - их скользящие диаметры; 4) полученные на графике точки выравниваются от руки (или аналитически вычисляется уравнение связи); 5) с графика снимаются величины скользящих диаметров для каждой ступени (или по уравнению вычисляются аналитически); 6) для каждой ступени с графика высот снимаются соответствующие высоты; 7) вычисляется объем одного дерева и общий запас ступени по формуле

$$M = \frac{\pi d_c^2}{4} H N = 0,785 d_c^2 H N,$$

где N - число деревьев в ступени; 8) суммированием запаса ступеней получают общий запас на пробной площади.

Точность способа обусловлена тем, что при вычислении скользящего диаметра через отношение объема ствола к его высоте

($\frac{V}{H}$) исключается влияние высоты при рассмотрении его связи с другими показателями. Это, в частности, обеспечивает функциональность и прямолинейность связи между скользящими диаметрами и диаметрами на высоте груди. Поэтому при выравнивании исходных данных по ступеням толщины связь одинаково стабильна как в тонкомерной, так и в толстомерной части древостоя, флуктуация же обусловлена лишь различиями в форме стволов, ошибками измерений и вычислений. О большой устойчивости связи и высокой точности выравнивания свидетельствует почти полное совпадение приведенных выше уравнений связи, параметры которых вычислены аналитически по данным 40 и 3 учетных деревьев.

³ См. также Е.П.Смолоногов "О некоторых закономерностях строения простых и сложных деревьев". Статья в наст. сборнике.

Г. Е. Кокин

ОНТОГЕНЕЗ ЗАБОЛОЧЕННЫХ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ
ЗАУРАЛЬЯ

В отечественной ботанической литературе впервые термин "онтогенез" в приложении к растительным сообществам был использован В. Н. Сукачевым (1917, 1925), а позднее В. Н. Васильевым (1946). Б. Л. Колесников (1958) при рассмотрении различного рода смен в лесообразовательном процессе вкладывает в понятие "онтогенез" индивидуальное развитие лесных насаждений на протяжении жизни одного-двух поколений главных лесобразующих пород. По нашему мнению, правильнее было бы ограничить онтогенез насаждений периодом полного цикла жизни одного поколения деревьев в древостое. Хотя термин "онтогенез" не совсем удачен в приложении к растительному сообществу, однако содержание его вполне определено и понятно.

Изучение онтогенеза насаждений позволяет проникнуть в суть явления, характеризующих основные направления и особенности лесообразовательного процесса, что необходимо для прогнозирования естественного развития леса и оценки результатов хозяйственного воздействия на него. Для изучения онтогенеза лесов необходимо знать прошлую историю насаждений, правильно оценить их современное состояние и предвидеть будущее развитие. Но не зная прошлого, нельзя предвидеть будущее. Познать историю насаждений позволяет детальный анализ возрастной структуры древостоев и процессов ее формирования. Поэтому разработке онтогенеза насаждений должно предшествовать изучение возрастной структуры их древостоев с выяснением причин, ее определяющих.

Изучение онтогенеза (построение схем возрастного развития)

насаждений большое внимание уделял Б. А. Ивашкевич (1929). Он предложил схему возрастного развития девственного леса на примере дальневосточных кедровников с выделением восьми классов возраста (стадий), которые последовательно проходит в процессе развития насаждения одно поколение деревьев кедра от возникновения до полного отмирания. Б. А. Ивашкевич указывал, что предложенная им "схема диалектического развития девственного леса нуждается в наполнении ее точным цифровым содержанием и ей придается значение не окончательное, а лишь ориентировочное, в качестве рабочей гипотезы".

Исследуя девственные насаждения дальневосточных кедровников, Б. А. Ивашкевич (1929) установил, что в возрастной структуре, характере изреживания и приросте деревьев наблюдается 40-летняя периодичность. Однако в дальнейшем в высказываниях автора можно усмотреть противоречия относительно периодичности возрастной структуры кедровника (как главной породы) и характера изреживания насаждений. Так, он указывает, что разность между возрастными классами кедровника, на которые приходится максимум кривой распределения, составляет около 40 лет. Далее им отмечается, что в течение 35-40 лет "полнота материнского насаждения остается неизменной (высокой), затем убывает в течение примерно такого же промежутка времени, что сказывается усилением прироста подроста и, наконец, снова повышается, когда подрост примет участие в господствующем ярусе". Замечание о колебаниях полноты говорит не о 40-летней периодичности в ее изменениях, а о 70-80-летней, так как в этом случае разница в возрастах насаждения, на которые приходится максимум полноты, будет составлять 70-80 лет. Поскольку возобновление кедровника идет периодически, что впоследствии определяет возрастную структуру древостоев и характер их изреживания, то эти два взаимосвязанных процесса должны совпадать по продолжительности их изменений.

Вероятно, недостаточно точное установление продолжительности периодов изменения полноты насаждения и возрастной структуры кедровника и их сопряженности во времени побуждало Б. А. Ивашкевича дать более детальную схему их развития. Он ограничился только перечислением выделенных им классов возраста (стадий разви-

тии возрастных поколений кедр), указав последовательность их прохождения одним поколением деревьев. Признавая 40-летнюю периодичность в возобновлении и учитывая, что хозяйственные классы возраста для кедров установлены также в 40 лет, Б.А.Ивашкевич (1929) определил такую же продолжительность каждой стадии. Отношение разбираемого поколения кедров, находящегося на одной из указанных стадий, к другим поколениям он не рассмотрел и поэтому на основе его схемы нельзя проследить динамику всех поколений кедров в древостое в их едином развитии. По современным представлениям, принцип построения схемы Б.А.Ивашкевича может быть использован для характеристики возрастного развития относительно одновозрастных насаждений, формирование древостоев которых происходит за 40-летний период.

В дальнейшем схема возрастного развития насаждений Б.А.Ивашкевича была использована, уточнена и развита в работах Б.П.Колесникова (1951, 1956), С.И.Мойсеевко (1963) для кедровников Дальнего Востока и Е.П.Смолоногова (1956, 1959), Н.Г.Васильева (1958), Л.В.Бидина (1958, 1965), Б.П.Колесникова и Е.П.Смолоногова (1960), Э.Н.Фалалеева (1960, 1963, 1964), Н.Г.Васильева и Б.П.Колесникова (1962), В.Н.Романова (1963) и других исследователей для различных лесных формаций и районов Советского Союза.

Подобные схемы развития девственных насаждений разрабатываются в настоящее время и за рубежом (Leibundgudt, 1959), чему способствовало, по-видимому, выступление Б.А.Ивашкевича (Iwaschkewitsch, 1929) по этому вопросу на Международном конгрессе по лесному опытному делу в Стокгольме (1929 г.).

Б.П.Колесников (1951, 1956), уточняя схему развития дальневосточных кедровников Б.А.Ивашкевича (1929), выделяет также восемь стадий развития для одного поколения кедров, но рассматривает их в связи с развитием других поколений, образованных той же породой, присутствующих одновременно в составе насаждений, но на разных возрастных уровнях. Продолжительность каждой стадии он также принимает 40 лет. В табл. I в сокращенном виде приведена схема возрастного развития кедровника по Б.П.Колесникову (1956).

Таблица I

Обобщенная схема развития насаждений кедровых лесов средней части их ареала (типичные кедровники, или кедрово-широколиственные леса) в течение жизни одного поколения кедров (по Б.П.Колесникову, 1956)

Стадия развития	Характерные особенности стадий (приведены в сокращенном виде - Г.К.)
I (VI) I-40 лет	Появление и развитие нового поколения кедров под пологом и в угнетении материнского насаждения.
II (V) 41-80 лет	Развитие молодого кедровника в составе подчиненного яруса.
III (IV) 81-120 лет	Наибольший прирост в высоту и вращание молодого кедровника в состав верхнего яруса.
IV 121-160 лет	Энергичный прирост молодого кедровника по диаметру и закрепление им своего господства в верхнем ярусе.
V 161-200 лет	Стадия спелости. Максимальное участие кедровника данного поколения в древостое и минимальное лиственных.
VI (I) 201-240 лет	Усиленное отмирание кедровника прежних поколений (старше 300 лет). Уменьшение сомкнутости, снижение участия кедровника в древостое (до 0,5-0,6).
VII (II) 241-280 лет	Стадия перестойности. Усиленный отпад всех стволов прежних поколений кедровника и отмирание всех лиственных пород, одновозрастных с господствующим поколением кедровника.
VIII (III) Более 280 лет	Укончательное вырождение данного поколения кедровника; его место занято следующим поколением и лиственными породами.

Из табл. I видно, что каждой стадии развития основного (рассматриваемого) поколения кедровника соответствует одна из стадий другого, кроме IV и V стадий, на которых рассматриваемое поколение занимает господствующее положение в насаждении без участия других поколений кедровника, но при наличии сопутствующих

пород. При таком построении схемы возрастного развития дальневосточных кедровников создается впечатление, что их древостои на значительном протяжении времени представлены всего двумя возрастными поколениями кедр с разрывом в возрастах между ними в 160 лет. Так, I стадии одного поколения кедр в возрасте I-40 лет соответствует IV стадия другого - 20I-240 лет. А начиная со 12I года до 200 лет (время прохождения одним поколением двух стадий - спелости и предшествующей ей) кедр представлен в насаждении всего лишь одним поколением деревьев.

Б.П. Колесников (1956), вслед за Б.А. Ивашкевичем (1929), отмечает, что в развитии кедровников наблюдаются две фазы: первая - господство лиственных пород и вторая - господство кедр, хотя первая фаза в его схеме не отражена.

С.Н. Моисеенко (1963), достаточно подробно изучивший возрастную структуру дальневосточных кедровников, отмечает, что схема их развития, намеченная Б.А. Ивашкевичем по материалам Южного Приморья, для Амуро-Уссурийской подобласти их распространения требует уточнения. Длительность усиления возобновительных процессов колеблется от 20 до 100 лет, а 40-летний период - лишь частный случай, такой же разброс характерен и для их ослабления. В соответствии с данными распределения деревьев по возрасту, С.Н. Моисеенко (1963) в кедровых древостоях выделяет возрастные группы (условно называя их поколениями), количество которых в большинстве случаев равно 4-5. Учитывая, что продолжительность жизни кедр достигает 350-400 лет, при наличии в древостое 4-5 поколений периодичность в возобновлении кедр должна быть в среднем близкой к 80-летней. Такая же продолжительность периодичности отмечалась и Б.А. Ивашкевичем (1929) для процессов изреживания материнского полога и изменения прироста подроста в кедровниках.

Если, учитывая полученные С.Н. Моисеенко (1963) данные о возрастной структуре кедровников, принять в среднем 80-летнюю периодичность в их развитии, считая присутствие в любой момент жизни кедровников 4-5 поколений кедр, то схема их возрастного развития должна выглядеть более сложно. Например, первую стадию следовало бы изобразить так: I(Ш, У, УП) I-40 лет,

то есть первой стадии рассматриваемого поколения будут соответствовать еще три-четыре стадии других поколений кедр, всегда присутствующих в древостое. Возраст отдельных поколений кедр будет при этом колебаться примерно в пределах I-40, 8I-120, 16I-200, 2I4-280 лет. Возрастные промежутки между этими поколениями будут заняты, как отмечают Б.А. Ивашкевич (1929) и Б.П. Колесников (1956), сопутствующими хвойными и лиственными породами с незначительным участием кедр, возникшего в периоды ослабления его возобновляемости. Такое построение схемы будет позволять проследить по ней не только смену стадий для одного поколения, но и возрастную структуру кедр в древостое и процесс совместного развития поколений в насаждении.

Схемы развития кедровников Зауралья (Колесников и Смолоногов, 1960) и чернопихтарников Дальнего Востока (Васильев и Колесников, 1962; Васильев, 1958) почти не отличаются по принципам построения и содержанию от схемы развития дальневосточных кедровников (Колесников, 1956), поэтому на их разборе не останавливаемся.

Несколько иначе построена схема возрастного развития елово-пихтовых насаждений защитной полосы р.Уфы Е.П. Смолоноговым (1956, 1959). Им рассматриваются стадии развития (в работе 1956 г. - периоды) применительно не ко всему насаждению в целом, а только к отдельным возрастным поколениям. Для насаждений он выделяет три фазы развития (в работе 1956 г. - этапы). Для каждой фазы развития насаждений характерно присутствие в их древостоях двух или трех возрастных поколений деревьев ели и пихты, находящихся на разных стадиях. Так, первая фаза развития насаждений включает три возрастных поколения основных лесообразующих пород, которые находятся на I, IV и УП стадиях. Во второй фазе в насаждениях присутствует только два возрастных поколения, древостои которых находятся на II и У стадиях. Третья фаза характеризуется возрастными поколениями III и УI стадий. Такое построение схемы развития елово-пихтовых насаждений достаточно точно согласуется с возрастной структурой их древостоев, которая имеет резко выраженный ступенчатый характер. Формирование отдельных возрастных поколений ели и пихты происходит за

период не более 40 лет, а разрывы между возрастными отдельными поколениями колеблются в пределах 42-85 лет - в среднем 62 года (Смолоногов, 1956).

Схема развития темнохвойных насаждений защитной полосы р. Уфы Е.П.Смолоногова (1956, 1959) позволяет не только проследить смену одних поколений ели и пихты другими и последовательность прохождения ими отдельных стадий, но и достаточно четко представить возрастную структуру и состояние насаждений в целом на разных фазах в их едином развитии.

По-новому и оригинально построены схемы возрастного развития кедровников Алтая, составленные Н.П.Поликарповым и Д.И.Назимовой (1963). Авторы использовали принцип Б.П.Колесникова (1958), но схемы составлены как для возрастных, так и для восстановительных смен, кроме того, в них учтено развитие не только кедровых поколений, но и всех сопутствующих пород в общей совокупности. Для возрастных смен выделяются кедровые и пихтовые фазы развития насаждений, а для восстановительных - лиственные, лиственно-кедровые, кедровые и елово-пихтово-кедровые. Такой принцип построения схем, изображенных графически, дает наглядное представление об изменении состава и структуры древостоев в онтогенезе насаждений. Однако, как нам кажется, продолжительность различных фаз насаждений, выделяемых Н.П.Поликарповым и Д.И.Назимовой (1963), недостаточно тесно увязана с возрастной структурой древостоев.

Используя принципы Б.А.Ивашевича (1929) и Б.П.Колесникова (1956), Э.Н.Фалалеев (1960, 1964) предложил схему развития пойменных пихтарников Сибири с выделением семи стадий продолжительностью в 20-40 лет каждая. Автор отмечает, что в изученных пихтовых насаждениях обособленные возрастные поколения отсутствуют, но в них можно выделить более или менее многочисленные группы деревьев, разница возрастов которых колеблется в пределах 40-60 лет. Ценность его работы заключается в том, что для каждой стадии развития насаждения дается подробная таксационная характеристика, т.е. до некоторой степени выполнено положение Б.А.Ивашевича о подкреплении схемы "точным цифровым содержанием".

Однако схема Э.Н.Фалалеева (1960, 1964) почти не отличается по структуре от схемы Б.П.Колесникова (1956), хотя возрастная структура пихтарников Сибири и изменения их состава и сомкнутости не соответствуют тем же процессам, протекающим в кедровниках Дальнего Востока. Принцип Б.П.Колесникова (1956) при построении схем возрастного развития насаждений может быть использован только в том случае, если возрастная структура древостоев в насаждениях имеет ступенчатый или циклический характер. Для построения схем развития насаждений, древостои которых относятся к другим типам возрастной структуры, принципиальные подходы должны быть иными, разумеется; и схемы их развития будут отличаться от разобранных выше.

При изучении онтогенеза насаждений заболоченных ельников на междуречье Лозьвы и Пельма, относящихся к осоково-сфагновому типу леса (Маковский, 1962), было установлено, что для их древостоев свойственна циклическая возрастная структура (Козин, 1963а), обусловленная вековыми (80-летними) колебаниями климата (Козин, 1963б). Все изученные насаждения не затрагивались хозяйственной деятельностью человека, не подвергались воздействию пожаров (по крайней мере в последние 500-700 лет) и по происхождению и истории развития отнесены к категории девственных лесов (Козин, 1964), характерных для доагрокультурной эпохи лесообразовательного процесса (Колесников, 1961).

На междуречье Лозьвы и Пельма осоково-сфагновые ельники занимают плоские пониженные элементы рельефа на бедных торфянисто-подзолистых почвах с мощностью торфа не более 30 см. Древостои У-Уа бонитетов образованы елью с примесью кедра и незначительным участием сосны и березы. Подлесок отсутствует. В напочвенном покрове преобладают сфагновые мхи и осока шарообразная с примесью хвоща лесного, гипновых и других видов мхов. Производительность древостоев довольно низкая, 60-110 м³/га.

Основой для суждения об онтогенезе осоково-сфагновых ельников послужили временные пробные площади, на которых проведен детальный анализ возрастной структуры древостоев, и таксационные описания, по которым прослежена динамика состава древостоев в связи с возрастом преобладающих поколений:

Возраст	Состав
110	7E2BICedK
130	7E2BIC+K
150	6E2BICIK
170	6E2KICIB
190	6E2KICIB
210	6E2KICIB
230	6E2KICIB

Как видно из приведенных данных, в процессе развития в ельниках осоково-сфагновых не наблюдается смены в преобладании пород, так как состав древостоя со временем меняется очень незначительно. На любых этапах роста насаждений главной породой них всегда является ель. По числу стволов ели в составе древостоя на 1-2 единицы больше, чем по массе, так как отдельные деревья кедр в этих условиях растут значительно быстрее и достигают при одинаковом возрасте больших размеров, чем ель.

На рис. 1 приведена возрастная структура ели по данным разных площадей. Возрастную структуру примесей не приводим из-за малого количества деревьев и прерывистости кривых на графиках. На рис. 1 видно, что максимумы и минимумы числа деревьев по возрасту в разных древостоях достаточно близко совпадают. Разница между соседними максимумами и минимумами колеблется в пределах 50-100 лет, а в среднем для всех древостоев она равна примерно 80 годам. Это позволяет говорить о 80-летней цикличности в возобновительных процессах и формировании возрастной структуры осоково-сфагновых ельников (Комин, 1963а). Но основная масса деревьев (около 90%) в каждом возрастном поколении имеет колебания возраста в пределах 40 лет. Можно считать, что появление подростов ели и формирование новых поколений происходит в основном за 40-летний период и примерно такое же время возобновления практически отсутствует.

Переходя к характеристике стадий развития, которые проходит одно поколение деревьев ели за весь период его онтогенеза, как и большинство предыдущих исследователей, мы считаем уместным, учитывая возрастную структуру древостоев и 80-летнюю цик-

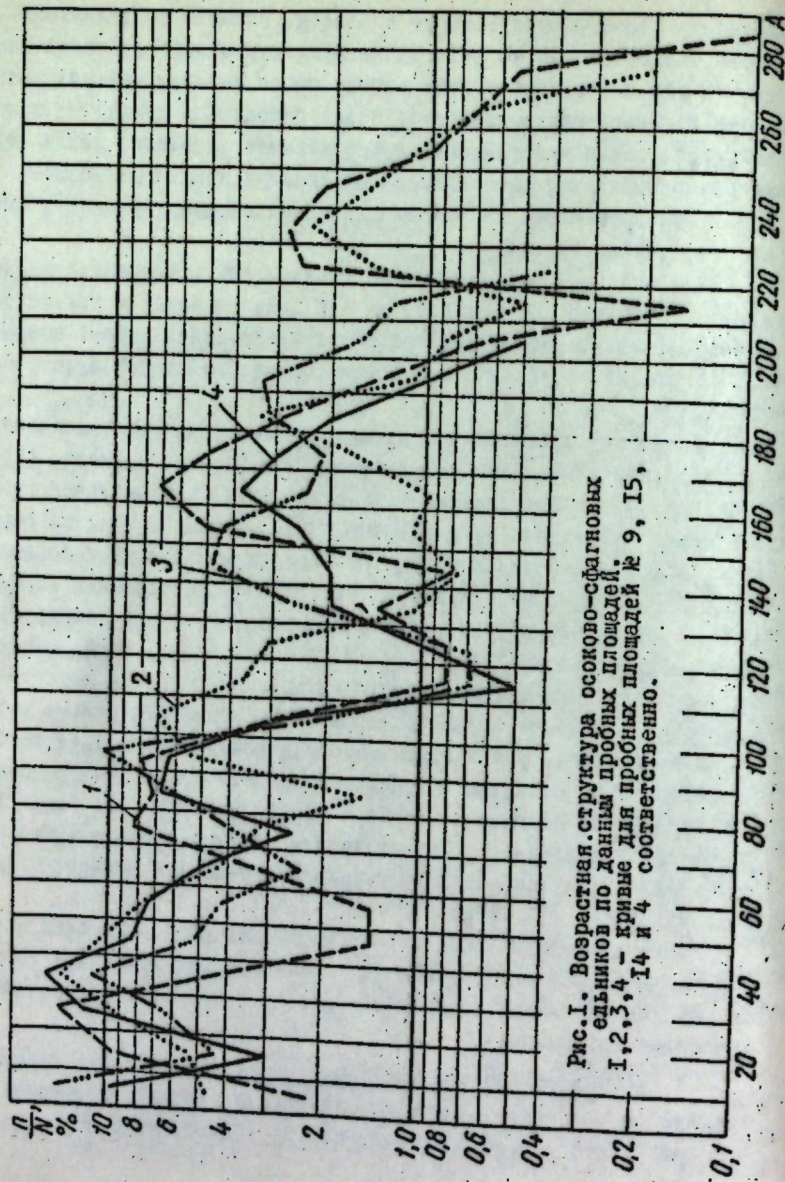
личность лесообразовательного процесса, принять продолжительность каждой стадии 40 лет. Такая продолжительность стадий диктуется еще и тем, что в этом случае любое рассматриваемое поколение деревьев ели в древостое будет находиться только на какой-то одной стадии или занимать промежуточное положение между двумя последовательно сменяющимися стадиями и исключена возможность одновременного нахождения на одной стадии двух соседних по возрасту поколений.

Максимальный возраст жизни деревьев ели в изученных насаждениях достигает 280-290 лет, за эти пределы выходят только единичные деревья, которые уже не могут представлять собой возрастных поколений, в связи с чем общее количество стадий будет равно семи.

Поскольку возрастную структуру рассматриваемых насаждений мы связываем с вековыми (80-летними) колебаниями климата (Комин, 1963б), то прохождение отдельных стадий каждым возрастным поколением будет протекать на фоне этих колебаний. Так, формирование новых поколений ели будет происходить в основном только в более благоприятные климатические периоды, а усилению изреживания и отмирания старых поколений, наоборот, будут способствовать неблагоприятные в климатическом отношении периоды. Смена благоприятных и неблагоприятных для роста и развития леса климатических периодов и определяет собой циклический ритм в развитии насаждений. Такая закономерность для жизни леса достаточно хорошо была показана А.Г.Долухановым (1958) на примере буковых насаждений Кавказа и М.П.Скрябиним (1949, 1960) в лесах Воронежского заповедника. На цикличность лесообразовательного процесса в девственных лесах указывают также П.У.Ричардо (1961) и Б.Винш (Vinš, 1961).

Ниже приводится характеристика выделяемых возрастных стадий развития, которые последовательно проходит в течение своего онтогенеза каждое поколение деревьев в насаждениях осоково-сфагновых ельников.

I (1-40 лет). Возобновительная стадия. Эта стадия характеризуется благоприятностью климатических условий. Появление и формирование нового поколения ели идет интенсивно под поло-



гом старших поколений, сомкнутость которого в начале низкая, а к концу стадии становится максимальной. Изреживание возобновления начинает проявляться только в конце стадии, когда значительно увеличивается сомкнутость верхнего полога и намечается тенденция к ухудшению климатических условий. К концу стадии общее количество экземпляров ели, образующих самое молодое поколение, составляет около 50% от всех имеющихся в насаждении.

II (41-80 лет). Стадия подроста. Возникшие и сохранившиеся на первой стадии деревья ели испытывают в начале второй стадии угнетающее воздействие материнского полога, имеющего значительную горизонтальную и вертикальную сомкнутость. В середине и в конце стадии подрост находится под влиянием ухудшающихся климатических условий. Поколение резко изреживается. Количество деревьев по сравнению с первой стадией уменьшается почти вдвое. Прирост деревьев как по высоте, так и по диаметру слабый, для многих характерна на этой стадии сильная задержка в росте. Только к концу стадии быстро идущий процесс изреживания постепенно затухает, несколько увеличивается прирост отдельных деревьев. В целом же уже сформировавшееся возрастное поколение все еще не может встать во второй ярус древостоя, так как на начавшиеся в конце стадии улучшения климатических условий в первую очередь реагируют старшие поколения, что приводит к увеличению сомкнутости полога последних, которая является значительным препятствием перехода подроста во второй ярус.

III (81-120 лет). Средневозрастная стадия. Как и во всех предыдущих и последующих нечетных стадиях, климатические условия благоприятные. Сформировавшийся и сохранившийся на первой и второй стадиях подрост заметно усиливает прирост. К концу стадии большая часть деревьев выходит во второй ярус, хотя отдельные экземпляры этого поколения все еще испытывают задержку в росте. Процесс изреживания выражен слабо. К концу стадии, когда начинается вылаждение деревьев самого старшего поколения, прирост деревьев остается достаточно высоким.

IV (121-160 лет). Стадия приспевания. Деревья возрастного поколения, находящегося на этой стадии, выбившись во второй ярус, занимает в нем господствующее положение. Отдельные

наиболее быстро растущие деревья переходят в первый ярус. Изреживание верхнего полога, за счет быстрого распада самого старшего поколения, способствует сохранению значительного прироста, несмотря на ухудшение климатических условий. Неблагоприятность климатических условий перекрывается выгодными для роста этого возрастного поколения фитодемотическими взаимоотношениями с деревьями других возрастов. Кроме того, для ели в возрасте 120-160 лет в данных лесорастительных условиях характерен наиболее интенсивный прирост. Изреживание внутри возрастного поколения на этой стадии почти не выражено, по всей вероятности, оно перераспределено в более старшие и младшие поколения, находящиеся на II и VI стадиях.

У (161-200 лет). Стадия спелости. Поколение занимает господствующее положение в первом ярусе как по числу стволов, так и по запасу древесины. Все деревья отличаются значительным приростом как по высоте, так и по диаметру. Возрастное поколение, находящееся на этой стадии, характеризует собой основные таксационные показатели древостоя в целом.

VI (201-240 лет). Стадия перестойности. Ввиду ухудшения климатических условий и значительного возраста деревьев резко замедляется прирост. В составе поколения накапливается значительное количество фаутичных деревьев. Наиболее крупные быстро растущие в прошлом деревья выпадают. Основную массу поколения составляют деревья, имевшие в молодости значительную задержку в росте, размеры высот и диаметры которых невелики. Средние таксационные показатели возрастного поколения, находящегося на этой стадии, остаются, в связи с выпадением в первую очередь наиболее крупных деревьев, такими же, какими были и на предшествующей стадии, или увеличиваются незначительно, иногда могут даже несколько снижаться.

VII (более 240 лет). Стадия распада. Несмотря на благоприятные климатические условия, прирост деревьев, в силу значительного их возраста, продолжает снижаться. В составе поколения преобладают ослабленные и фаутичные деревья. Распад до середины стадии идет медленно, но с ухудшением климатических условий к

концу стадии процесс распада быстро усиливается и в 270-290 лет достигает кульминации. Прохождение этой стадии заканчивается почти полным вымиранием деревьев поколения, от которого остаются только отдельные долгоживущие особи. Последние уже не могут представлять собой биологической совокупности деревьев, характерной для возрастного поколения, и не оказывают существенного влияния на рост и развитие последующих поколений. Эта стадия является последней в онтогенезе отдельных возрастных поколений в насаждениях осоково-сфагновых ельников.

После разбора стадий, которые последовательно проходит одно поколение ели за полный период жизни, следует отметить некоторые противоречивые явления, проявляющиеся при смене и прохождении стадий различными по возрасту поколениями. Во-первых, для возрастного поколения, находящегося на первой стадии развития, характерны противоречия между улучшением климатических условий в определенные периоды и в то же время неблагоприятными фитодемотическими воздействиями со стороны старших поколений (IV и V стадии), выражающиеся в усилении роста и увеличении сомкнутости последних, что значительно снижает положительную роль благоприятных климатических условий в формировании молодого поколения. Во-вторых, в разновозрастных древостоях наблюдается несоответствие для отдельных возрастных поколений в изменении средних таксационных показателей в связи с увеличением возраста. Так, например, на VI стадии возрастного развития средние показатели высот и диаметров могут быть меньшими или увеличиваться очень незначительно по сравнению с предидущей V стадией. Это кажущееся парадоксальное явление легко объясняется тем, что в первую очередь в старовозрастном поколении (VI стадия) выпадают наиболее крупные деревья, быстро росшие на начальных этапах. Все деревья, в молодости сильно задержанные в росте, как правило отличаются большей долговечностью (Моисеевко, 1963) и отмирают только на VII стадии. В-третьих, на VII стадии заканчивается распад самого старшего поколения в то время, когда климатические условия еще достаточно благоприятны для роста. Здесь происходит бурный рост более молодых поколений (IV и V стадии), что приводит к быстрому распаду старшего поколения, ввиду его слабой конкурентной способности.

Переходя к изложению общей схемы возрастного развития девственных осоково-сфагновых ельников, необходимо заметить, что она будет отражать собой только теоретическую основу, на данных которой представляется возможным в некотором приближении судить о процессах, происходящих в каждом конкретном насаждении в течение жизни одного поколения деревьев ели. Совершенно очевидно, что в природе никогда не удастся найти насаждение, возрастное развитие которого протекало бы строго по разрабатываемой схеме. Указанные выше сроки прохождения отдельных стадий будут смещаться в ту или иную сторону в зависимости от индивидуальных особенностей в закономерностях строения и развития того или иного возрастного поколения и от изменений продолжительности вековых циклов колебаний климата.

Поэтому при построении общей схемы возрастного развития насаждений нужно и лучше всего исходить не из конкретных данных по возрастной структуре, характеру изреживания и других процессов, происходящих в отдельных насаждениях, а опираться на статистические основы, получаемые из некоторой совокупности изучаемых объектов.

На рис. 2 и 3 представлена идеальная циклично-разновозрастная структура теоретического насаждения осоково-сфагнового ельника, построенная на основе усреднения и выравнивания данных по возрасту деревьев четырех пробных площадей. Рис. 2 характеризует возрастную структуру насаждения в период благоприятных климатических условий для роста и развития ельников в 80-летнем климатическом цикле. Рис. 3, наоборот, характеризует возрастную структуру насаждения в период, когда климатические условия оказывают неблагоприятные воздействия на осоково-сфагновые ельники.

Поэтому схема возрастного развития насаждений этого типа леса может быть представлена только в двух фазах, определяющих собой состояние развития насаждений по отношению к разным периодам 80-летнего цикла колебаний климата. Для первой фазы — фазы спелости (рис. 2) характерно наличие в древостоях насаждений четырех возрастных поколений, находящихся на I, III, V и VII стадиях развития. Во второй фазе — фазе перестойности (рис. 3) древостой будет образован только тремя возрастными поколениями ели, соответствующих II, IV, VI стадиям развития. Через 40 лет насаж-

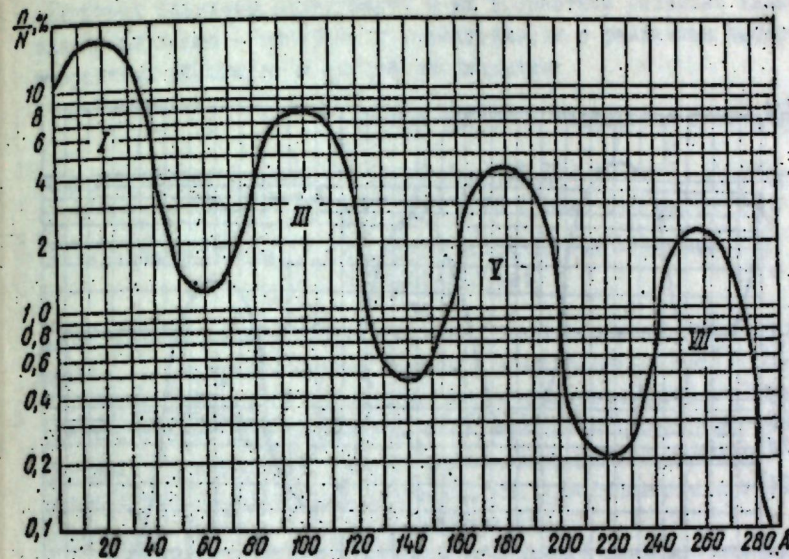


Рис. 2. Идеальная циклично-разновозрастная структура древостоя на фазе спелости насаждения. I, III, V и VII — стадии развития возрастных поколений.

дение снова перейдет в первую фазу. Следовательно, для осокново-сфагновых ельников свойственно в их возрастном развитии наличие только двух фаз — спелости и перестойности с различным набором возрастных поколений и стадий их развития:

Стадии развития возрастных поколений

фаза спелости I (I-40 лет), III (4I-80 лет), V (I6I-200 лет) и VI (более 240 лет)
фаза перестойности II (4I-80 лет), IV (I2I-160 лет) и VI (20I-240 лет)

Иного сочетания возрастных поколений в насаждениях представить нельзя, и поэтому и нельзя выделить в их развитии другие фазы.

Фазы насаждений будут отличаться одна от другой не только набором возрастных поколений, но и многими таксационными показателями, в первую очередь средними диаметрами и высотами, а также запасами стволовой древесины. На фазе спелости все эти показатели выше, чем на фазе перестойности.

Разбор возрастного развития насаждений позволил подойти к решению вопроса составления эскизов таблиц хода роста циклично-разновозрастных древостоев (табл. 2). Приведенные в табл. 2 данные по ходу роста основных таксационных элементов не могут считаться в цифровом выражении достаточно достоверными, в силу ограниченности экспериментального материала (4 пробные площади). Но принципиальный методический подход к составлению таблиц хода роста для насаждений с циклично-разновозрастной структурой древостоев нам представляется правильным. При достаточном количестве фактического материала по такому принципу можно составить таблицы хода роста, пригодные для производственных целей.

И.В.Семечкиным (1965) составлен фрагмент хода роста поколений кедров в циклично-разновозрастном древостое цитовниково-зеленомошникового типа леса Западного Саяна. Для кедровой части древостоев автором выделено шесть поколений, таксационная характеристика которых рассматривается со сдвигом примерно в 100 лет каждого последующего поколения относительно предыдущего. Таблица получилась сложная и трудно читаемая из-за неудач-

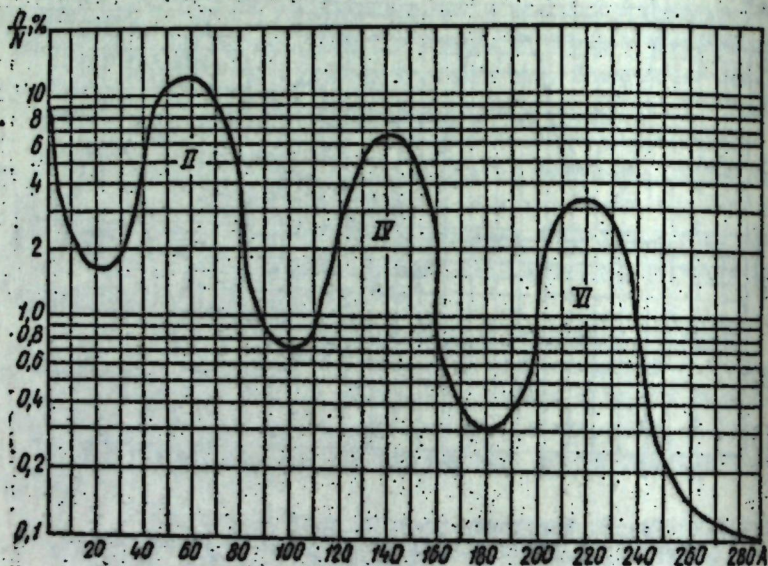


Рис. 3. Идеальная циклично-разновозрастная структура древостоев на фазе перестойности насаждения. II, IV и VI — стадии развития возрастных поколений.

Фаза развития насаждения	Номер поколения и возраст деревьев	
	Рассматриваемое	Сопряженные
Спелости	4 (1-40, средний 20)	3 (81-120) 2 (161-200) 1 (241-280)
Переход от спелости к перестойности	4 (21-60, средний 40)	3 (101-140) 2 (181-220) 1 (более 260)
Перестойности	3 (41-80, средний 60)	2 (121-160) 1 (221-260)
Переход от перестойности к спелости	3 (61-100, средний 80)	4 (1 - 20) 2 (141-180) 1 (220-260)
Спелости	3 (81-120, средний 100)	4 (1 - 40) 2 (161-200) 1 (241-280)

осоково-сфагновых ельников

Состав по поколениям и средний по древостоям	Высота, м	Диаметр, см	Число деревьев на 1 га	Запас стволовой древесины, м ³ /га
8Е1С1БедК	0,4	-	3500	-
7Е2Б1С+К	3,5	4,2	2000	8,0
6Е2К1С+Б	8,6	10,0	1000	34,0
7Е2К1С	12,9	16,7	500	58,0
7Е2К1С+Б			7000	100,0
8Е1С1 БедК	0,8	-	3300	-
7Е2Б1С+К	5,2	6,3	1740	17,0
6Е2К1С1Б	9,2	10,6	880	35,0
7Е2К1С	13,5	17,5	180	30,0
7Е1К1С1Б			6100	82,0
7Е2Б1СедК	1,1	-	3000	-
6Е2Б1К1С	6,8	7,7	1500	24,0
7Е2К1С+Б	9,8	11,1	800	36,0
7Е1К1С1Б			5300	60,0
8Е1С1БедК	0,1	-	2000	-
7Е2Б1СедК	2,1	2,0	2540	-
6Е2Б1К1С	7,7	9,0	1250	30,0
7Е2К1С+Б	11,1	14,0	690	44,0
7Е1К1С1Б			6480	74,0
8Е1С1БедК	0,4	-	3500	-
7Е2Б1С+К	3,5	4,2	2000	8,0
6Е2К1С+Б	8,6	10,0	1000	34,0
7Е2К1С	12,9	16,7	500	58,0
7Е2К1С+Б			7000	100,0

Фазы развития насаждения	Номер поколения и возраст деревьев	
	Рассматриваемое	Сопрежженные
Спелость	4 (I-40, средний 20)	3 (81-120) 2 (161-200) 1 (241-280)
Переход от спелости к порослевости	4 (21-60, средний 40)	3 (101-140) 2 (181-220) 1 (облач. 281)
Порослевость	3 (41-80, средний 60)	2 (121-160) 1 (201-240)
Переход к истребительности и спелости	3 (121-160, средний 160)	4 (1-40) 2 (141-180) 1 (221-260)
Спелость	3 (161-200, средний 180)	4 (1-40) 2 (141-180) 1 (221-260)

Осоково-сфагновых ельников

Состав по поколениям и средний по древостой	Высота, м	Диаметр, см	Число деревьев на 1 га	Запас стволовой древесины, м ³ /га
8Е1С1БедК	0,4	-	3500	-
7Е2Б1С+К	3,5	4,2	2000	8,0
6Е2К1С+Б	8,6	10,0	1000	34,0
7Е2К1С	12,9	16,7	500	58,0
7Е2К1С+Б			7000	100,0
8Е1С1 БедК	0,8	-	3300	-
7Е2Б1С+К	5,2	6,3	1740	17,0
6Е2К1С1Б	9,2	10,6	880	35,0
7Е2К1С	13,5	17,5	180	30,0
7Е1К1С1Б			6100	82,0
7Е2Б1СедК	1,1	-	3000	-
6Е2Б1К1С	6,8	7,7	1500	24,0
7Е2К1С+Б	9,8	11,1	800	36,0
7Е1К1С1Б			5300	60,0
8Е1С1БедК	0,1	-	2000	-
7Е2Б1СедК	2,1	2,0	2540	-
6Е2Б1К1С	7,7	9,0	1250	30,0
7Е2К1С+Б	11,1	14,0	690	44,0
7Е1К1С1Б			6480	74,0
8Е1С1БедК	0,4	-	3500	-
7Е2Б1С+К	3,5	4,2	2000	8,0
6Е2К1С+Б	8,6	10,0	1000	34,0
7Е2К1С	12,9	16,7	500	58,0
7Е2К1С+Б			7000	100,0

ного расположения таксационных показателей. Для производственных целей такой способ построения таблиц хода роста вряд ли будет приемлем. Поскольку разница между средними возрастными соседних поколений во всех случаях составляет около 100 лет, то ход роста кедровников Западного Саяна можно представить проще, как это сделано в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что таксационная характеристика насаждений в целом меняется только внутри 80-летнего периода времени, затем опять все показатели повторяются по своему значению. В возрасте 100 лет рассматриваемое поколение деревьев занимает место предыдущего, а на стадии возобновления уже сформировалось новое поколение. Средний возраст в 20 и 100 лет этого нового поколения опять будет совпадать с фазой спелости насаждения. Поэтому дальнейший ход роста рассматриваемого возрастного поколения можно проследить на примере предыдущих, в силу повторяемости их хода роста.

Однако нужно заметить, что такое повторение не является абсолютным. Развитие насаждений, как указывает Б. П. Колесников (1956), идет не по замкнутому кругу, а как бы по спирали. Любая из возрастных стадий наджим последующим по возрасту поколением проходит со значительными элементами нового во многих явлениях и процессах, которые в предыдущих поколениях отсутствовали или проявлялись в меньшей степени. Осоково-сфагновые ельники кроме пульсирующих (циклических) подвержены еще направленным изменениям под влиянием болотообразовательного процесса. Прогрессивное заболачивание местообитаний осоково-сфагновых ельников и возрастное развитие древостоев приводит к смене их на сосняки багульниково-сфагновые (Комин, 1963), стоящие в экологическом ряду типов леса ближе к сфагновым верховым болотам.

Выводы

1. Изучение онтогенеза лесов позволяет более детально познать закономерности их роста и развития и определить особенности и направление лесообразовательного процесса на разных этапах возрастного развития насаждений.

2. Онтогенез девственных насаждений осоково-сфагновых ельников характеризуется в основном возрастными сменами. Каждое поколение деревьев, входящее в состав насаждения, за полный период жизни (от возникновения до отмирания) проходит семь последовательно сменяющихся стадий развития.

3. Насаждения этого типа леса имеют циклический тип развития, который определяется вековыми колебаниями климата и характеризуется наличием двух фаз - спелости и перестойности. Каждая из этих фаз отражает особое состояние насаждений, отличающееся как по количеству возрастных поколений, так и по стадиям их развития.

4. На основе изучения онтогенеза насаждений представляется возможным найти методические подходы к составлению таблиц хода роста с любой возрастной структурой древостоев.

Л и т е р а т у р а

- Б и ц и н Л. В. Особенности роста разновозрастных буковых насаждений Крыма и Северного Кавказа. - Изв. высш. учеб. завед., Лесной журнал, 1958, № 5.
- Б и ц и н Л. В. Строение и продуктивность горных лесов. Изд-во "Лесная промышленность", М., 1965.
- В а с и л ь е в В. И. Закономерности процесса смен растительности. - Материалы по исследованию флоры и растительности СССР, вып. П. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1946.
- В а с и л ь е в Н. Г. Чернопихтово-широколиственные леса Южного Приморья и методы ведения хозяйства в них. - Изв. СО АН СССР, 1958, № 4.
- В а с и л ь е в Н. Г. и К о л е с н и к о в Б. П. Чернопихтово-широколиственные леса Южного Приморья. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1962.
- Д о л у х а н о в А. Г. О некоторых закономерностях формирования и смен основных формаций лесной растительности Кавказа. - Труды Тбилисского бот. ин-та АН Груз. ССР, 1958, т. 19.

- И в а ш к е в и ч Б. А. Девственный лес, особенности его строения и развития. - Лесное хозяйство и лесная промышленность, 1929, № 10-12.
- К о л е с н и к о в Б. П. Кедровые леса Приморского края. Автореф. докт. дисс., Владивосток, 1951.
- К о л е с н и к о в Б. П. Кедровые леса Дальнего Востока. Труды Дальневост. фил. АН СССР им. В.Л. Комарова, сер. биол., т. П(IV). и.-л., Изд-во АН СССР, 1956.
- К о л е с н и к о в Б. П. О генетической классификации типов леса и задачах лесной типологии в восточных районах СССР. - Изв. СО АН СССР, 1958, № 4.
- К о л е с н и к о в Б. П. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале. - Вопросы классификации растительности. Труды Ин-та биол. УфАН СССР, 1961, вып. 27.
- К о л е с н и к о в Б. П., С м о л о н о г о в Е. П. Некоторые закономерности возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауральяского Приобья. - Проблемы кедр. Труды по лесному хозяйству Сибири, вып. 6. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1960.
- К о м и н Г. Е. К вопросу о типах возрастной структуры насаждений. - Изв. Высш. учеб. завед., Лесной журнал, 1963а, № 3.
- К о м и н Г. Е. Влияние циклических колебаний климата на рост и возрастную структуру девственных насаждений заболоченных лесов. - Изв. СО АН СССР, т. 12, сер. биол.-мед. наук, 1963б, № 3.
- К о м и н Г. Е. Возрастная структура и строение древостоев заболоченных лесов междуречья Лозьвы и Пельма. Автореф. канд. дисс. Свердловск, 1964.
- М а к о в с к и й В. И. К типологической классификации заболоченных и болотных лесов междуречья Лозьвы и Пельма. - Доклады второй научно-технической конференции молодых специалистов лесного производства Урала по итогам работ 1961 г. Свердловск, 1962.
- М о и с е е н к о С. Н. Возрастное строение кедрово-широколиственных лесов. - Сборник трудов ДальНИИЛХ, 1963, вып. 5.
- П о л и к а р п о в Н. П., Н а з и м о в а Д. И. Темнохвойные леса северной части Западного Саяна. - Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1963, т. 57.
- Р и ч а р д о П. У. Тропический дождевой лес. М., Изд-во иностр. лит., 1961.
- Р о м а н о в В. Н. Основные черты строения и развития темнохвойных лесов Сахалина. Сборник трудов ДальНИИЛХ, 1963, вып. 5.
- С о м е ч к и И. В. Некоторые закономерности хода роста разновозрастных древостоев кедровых горных районов Средней Сибири. - Организация и экономика лесного хозяйства. Материалы научной конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, 1965.
- С к р я б и н М. П. Вековые циклы природных условий и боровая растительность лесостепи. - Труды Воронежского заповедника, 1949, вып. 3.
- С к р я б и н М. П. Лесохозяйственное значение вековых циклов природных условий для боров лесостепи. - Науч. зап. Воронеж. лесотехн. ин-та, 1960.
- С м о л о н о г о в Е. П. Лесовосстановительные мероприятия в елово-пихтовых лесах запретной полосы р. Уфы. - Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. 3. Свердловск, 1956 (Урал. лесотехн. ин-т).
- С м о л о н о г о в Е. П. Особенности возрастной динамики древостоев широколиственно-елово-пихтовых лесов западного склона Среднего Урала. - Вопросы лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, 1959. (Сиб. техн. ин-т).
- С у к а ч е в В. Н. О терминологии в учении о растительных сообществах. - Ж. Русс. бот. о-ва, 1917, т. 2, № 1-2.
- С у к а ч е в В. Н. Растительная ассоциация и тип насаждений. Изв. Ленингр. лесн. ин-та, 1925, вып. 32.
- Ф а л а л е е в Э. Н. Некоторые особенности строения пихтовых лесов (по исследованиям в долине р. Кемчуга). Труды Сиб. техн. ин-та, 1960, сб. 25.

Ф а л а л е е в Э. Н. Возрастное строение, рост и развитие пихтовых лесов Сибири. - Материалы конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, Изд-во СО АН СССР, 1963.

Ф а л а л е е в Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. М., "Лесная промышленность", 1964.

Iwaschkewitsch B.A. Die wichtigsten Eigenarten der Struktur und Entwicklung der Urwaldbestände. - Verhandlungen des Internationalen Kongresses forstlicher Versuchsanstalten, Stockholm, 1929.

Leibungudt H. Über Zweck und Metodik der Struktur und Zuwachsanalyse von Urwäldern. - Schw. Zs. f.F., N 3, 1959.

Viná B. Struktura a vývoj přirozených porostů s jedli. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSSR, Sv.25, 1961.

Е.П.Смолоногов

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА И ХОЗЯЙСТВЕННО-ВЫБОРОЧНЫЕ РУБКИ
В ШИРОКОЛИСТВЕННО-ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ВОДООХРАННО-ЗАЩИТНОЙ ПОЛОСЫ
РЕКИ УФЫ В ПРЕДЕЛАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Установленный в прошлом жесткий режим рубок в запретных водоохранно-защитных полосах рек способствовал накоплению в них спелых и перестойных насаждений. Не является исключением и защитная полоса р. Уфы, где по данным статистического учета лесного фонда на 1 января 1956 г. только в пределах Свердловской области было сосредоточено около 6,5 млн.м³ спелой и перестойной древесины, или около 54% общего запаса.

Консервация большого количества товарной древесины и бесцельная потеря ее в лесах названной категории, расположенных часто в экономически хорошо развитых районах, безусловно было нерациональным. Поэтому с 1953 г. в водоохранно-защитных полосах рек было разрешено проведение лесовосстановительных рубок, задача которых состоит не только в вырубке и использовании спелой и перестойной древесины, но в большей мере в хозяйственно направленной реконструкции лесов, в создании насаждений с более высокими водоохранно-защитными свойствами.

К сожалению, в прошедшее десятилетие объемы лесовосстановительных рубок были крайне незначительны. ими охвачены лишь небольшие площади расстроенных (редины) преимущественно лиственных и сосновых насаждений. Проводились только сплошные узколесосечные рубки. Поэтому заметного влияния это мероприятие на структуру лесного фонда не оказало. Однако некоторые изменения все-таки произошли (табл. 1, 2).

В результате организационно-хозяйственной перестройки, до-

Изменения в распределении покрытой лесом площади и запасов
по возрастным категориям древостоев в водоохранный-защитной полосе
р. Уфь

Лесные формации	Площадь, га / %				Запас, тн.с.м ³ / %							
	Общая	Молодняки		Средневозрастные	Общий	Молодняки		Средневозрастные				
		I класса	II класса			I класса	II класса					
Площадь полос на I января 1956 г. 79308 га												
Хвойные	40577	2652	4610	8767	7152	17396	7989,4	86,0	351,1	1595,4	1604,8	4352,1
В том числе широколиственные-темнохвойные	100	6,5	11,4	21,6	17,7	42,8	100	1,1	4,4	19,8	20,0	54,7
	26484	363	2243	4482	5056	14340	5740	11,1	119,7	852,6	1149,8	3606,8
	100	1,3	8,5	17,0	19,1	54,1	100	0,2	2,1	14,9	19,9	62,9
Лиственные	33254	1030	6109	11466	3080	11509	3797	16,3	274,3	1013,7	436,7	2056,0
	100	3,1	18,4	34,4	9,3	34,8	100	0,4	7,2	26,7	11,5	54,2
В с е г о . . .	73831	3682	10719	20233	10232	28965	11786,4	102,3	625,4	2609,1	2041,5	6408,1
	100	5,1	14,5	27,4	13,8	39,2	100	0,8	5,3	22,2	17,3	54,4

Лесные формации	Площадь, га				Запас, тн.с.м ³ / %							
	Общая	Молодняки		Средневозрастные	Общий	Молодняки		Средневозрастные				
		I класса	II класса			I класса	II класса					
Площадь полос на I января 1966 г. 91055 га												
Хвойные	41283	1570	2824	10696	6227	19966	7070,2	47,4	288,9	1607,8	1164,1	3962,0
В том числе широколиственные-темнохвойные	100	3,8	6,8	25,7	15,2	48,5	100	0,7	4,0	22,8	16,5	56,0
	32748	786	1580	8154	5715	16513	5769,8	33,4	191,0	1220,8	1082,9	3241,7
	100	2,3	4,8	25,0	17,4	50,5	100	0,5	3,3	21,2	18,8	56,2
Лиственные	39200	1588	5769	13196	4969	13678	3934,2	23,8	299,9	996,3	578,8	2035,5
	100	4,0	14,8	33,5	12,5	35,2	100	0,6	7,7	25,3	14,7	51,7
В с е г о . . .	80483	3158	8593	23892	11196	33644	11004,5	71,2	588,8	2604,1	1742,9	5997,5
	100	3,9	10,7	29,6	14,0	41,8	100	0,6	5,3	23,6	15,8	54,5

Таблица 2

Изменения в средних показателях запаса древесины на 1 га за 10-летний период в широколиственно-темнохвойных лесах защитной полосы р. Уфы, м³/га

Древостои	Молодняки		Средневозрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные	Средний запас
	I класса	II класса				
	На 1 января 1965 г.					
Еловые	28	49	210	224	254	221
Пихтовые	31	62	167	230	246	212
Среднее	30	53	190	227	252	217
%	100	100	100	100	100	100
	На 1 января 1966 г.					
Еловые	46	127	150	193	201	179
Пихтовые	35	103	148	186	189	171
Среднее	42	121	149	189	196	176
%	140,0	122,9	78,5	83,3	78,0	81,5
Прирост древесины, тыс. м ³	4,4	152,5				
Всего, тыс. м ³		156,9				
Потери древесины, тыс. м ³			183,7	192,1	778,7	
Всего, тыс. м ³				1164,5		
Потери древесины по нормативному показателю, тыс. м ³						1480,0

дополнительного выделения защитных полос по крупным притокам Уфы за десятилетие их общая площадь увеличилась на 13,0%, а покрытая лесом на 8,0%. Площадь широколиственно-темнохвойных лесов увеличилась на 19,0%. Заметны также изменения в распределении площадей и запасов этих лесов по возрастным категориям насаждений: несколько увеличилась доля участия молодняков I класса и средневозрастных, уменьшилось участие молодняков II класса, приспевающих, спелых и перестойных. В целом изменения в структуре лесного фонда по приведенным в табл. 1 данным настолько малы, что на первый взгляд их можно связать только с организационными перестройками или с несовершенством учета лесного фонда. Однако, если рассмотреть изменения в средних запасах на 1 га каждой возрастной категории древостоев, то выявляются существенные различия. Так, например, средний запас на 1 га в спелых и перестойных древостоях уменьшился на 22,0, в приспевающих на 16,7, в средневозрастных на 21,1%, молодняки же дали прирост на 40,0-22,9% (табл. 2). Если изменения в запасах перечислить на площадь, которую занимали разные возрастные категории древостоев на начало 1956 г., то можно определить общие потери древесины за десятилетний период. Эти потери составили 1164,5 тыс. м³, или около 116 тыс. м³ ежегодно. Такое количество древесины можно получить, вырубив лесной массив площадью в 6264 га (увеличение площади широколиственно-темнохвойных лесов за 10 лет) со средним запасом 185 м³ на 1 га. Объяснить потери древесины в указанном объеме только за счет организационных перестроек или включения в защитную полосу новой площади лесов нельзя, поскольку в общем балансе изменений за 10 лет увеличилась только покрытая лесом площадь, а не покрытая лесом и нелесная даже уменьшилась. В рассматриваемых лесах проходил естественный отпад деревьев наиболее старших поколений.

Исследование наиболее распространенных типов леса широколиственно-темнохвойных лесов водоохранный-защитной полосы р. Уфы (Смолоногов, 1956, 1959, 1960) показало, что для насаждений, длительное время не испытывавших воздействия лесных пожаров или сплошных рубок, характерна своеобразная возрастная динамика. На рис. 1 схематично представлен полный цикл возрастного раз-

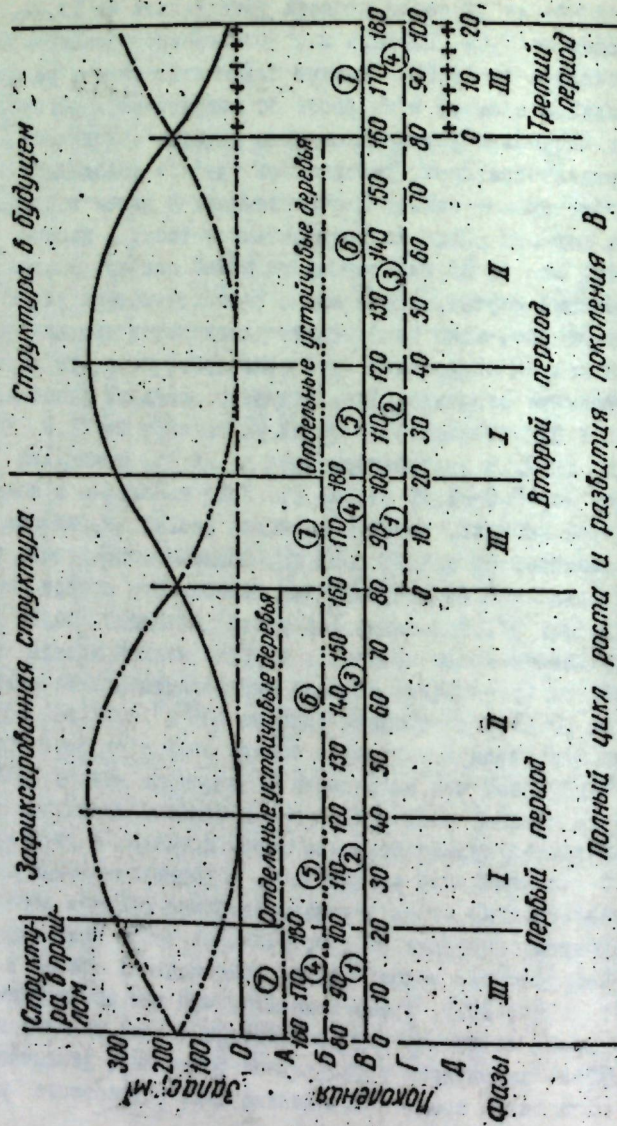


Рис. 1. Принципиальная схема динамики возрастной структуры и занаса широколиственно-темнохвойных лесов водохранилище-защитной подоси р. Уфы. Поколения древостоев А-Д характеризуются стадиями (1-7) см. описание в тексте и возрастом (цифры под соответствующей линией).

вития одного поколения древостоев основных лесобразующих пород ели и пихты (В) продолжительностью около 180-200 лет. Возникнув под пологом насаждений, представленных обычно древостоями двух более ранних возрастных поколений (А, Б), оно в первый период, примерно до 60 лет, развивается в составе подчиненного яруса насаждения, затем до 150-160 лет (второй период) образует верхний господствующий ярус насаждения. В третий период, примерно от 160 до 200 лет обычно происходит интенсивный отпад деревьев и полное разрушение древостоев рассматриваемого возрастного поколения. Благодаря изменениям в морфоструктуре насаждений во второй и третий периоды создаются условия для появления под пологом новых молодых поколений (Г, Д).

Весь цикл возрастного развития древостоев одного возрастного поколения можно расчленить на семь последовательно сменяющихся стадий, которые отражают возрастные особенности, качественные и количественные различия древостоев обособленных поколений в разные периоды их жизни: 1 (1-20 лет) - стадия накопления самосева и подроста ели и пихты под пологом древостоев более старших поколений; 2 (21-40 лет) - стадия формирования подроста ели и пихты в сомкнутые куртины или биогруппы, процесс возобновления продолжается, но преимущественно липы, ильма, березы; 3 (41-80 лет) - стадия формирования древостоя с образованием второго древесного яруса насаждения; 4 (81-100 лет) - стадия возобновительной спелости древостоя и формирования первого древесного яруса насаждений; 5 (101-120 лет) - стадия стабилизации древостоя и его количественной спелости; 6 (121-160 лет) - стадия разрушения древостоя; 7 (161-180) - стадия окончательного распада древостоев. В насаждениях с преобладанием пихты процесс распада заканчивается несколько раньше, поэтому стадия 7 часто не выражена.

Материалы анализа возрастной структуры насаждений, обобщенные в схеме, показывают также, что каждой стадии развития древостоев одного возрастного поколения в насаждениях соответствуют вполне определенные взаимно обусловленные стадии других. В связи с этим, насаждения в целом на протяжении некоторых отрезков времени или фаз развития характеризуются вполне определенным соотношением древостоев разных поколений и стадиями их

развития, одинаковым характером динамики морфоструктурных показателей, лесной среды, процессов естественного возобновления, накопления и распада древесной массы и т.п. Таких фаз в рассматриваемых насаждениях можно выделить три¹: I фаза - количественной спелости леса - продолжается около 20 лет. Насаждения слагаются древостоями одного возрастного поколения пятой стадии развития. Более старые поколения представлены единичными деревьями, а младшие еще не образуют древостоев и находятся на второй стадии развития. Древостой основного возрастного поколения в эту фазу имеет небольшую площадь сечения и запас, отмечается кульминация среднего прироста, а затем его равенство с текущим. Наблюдается отпад деревьев лиственных пород, в конце фазы - пихты, а затем и ели. В результате выпадения деревьев в древесном пологом образуются "окна", или просветы. Подрост, расположенный в них, увеличивает прирост, смыкается кронами и образует группы или куртины. Вместе с тем, процесс возобновления, начавшийся под пологом леса, в предшествующий период развития насаждений продолжается, но в рассматриваемую фазу возобновляются преимущественно лиственные породы.

II фаза - естественной спелости леса - продолжается около 40 лет. Насаждения слагаются древостоями двух возрастных поколений, находящихся на третьей и четвертой стадиях развития. В эту фазу в древостое основного возрастного поколения происходит интенсивное накопление фауных, сухостойных деревьев и отпад их из верхнего яруса. Текущий прирост становится отрицательным. В результате разрушения древостоя верхнего яруса создаются благоприятные условия для формирования древостоя нового поколения с образованием второго яруса насаждений из подроста, появившегося в первую фазу и более ранние периоды роста насаждений. В связи с увеличивающейся сомкнутостью второго яруса и ухудшением условий среды процесс возобновления почти прекращается.

III фаза - возобновительной спелости насаждения - продолжается около 20 лет. В течение этой фазы в древостое старшего по-

¹ В отличие от ранее опубликованных материалов (Смолоногов, 1956, 1959) изменен порядок нумерации фаз.

коления, составляющего первый ярус, происходит окончательный распад (стадия 7). В древостое основного возрастного поколения наблюдается интенсивное увеличение текущего прироста. Древостой формирует первый ярус насаждений и обычно плодоносит (стадия 4). Снижение общей сомкнутости полога, за счет отпада деревьев старшего поколения, способствует созданию благоприятных условий для прорастания семян и жизни всходов. Под пологом насаждений проявляется наибольшее количество самосева пихты и ели (стадия I).

После окончания III фазы процесс развития, по-видимому, пойдет по аналогичной схеме, но с участием древостоев вновь появляющихся более молодых возрастных поколений Г и Д.

Приведенная обобщенная схема динамики насаждений безусловно не отражает всех возможных случаев, наблюдаемых в природе. Процесс зависит от совокупности многих взаимосвязанных и противоречивых факторов внутренней для насаждений и внешней среды. Тем не менее, при слабом воздействии внешних факторов, разрушающих древостой лишь частично, основные качественные особенности возрастного развития древостоев или возрастных смесей сохраняются. При полном разрушении (пожары, сплошные концентрированные рубки) характерными становятся закономерности возобновительных смесей.

Качественные и количественные различия в структуре насаждений в процессах роста и распада древостоев по фазам развития хорошо видны в табл. 3 и на графиках рис. 2. Показатели для них взяты или вычислены по ранее составленным таблицам хода роста, отражающим специфику динамики рассматриваемых насаждений (Смолоногов, 1956).

По данным таблицы и графиков, в насаждениях I фазы общий запас древостоев и текущий прирост имеют наибольшую величину. Во II и III фазы в результате процесса естественного отпада запас древостоев старших поколений уменьшается, а младших, наоборот, увеличивается. Прирост древесины в древостойных молодых поколениях и растущих деревьев старших не компенсирует отпада, поэтому общий текущий объемный прирост имеет отрицательную величину. Следовательно, в насаждениях II и III фаз развития в продолжение

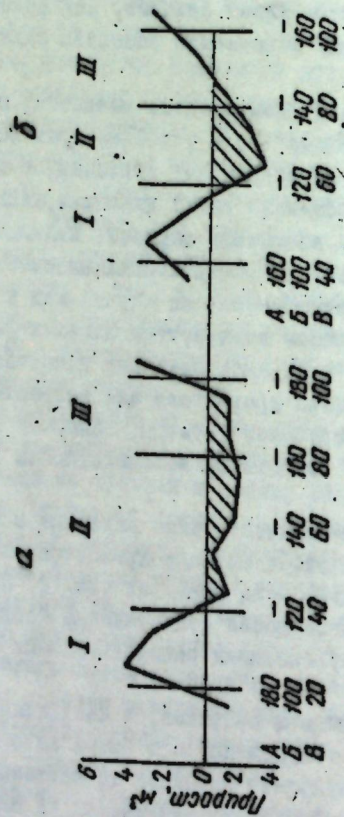


Рис. 2. Динамика текущего прироста древесины в широколиственно-темнохвойных насаждениях водоохранный-защитной полосы р. Уфм.
а - в насаждениях с преобладанием в составе древостоев ели, б - с преобладанием пихты.

50-60 лет происходит закономерное естественное ежегодное уменьшение общих запасов древесины на единицу площади. Ежегодный средний объем отпада древесины для насаждений, в составе древостоев которых на всех стадиях развития преобладает ель, составляет $7,1 \text{ м}^3$ на 1 га, а с преобладанием пихты $5,2 \text{ м}^3$, или в среднем по широколиственно-темнохвойным насаждениям $6,2 \text{ м}^3$.

Общий объем отпада древесины в эти фазы равен приросту древесины в I фазе, и если в структуре лесного фонда было бы соответствующее пропорциональное и постоянное распределение площадей по фазам развития, то общий и средний на единицу площади запас во времени характеризовался бы стабильностью. Расчеты показывают, что такое положение могло быть, если бы насаждения I фазы занимали 35,6, II - 42,5 и III-21,9% общей площади насаждений. Однако из-за разной продолжительности фаз развития во времени и различий в величине прироста создать такую структуру, а главное поддерживать ее постоянно невозможно. Поэтому суммарная величина прироста на всей площади насаждений периодически будет меняться.

Как уже отмечалось, за десятилетний период общие и средние запасы уменьшились. Поэтому есть основание предполагать, что в структуре широколиственно-темнохвойных лесов защитной полосы значительно преобладали насаждения II и III фазы развития, такое положение сохранится еще не менее 10-20 лет.

Поскольку в процессе лесоустроительных работ распределения насаждений по фазам развития сделано не было, то сейчас трудно установить действительную структуру насаждений и определить более или менее точно величину естественного нормального общего объема отпада древесины. Но приблизительно это сделать можно, если величину ежегодного отпада, взятую из таблиц хода роста, умножить на общую площадь, которую занимали различные категории древостоев на 1/1 1956 г., где отмечено уменьшение запасов (средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных). Ежегодный отпад, вычисленный таким способом, составил около 148,0, а за десятилетие около 1480,0 тыс. м³. Эта величина больше, чем фактическое уменьшение запасов. Разница 316,0 тыс. м³ (см. табл. 2), очевидно, компенсирована приростом насажде-

Динамика состава древостоев
по фазам насаждений

Фазы	Возраст, лет				Состав древостоев		
	А	Б	В	Г	А	Б	В
I	Сумма 180	110	30	-	Ед. Б, П	5ЕЗП2Лед. Б, И	2ЕЗП2Лед. Б, И
		120	40	-	Ед. Б, П	6ЕЗП1Лед. Б, И	2ЕЗП5Лед. Б, И
		130	50	-		7ЕЗП+Лед. Б, И	3ЕЗП4Лед. Б, И
		140	60	-		7ЕЗПед. Б, И	3ЕЗП4Лед. Б, И
		150	70	-		8Е2П	3Е4П3Лед. Б, И
		160	80	-		9Е1П	3Е4П3Лед. Б, И
		170	90	-		9Е1П	3Е4П3Лед. Б, И
		180	100	20		10Е ед. П	5ЕЗП2Лед. Б, И

Таблица 3

запаса древесины и текущего прироста
и возрастным поколениям

Фазы	Запас древесины, м ³ /га				Текущий прирост, м ³ /га				Запас фау- ной древесины, % от общего запаса
	А	Б	В	Общий	А	Б	В	Общий	
-	309	7	316	-	-	+1,6	+1,1	+2,7	19,4
-	325	18	343	-	-	-3,6	+2,5	-1,1	22,1
-	289	43	332	-	-	-2,8	+2,5	-0,3	25,7
-	261	68	329	-	-	-6,2	+4,6	-1,6	23,2
-	199	114	313	-	-	-6,3	+4,6	-1,7	16,1
-	136	160	296	-	-	-7,6	+6,4	-1,2	10,8
-	60	224	284	-	-	-4,0	+2,8	-1,2	12,2
-	20	252	272	-	-	-2,0	+5,7	+4,4	12,4

ний I фазы развития, а также насаждениями, восстановившимися без смены темнохвойных пород на участках сплошных гарей или сплошных узколесосечных рубок более чем 40-летней давности. Однако общая площадь таких насаждений невелика, поскольку лесовосстановление на обезлесенных площадях обычно проходит со сменой пород.

Таким образом, теоретические расчеты величины естественно-го отпада древесины в широколиственно-темнохвойных насаждениях, сделанные с использованием таблиц хода роста, подтверждаются материалами фактической динамики лесного фонда за десятилетие. Поэтому, вполне логичен вывод о том, что средняя величина отпада древесины в год на I га, составляющая по таблицам хода роста $6,2 \text{ м}^3$, может быть принята за нормативный показатель при расчете размеров рубок. Если исключить из расчетов молодняки, а также средневозрастные древостой, то общий размер рубок на ближайшее десятилетие составит 138 тыс. м^3 ежегодно. Вполне понятно, что в будущем с изменением структуры насаждений, соотношений прироста и отпада древесины размеры рубок будут меняться. Поэтому для более глубокого обоснования режима рубок на последующие десятилетия необходимы данные о действительной структуре насаждений. Их можно получить лишь после очередного лесоустройства с таксацией насаждений по фазам развития. Четкое представление о структуре позволит также составить необходимые прогнозы по хозяйственно направленной реконструкции насаждений. Достаточно большой объем возможных рубок, специфичность хозяйственного назначения лесов защитной полосы требуют серьезного подхода к выбору способов рубок.

Изучение состояния широколиственно-темнохвойных насаждений, их защитной и гидрологической роли, проведенное еще до 1956 г. (Смолоногов, 1956, 1959, 1963), показало, что насаждения вполне соответствуют хозяйственному назначению лесов этой категории. Однако более высокими водоохранно-защитными свойствами обладают средневозрастные и приспевающие насаждения умеренной сомкнутости (0,7-0,8) с участием лиственных пород в древостоях не менее 0,3-0,4 состава. Особенности возрастной структуры, строения и специфика динамики во времени дают пол-

ную возможность создать такие насаждения, применяя в достаточных объемах хозяйственно-выборочные рубки. Этот способ исключает развитие эрозийных процессов, обеспечивает наилучшие условия для возобновления вырубаемых площадей, формирование необходимого состава насаждений, максимально возможную в условиях защитных полос концентрацию мест рубок и наиболее рациональное пространственное их размещение. Только хозяйственно-выборочные рубки, проводимые в достаточных объемах, позволяют в короткие сроки снизить возрасты и омолодить насаждения. Всеми этими положительными качествами не обладают ни сплошные узколесосечные, ни сплошные концентрированные рубки.

Выше было показано, что для изученных насаждений характерны три фазы развития. Каждая фаза имеет определенную специфику качественных процессов, протекающих в насаждении, поэтому характер хозяйственно-выборочной рубки, ее задачи в каждую фазу будут различны.

В I фазу (возраст древостоя основного поколения 101-120 лет) задача рубки - создать наиболее благоприятные условия для процесса возобновления и формирования подростка в сомкнутые группы или куртины, обеспечить дополнительный световой прирост деревьям, оставшимся на корню после рубки. Общий процент вырубимой древесины составляет около 25-30%.

Во II фазу (возраст древостоя основного поколения 121-160 лет) задача рубки - создать условия для формирования второго яруса насаждений, а в конце фазы - и первого из древостоев младших поколений 40-80-летнего возраста. Общий процент выборки древесины составляет около 30-40%.

В III фазу (возраст древостоя основного поколения 80-100 лет, старшего 160-180 лет) задача рубки - создать наиболее благоприятные условия для роста деревьев древостоя основного поколения, заканчивающего в эту фазу формирование верхнего яруса насаждений, а также условия для процесса возобновления новых поколений древесных пород. Вырубка составляет в общем 20-25%.

Во все фазы в первую очередь вырубается деревья древостоев старших поколений, а также фауны, сухостойные, буреломные деревья младших поколений. В зависимости от состава, сом-

кнутости полога древостоев, крутизны склонов, размещения под-
роста и деревьев, формирующих второй ярус, рубка может носить
как групповой, так и равномерный характер.

Как показывают многочисленные исследования и результаты
опытных работ, почти во всех лесных районах страны в древосто-
ях различных лесных формаций и в разных лесорастительных усло-
виях (Дерябин, 1962; Кайрхитис, 1962; Станиславов, 1963; Дани-
лик и Комиссарова, 1963; Румянцев и Тихонов, 1964; Побединский,
1964; Побединский и др., 1965; Петров и др., 1965; Кожевников
и др., 1967; Алексеев, 1967 и др.) при проведении постепенных
и выборочных рубок возможно применение современной комплексной
механизации всех процессов лесосечных работ, а их экономическая
эффективность часто даже выше, чем сплошных лесосечных рубок.
Разработаны многочисленные технологические схемы. В частности,
для рассматриваемой категории лесов вполне приемлемы рекоменда-
ции, разработанные Уральской лесной опытной станцией ВНИИЛМ.

Лесные массивы защитной полосы р.Уфы находятся в районах
с хорошо развитой лесной промышленностью, сырьевая база которой
истощена. Значительны также местные потребности в древесине.
Поэтому применение хозяйственно-выборочных рубок в широколист-
венно-темнохвойных насаждениях защитной полосы может дать не
только хозяйственный, но и экономический эффект.

В а к л ю ч е н и е

Все изложенное выше свидетельствует о том, что изучение
возрастной динамики насаждений, особенно сложных по морфострук-
туре и строению насаждений, имеет не только теоретическое, но и
важное практическое значение. Познание возрастных изменений на-
саждений расширяет наши представления о формах организации про-
дуктивности и динамике лесных биологических систем, открывает
широкие возможности для научного обоснования комплекса меропр-
ятий для разработки наиболее рациональных форм ведения лесного
хозяйства в тех или иных категориях лесов.

Л и т е р а т у р а

- А л е к с е е в П. В. Чересполосно- и коридорно-посечные
рубки в елово-лиственных древостоях. Йошкар-Ола, Марий-
ское кн. изд-во, 1967.
- Д а н и л и к В. Н., Комиссарова Л. К. Постепен-
ные и выборочные рубки в Кусинском леспромхозе. - Лесное
х-во, 1963, № 2.
- Д е р я б и н Д. И. Постепенные рубки - в практику лесного хо-
зяйства. - Лесное х-во, 1962, № 7.
- К а й р х и т и с Л. А. Итоги применения постепенных и вы-
борочных рубок в Литве. - Лесное х-во, 1962, № 10.
- К о ж е в н и к о в А. М., Децик Т. А., Феофилов
В. А., Переход А. В., Ярмоленко Н. И.
В каких насаждениях выгодно проводить постепенные и выбо-
рочные рубки. - Вопросы интенсификации лесного хозяйства,
вып. 18. Минск, "Урожай", 1967.
- П е т р о в Н. В., Правдин А. М., Богомолов
Ю. Т. Лесоводственная и экономическая оценка технологий
лесосечных работ в горнотаежных лесах Кемеровской обла-
сти. - Материалы научной конференции по изучению лесов Си-
бири и Дальнего Востока. Красноярск, 1965 (Ин-т леса и
древесины СО АН СССР).
- П о б е д и н с к и й А. В. Рубки главного пользования. М.,
"Лесная промышленность", 1964.
- П о б е д и н с к и й А. В., Верхунов П. М., По з
д н я к о в А. А. Способы рубок главного пользования в
пихтовых лесах Сибири. Материалы научной конференции по
изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск,
1965 (Ин-т леса и древесины СО АН СССР).
- Р у м я н ц е в Г. Т., Тихонов А. С. Хозяйствен-
ная эффективность постепенных рубок в лиственно-еловом
древостое. - Лесное х-во, 1964, № 1.
- С и о л о н о г о в Е. П. Лесохозяйственные мероприятия в
елово-пихтовых лесах запретной полосы р. Уфы. Сборник
трудов по лесному хозяйству, вып. 3, Свердлов. кн. изд-во,
1956 (Урал. лесотехн. ин-т).

Молоногов Е. П. Особенности возрастной динамики древостоев широколиственно-елово-пихтовых лесов западного склона Среднего Урала. - Вопросы лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, 1959 (Сиб. технол. ин-т).

Молоногов Е. П. К вопросу динамики возрастной структуры и строения древостоев широколиственно-елово-пихтовых лесов Урала. - Проблемы флоры и фауны Урала. Труды Ин-та биологии УФАИ СССР, 1960, вып. 14.

Молоногов Е. П. Основные особенности снежного режима в насаждениях водоохранно-защитной полосы реки Уфы. - Почвы и гидрологический режим лесов Урала. Труды Ин-та биологии УФАИ СССР, 1963, вып. 36.

Таниславов И. И. Ленточный метод постепенных рубок. Лесное х-во, 1963, № 2.

Р.С. Зубарева

ОСОБЕННОСТИ РОСТА МОЛОДЫХ ПОКОЛЕНИЙ ЕЛМ И ПИХУМ
В ШИРОКОЛИСТВЕННО-ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Познание закономерностей роста и развития деревьев лесовоб-разующих пород в различных экологических условиях таежной зоны имеет существенное научное и практическое значение. Данные по ходу их роста и настоящему времени достаточно широко представ-лены в литературе и ряде специальных и региональных таблиц и гра-фических построений. Однако в них часто не содержится характе-ристичных данных возрастных стадий развития деревьев. Между тем младшие поколения деревьев во многом определяют биогеоценоличе-ские взаимосвязи пород в древостоех и их будущее, являясь потен-циальным резервом сохранения исторических особенностей лесов. В массивах, где естественная природа лесов нарушена (рубками, пожарами и т.д.), деревья младших возрастных категорий во мно-гом определяют специфику развития новых производных древостоев.

При современном интенсивном ведении лесного хозяйства, о вовлечении в оборот рубки огромных площадей, для лесовосстанов-ления вырубок все большее значение уделяется максимальному по-пользованию подростом и толчком из-под полога леса. Оценивая реальные возможности этого, нельзя не учитывать, что у ряда дре-весных, в частности темнохвойных, пород таежной зоны поколения, относимое по особенностям своего роста к толчку или подросту, достигает нередко 50-60-летнего возраста и значительно труднее приспособляется к новым условиям среды, чем более молодые ин-земпляры. При этом, однако, трудности равномерной оценки по-роста молодых темнохвойных деревьев и отсутствия данных по хо-ду их роста затрудняют выбор обоснованных методов восстановления

венных воздействий, обеспечивающих сохранение этих пород.

Поскольку динамика роста деревьев определяется не только их биологической природой, но существенно корректируется экологическими факторами, включающими тип лесорастительных условий и принадлежность к различным физико-географическим регионам, особенности роста молодых деревьев могут служить критериями при выделении типов леса¹.

Характеристике древостоев, их возрастной структуре и динамике таксационных показателей некоторых типов широколиственно-темнохвойных лесов на Урале посвящено несколько работ Н.Д. Лескова (1954, 1956), Е.П. Смолоногова (1956, 1959), И.И. Лезицкого (1963) и др. К сожалению, в них почти не отражены особенности начальных этапов развития деревьев в материнских и производных древостоях.

Не имея критериев оценки хода роста ели и пихты на первых этапах их развития под пологом широколиственно-темнохвойных лесов и на вырубках, мы изучали эти показатели при обследовании лесных массивов вго-западных районов Свердловской области в 1964 г. Данные по ходу роста собирали в лесах северной части Уфимского плато и Сабарской возвышенности под пологом коренных следов насаждений двух широко распространенных здесь типов леса - ельника липняково-кислично-разнотравного (Е. лп.к.р.) и ельника липово-ильмового крупнотравного (Е. Лп. Ил. крт.), а также на участке шестнадцатилетней вырубке последнего². При этом на пробных площадях (0,5 - 1,0 га) помимо геоботанического описания и таксационного перечета деревьев проводили общий учет подростка по породам, группам возраста и высот, с учетом его качества и приуроченности к определенным экологическим условиям (микрорельеф, освещенность). Для изучения хода роста ели (е. сибирская и ее переходные формы к е. европейской) и пихты (п. сибирская) брали внешне здоровые модели по укрупненным группам

¹ При этом необходимо учитывать специфику хода роста молодых поколений на разных стадиях возрастного развития древостоев в типе леса.

² В сборе и обработке данных по ходу роста непосредственное участие принимала Г.И. Ермилова.

высот: высотой до 1,0 м и 1,0 - 2,0 м по 20 экз.; 2,0 - 4,0 и 4,0 - 8,0 м по 10 экз., т.е. всего 60 моделей каждой породы с пробной площади. В полевых условиях у модельных экземпляров измеряли высоту, протяженность и диаметр кроны, делали срезы древесины для камеральной обработки (у образцов высотой до 1,0 м через 10 см; 1,0 - 2,0 м - через 25 см, 2,0 - 4,0 м - через 0,5 м, у более высоких - через 1,0 м; помимо этого брали срез на высоте 1,3 м).

Полученные данные графически и путем выравнивания способом скользящей средней были приведены к средним показателям. Последнее позволило построить кривые хода роста по высоте и диаметру на нулевом резе (рис. 1). Ниже приведена характеристика насаждения на пробных площадях, необходимая для анализа данных по ходу роста. Оба изучаемых типа леса приурочены к плоским вершинам возвышенностей, однако ельник липово-ильмовый крупнотравный - к дренированным, а ельник липняково-кислично-разнотравный - к неравномерно дренированным, периодически переувлажненным местоположениям на плато. Характеристика древесных ярусов по типам леса приведена в табл. 1.

Серьезным фактором, влияющим на развитие подростка в обоих типах леса, является растительность нижних ярусов. В типе леса Е. Лп. Ил. крт. она представлена обильным подростом ильма, липы и густым высоким (до 1,5 м) травянистым покровом. Этот же характер растительности сохраняется и на вырубках. Во втором типе леса лесообразующее влияние нижних ярусов проявляется несколько слабее, причем определяется оно преимущественно липой, выполняющей функции подростка и подлеска, и травяно-моховым покровом. Общий характер влияния листового подростка на материнский темнохвойный в какой-то степени определяется соотношением их высот (табл. 2).

Характеризуя распределение темнохвойного возобновления по местоположению, необходимо отметить приуроченность большей части елового подростка (60-90%) к разлагающимся хвойным древесным стволам, пням и другим повышениям микрорельефа. Подрост пихты в противоположность этому приурочен чаще к ровным местоположениям непосредственно на поверхности почвы.

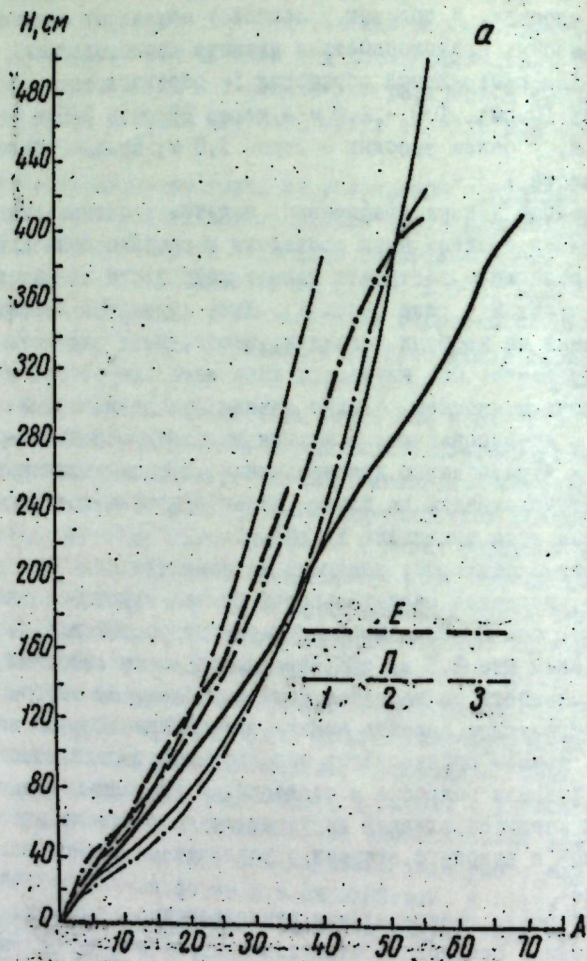


Рис. 1а. Кривые хода роста в высоту молодого поколения ели и пихты. 1 - под пологом Е.Лп.Ил.крт.; 2 - на вырубке Е.Лп.Ил.крт.; 3 - под пологом Е.лп.к.р.

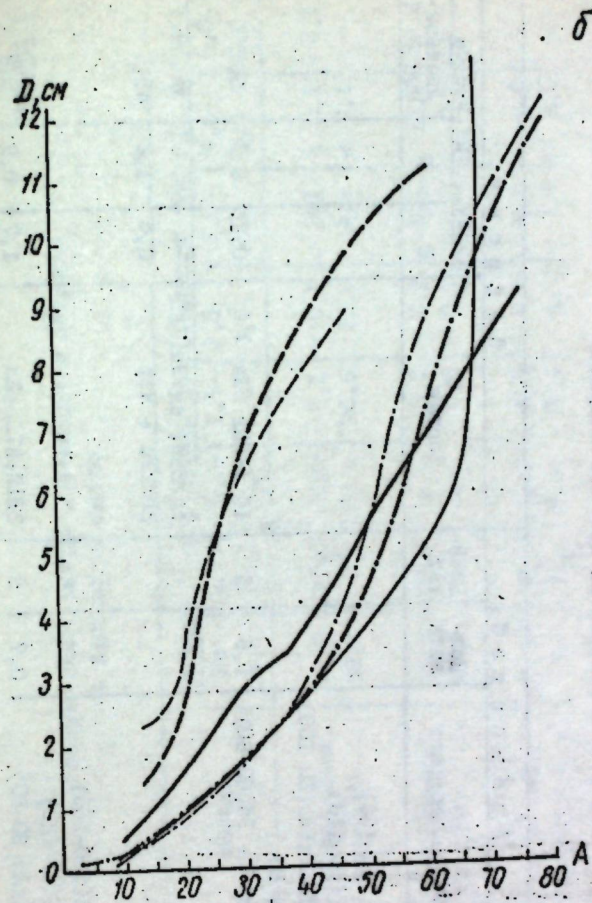


Рис. 1б. Кривые хода роста по диаметру (у шейки корня) молодого поколения ели и пихты. 1-3 - то же, что на рис. 1а.

Таблица 1

Древостой и подрост на пробных площадях

Тип леса (индекс) в пробной площади	Д р е в о с т о й		П о д р о с т				
	Состав, возраст	Пол- нога	Бонитет	Состав	Колич., тыс. экз./га	Листвен- ный	
Е. Лп. Ил. крт. Полог леса 2-1964	2Б(120-160) 2П(100-120) 1ЕП1ИлЛп(80-100) ед. ЕП 1ЛпИл+ Рб(60-80)	0,6	II	1П +ЕБИл 3Лп	0,25	0,5	6,7
Е. Лп. Ил. крт. Вырубка 4-1964	-	-	-	ед. Е+П, ед. Лп. КлБ 8Ил2Рб + Чер	0,4	1,2	43,7
Е. Лп. к. р. Полог леса 29-1964	5Е(100-160) 2П(60-120) 2ЕИл(60-80)	0,7	III	2ЕИл+57Лп+Ил	1,7	0,9	5,2

Таблица 2

Распределение живого материнского подроста
на пробных площадях

Индекс типа леса, в пробной площади	Породы	Процент распределения по категориям высот (в метрах)									
		До 0,5	0,5- 1,0	1,0- 1,5	1,5- 2,0	2,0- 3,0	3,0- 4,0	4,0- 5,0	5,0- 10,0	10,0- 15,0	15,0- 20,0
Е. Лп. Ил. крт. Полог леса 2-1964	Темнохвойные Лиственные...	71,0 39,7	20,5 7,3	8,5 14,8	< 0,1 20,6	< 0,1 13,2	< 0,1 4,4	< 0,1 < 0,1	< 0,1 < 0,1	< 0,1 < 0,1	< 0,1 -
Е. Лп. Ил. крт. Вырубка 4-1964	Темнохвойные Лиственные...	25,0 96,1	12,5 1,4	6,2 0,6	25,0 0,8	< 0,1 < 0,1	< 0,1 < 0,1	< 0,1 < 0,1	< 0,1 < 0,1	18,7 0,7	12,6 0,4
Е. Лп. к. р. Полог леса 29-1964	Темнохвойные Лиственные...	54,0 19,6	15,0 30,4	16,0 21,4	4,0 19,6	7,0 4,0	< 0,1 3,0	< 0,1 4,0	< 0,1 2,0	- -	- -

Эколого-биологические особенности темнохвойных пород, их требования к условиям местообитания неодинаковы на различных этапах возрастного развития. Подрост ели, начиная свое развитие преимущественно на разлагающемся субстрате хвойной древесины, в первые годы освобожден от конкуренции за элементы корневого питания, а отчасти и за свет с травянистым ярусом, подростом и подростом других, особенно широколиственных древесных пород. В связи с этим, почти с ювенильных этапов развития в течение первых десятилетий ель растет в высоту и по диаметру более интенсивно, чем пихта (см. рис. I). Продолжительность начального активного роста ели различна в обоих типах леса: около пяти лет в Е.лп.к.р. и почти десять лет под пологом Е.Лп.Ил. крт. Высота ели за этот период достигает 30-50 см, а корневая система доходит до верхних горизонтов почвы. Последующий этап развития - 20-25 лет - этап замедления прироста ели в высоту, обусловленного внедрением корней ели в почвенный субстрат, а кроны в полог густого яруса травяного покрова и подлеска (см. табл.2), только в конце его у ели снова несколько повышается интенсивность текущего прироста. Этот период длится до 50-летнего возраста подростка в ельнике липняково-кислично-разнотравном и более продолжительное время - до 60-65-летнего - в ельнике липово-ильмовом крупнотравном. При этом ель в обоих типах леса достигает высоты 3,5-4,0 м, размеры диаметра у шейки корня различны и достигают в первом типе леса 4,5, во втором 6,5 см, формируя здесь более сбежистую форму ствола. Конец отмеченного этапа роста ели является для нее критическим. После него приросты ели снижаются, наблюдается максимальная дифференциация стволиков по развитию, что приводит к последующему отпаду наиболее ослабленных экземпляров и постепенному переходу оставшихся в нижний древесный ярус.

Пихта развивается несколько иначе. Примерно с трех-пятилетнего возраста темпы ее роста начинают отставать от темпов роста ели. Такой период роста в высоту длится до 20-40-летнего возраста (к концу его пихта достигает 1,3-1,8 м), а по диаметру даже до 50-60 лет. После ослабления конкурентных взаимоотношений с растительностью нижних ярусов с выходом за полог травянистых

растений интенсивность прироста пихты в высоту и по диаметру начинает заметно превышать показатели роста у ели. Данные рис. I показывают сохранение подобного соотношения темпов роста ели и пихты под пологом материнских темнохвойно-широколиственных древостоев до 80-летнего возраста. По общим наблюдениям, такие зависимости отмечаются еще в пятом классе возраста деревьев. В дальнейшем из-за усиливающейся дифференциации стволов, а у пихты нередко также из-за фитоповреждений, они изменяются, причем темпы роста ели вновь становятся выше, чем у пихты.

Важные и интересные вопросы взаимоотношения ели и пихты различных поколений и влияния на них лиственных пород в широколиственно-темнохвойных лесах почти не изучены, хотя для одного из типов леса в общих чертах они освещены в работах Е.П.Смоленова (1956, 1959).

Лучшие по сравнению с пихтой показатели роста ели в первые два-три десятилетия свидетельствуют о большей ее жизнеспособности в молодом возрасте под пологом широколиственно-темнохвойного леса. Хорошо коррелируются с этими показателями данные качественной оценки подростка: среди елового подростка крайне редки сомнительные и усохшие экземпляры, среди подростка пихты число их доходит до 15-30%. Наряду с этим у ели, вероятно, более напряженно проходит этап прорастания семян и появления всходов. В частности поэтому ее всходы крайне редки непосредственно на почвенном субстрате, покрываемом в широколиственно-темнохвойных лесах мощным опадом лиственных пород, который тормозит прорастание семян ели. Для семян же пихты, более крупных и, по-видимому, с большей жизненной энергией, эти условия не являются пессимальными. Наоборот, у подростка пихты труднее проходит этап конкуренции всходов с травянистым и подлесочным ярусом, когда молодые поколения пихты значительно ослабляются и временно отстают в темпах роста и развития от ели.

Общая интенсивность роста ели и пихты молодых поколений в разных типах леса неодинакова. Так, в Е. лп. к.р. приросты ели и пихты до 50-60-летнего возраста имеют близкие показатели. В отличие от этого под пологом Е. Лп.Ил. крт. резко различаются приросты ели и пихты с началом периода наиболее интенсивного

развития пихты (с 30-35-летнего возраста). Помимо графиков хода роста этот вывод позволяет вычислить величину средних годовых приростов за 35- и 55-летний период (табл. 3).

Таблица 3

Средние периодические годовые приросты подроста ели и пихты в высоту (Н, см) и по диаметру (Д, мм)

Возраст, лет	Порода	Е. Лп. Ил. крт.				Е. лп. к. р.	
		Вырубка		Полог леса		Полог леса	
		Н	Д	Н	Д	Н	Д
35	Е	7,4	2,0	5,0	1,0	7,0	0,7
	П	9,1	2,2	5,1	0,7	5,0	0,6
55	Е	-	-	6,2	1,0	7,3	0,9
	П	-	-	8,7	0,8	7,7	1,2

Данные табл. 3 и графики хода роста (см. рис. 1) позволяют заключить, что в целом интенсивность роста ели в высоту выше в Е. лп. к. р., чем в Е. Лп. Ил. крт. Противоположные тенденции отмечаются в ходе роста по диаметру. У пихты отличия этих показателей по типам леса менее выражены.

Данные по ходу роста ели и пихты в первые три-четыре десятилетия хорошо сочетаются с показателями формы их кроны (рис. 2). Находясь в этот период в условиях наибольшего угнетения, обусловленного конкуренцией с нижними ярусами широколиственных пород и травяным покровом, подрост ели и пихты имеет почти шарообразную форму кроны. В Е. Лп. Ил. крт. длина кроны равна половине ее диаметра, а живые ветви начинаются почти с середины стволика. Несколько улучшается, вытягиваясь в конусовидную, форма кроны темнохвойного подроста в Е. лп. к. р. Однако лучший габитус кроны, приближающийся к нормальному для этих древесных пород, отмечен лишь в условиях молодняка, развивающегося на описанной выше вырубке.

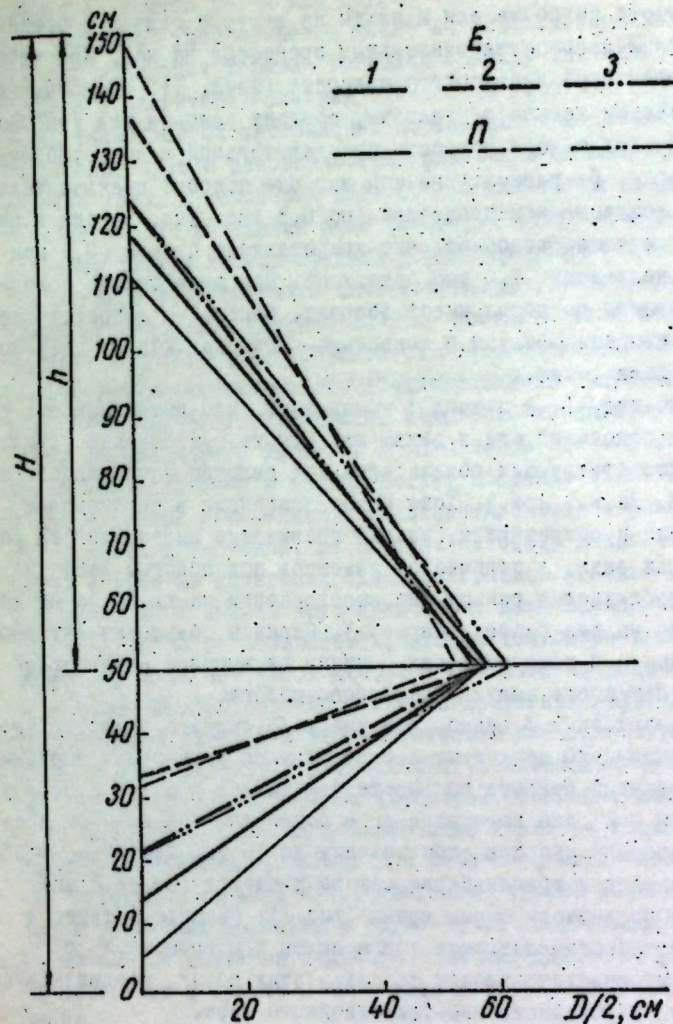


Рис. 2. Форма кроны молодого поколения ели и пихты (Н - общая высота стволика, - протяженность кроны D/2 - половина диаметра кроны). 1 - под пологом Е. Лп. Ил. крт.; 2 - на 16-летней вырубке Е. Лп. Ил. крт.; 3 - под пологом Е. лп. к. р.

Ход роста подроста ели и пихты на вырубке связан с общими особенностями лесовосстановительных процессов на ней. При этом большое количество листовенного подроста (табл. I), обеспечивающего сохранение лесной обстановки, создает условия для успешного роста темнохвойного подроста предварительной и послеуборочной генерации. На рассматриваемой вырубке подрост предварительного происхождения немногочислен (по 0,3 тыс. экз./га ели и пихты), а последующее возобновление представлено пихтой (0,9 при общем его количестве 1,0 тыс. экз./га). При этом больше половины последующего подроста имеет возраст, близкий к возрасту лесосеки, что свидетельствует о появлении части всходов за счет почвенного запаса семян.

Данные рис. I, 2 и табл. 3 показывают, что интенсивность роста молодых поколений ели и пихты на вырубке существенно отличается от соответствующих показателей под пологом материнского типа леса (Е. Лп. Ил. крт.). Хотя общие тенденции в соотношении темпов роста и сохраняются, однако превышение интенсивности роста пихты над елью, в отличие от участков под пологом леса на вырубках наблюдается раньше (по высоте почти на класс, а по диаметру даже на два класса возраста). Периоды повышения активности роста молодых поколений ели и пихты на вырубке наблюдаются через 3-8 лет после снятия древесного полога.

Из данных табл. 3 видно, что уже у 35-летнего подроста (который в течение 20 последних лет развивался в условиях вырубки) средний годичный прирост по высоте увеличился у ели в 1,5, а у пихты почти в 2 раза по сравнению с подростом под пологом древостоя. Величина его при этом доходит до 10 см. Подобным же образом изменился и годичный прирост по диаметру (более 2 мм). Это, как и показатели формы кроны (рис. 2), свидетельствует о большой жизнеспособности подроста ели и пихты и о возможном общем повышении производительности деревьев этих пород, развивающихся на вырубке широколиственно-темнохвойного леса.

Приведенные в работе данные позволяют высказать некоторые общие положения. В литературе и лесной практике под термином "подрост" понимают различные категории молодого поколения древесных пород без конкретного ограничения их возраста, высоты,

диаметра, темпов роста или других показателей. Наряду с термином "подрост" употребляется также не определенный какими-либо четкими границами термин "тонкомер". Между тем даже в генетически и экологически близких типах леса развитие молодых поколений темнохвойных материнских пород протекает неодинаково. Это свидетельствует о невозможности применения единых критериев отнесения молодых поколений древостоя к категории подрост или тонкомера. Для выделения этих категорий среди молодых поколений деревьев должны использоваться морфо-физиологические показатели, а при отсутствии их в качестве индикационных, по-видимому, можно ограничиться данными по ходу роста. Исходя из них, к категории подрост целесообразно относить молодые поколения деревьев (исключая ювенильные стадии развития подрост), сохраняющие оптимальную интенсивность прироста, характерную для насаждений определенного типа или группы типов леса. С момента снижения интенсивности в темпах роста, косвенно свидетельствующего о качественных изменениях и об изменении жизнеспособности молодых древесных растений, их следует относить к категории тонкомера, к этой же категории будут относиться молодые деревья до внедрения их в нижний ярус древостоя. Если замедления в темпах роста подрост не наблюдается, стадии тонкомера в молодом поколении выделять нет необходимости. При этом из подростов дерево переходит непосредственно в нижний древесный ярус. Учитывая в определенной степени и технологическое значение термина "тонкомер", к этой категории в среднепроизводительных древостоях можно условно относить деревья диаметром до 8 см и высотой около 8 м. Деревья с большими показателями диаметра и высоты обычно квалифицируются древостоем. Для низкообитетных древостоев верхние границы тонкомера будут несколько иными. По-видимому, для лесов различных формаций и групп типов леса целесообразны свои региональные критерии подразделения молодых поколений деревьев на категории подрост и тонкомера сообразно с данными по ходу роста.

В рассмотренных типах леса дифференциация молодого поколения хвойных пород на подрост и тонкомер по этим критериям более четко прослеживается у ели. Такой переход в один тип ле-

са (Е.лп. к.р.) отмечается в возрасте 50, а в другом (Е.Лп.Ил. крт.) - 65 лет. У пихты, с ее более равномерными и в целом более интенсивными темпами роста, деревца, минуя стадию тонкомера, часто переходят из подроста сразу в нижние ярусы древостоев.

Говоря о практическом значении подразделения на такие в какой-то мере условные категории, следует отметить, что молодые поколения деревьев в стадии подроста обладают большей жизнеспособностью и пластичностью в приспособлении к изменению условий среды, в частности после вырубki древостоев. Этим можно объяснить, например, увеличение роли пихты в производных древостоях широколиственно-темнохвойных лесов. В целом же короткая стадия тонкомера или отсутствие ее и соответственно быстрый переход подроста в древесный ярус свидетельствуют о потенциально высокой производительности древесных пород под пологом коренных и производных лесов.

Л и т е р а т у р а

- Л е в и ц к и й И. И. Стрoение по диаметру сложных разновозрастных елово-пихтовых древостоев Уфимского плато. - Изв. высш.учеб.завед., Лесной журнал, 1963, № 3.
- Л е с к о в Н. Д. Опыт изучения динамики таксационной характеристики ведущего типа леса елово-пихтовых насаждений Красноуфимского и Артинского лесхозов. - Сборник трудов по лесному хозяйству, вып.2. Свердловск, 1954 (Урал.лесотехн.ин-т).
- Л е с к о в Н. Д. Особенности таксационной характеристики ведущих типов леса елово-пихтовых насаждений юго-западных лесхозов Свердловской области. - Сборник трудов по лесному хозяйству, вып.3. Свердловск, 1956 (Урал.лесотехн.ин-т).
- С м о л о н о г о в Е. П. Лесовосстановительные мероприятия в елово-пихтовых лесах запретной полосы р.Уфы. - Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. 3. Свердловск, 1956 (Урал. лесотехн. ин-т).

С м о л о н о г о в Е. П. Особенности возрастной динамики древостоев широколиственно-елово-пихтовых лесов западного склона Среднего Урала. - Вопросы лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока (Труды научно-производственной конференции). Красноярск, 1959 (Сиб. технол. ин-т).

М. И. Бузоверов

СОРТИМЕНТНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ
ГОРНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРНОГО УРАЛА

Горные леса Северного Урала на территории Свердловской области располагаются в пределах Ивдельского, Северо-Уральского и Карпинского лесхозов, занимая 1201 тыс. га с запасом 156,4 млн. м³. Насаждения с преобладанием ели произрастают на площади 338,3 тыс. га с общим запасом древесины 63,9 млн. м³. В их составе преобладают спелые и перестойные древостои: 87,5% по площади и 93,6% по запасу.

В последние годы в горных лесах Урала все шире развиваются лесозаготовки. В связи с этим к сортиментным таблицам, применяемым для материальной оценки лесосечного фонда, предъявляются высокие требования: ошибки при учете леса на корню методом перечислительной таксации не должны превышать $\pm 5\%$ по общему запасу и $\pm 10\%$ по выходу деловой древесины таксированных древостоев.

Проверка пригодности для материальной оценки еловых древостоев сортиментных таблиц Н. П. Анучина (1963), которые применяются в лесах Свердловской области, а также таблиц А. Н. Карпова (1955) для северных районов европейской части СССР, произведенная нами на материалах 28 пробных площадей, заложенных в еловых древостоях Ивдельского, Северо-Уральского и Карпинского лесхозов, показала, что эти таблицы не обеспечивают требуемой точности. Средняя величина общей ошибки при определении общего запаса древостоя составляет: $\pm 10,37$ и $\pm 12,32\%$ соответственно по сортиментным таблицам Н. П. Анучина и А. Н. Карпова, а при определении запаса деловой древесины: $\pm 11,55$ и $\pm 15,28\%$.

Изложенное приводит к выводу о необходимости составления

региональных объемных и сортиментных таблиц, отражающих местные особенности еловых древостоев такого крупного лесорастительного района, как Северный Урал.

Автором под руководством проф. М. Л. Дворецкого составлены сортиментные таблицы для еловых древостоев по разрядам высот. В настоящей статье приводится их сокращенный вариант, выход сортиментов дан по группам крупности и группам сортиментов.

Материалом для составления таблиц послужили данные 74 пробных площадей, заложенных в 1966 г. в упомянутых выше лесхозах. Пробаки представлены наиболее распространенные типы ельников: разнотравный, бруснично-моховой и каменистый. Возраст древостоев от 60 до 160 лет, бонитет III-Уа. Перечеты на пробных площадях производились по поколениям с последующей рубкой учетных деревьев. Всего срублено 1428 учетных деревьев, которые в соответствии с ГОСТ 9463-60 размечались на сортименты преобладающих на лесозаготовках в районе исследований длин от 4,0 до 6,5 м. К крупной древесине относились сортименты с диаметром в верхнем отрубе от 25,0 см и выше, к средней 13,0-24,9 см и к мелкой 3,0-12,9 см.

Для установления числа разрядов и построения разрядной шкалы обработаны данные о соотношении средних высот и средних диаметров древостоев по материалам массовой таксации 2543 участков. Высоты были сгруппированы по ступеням толщины. Статистической обработкой получены средние высоты по ступеням толщины, которые выравнены с использованием эмпирической формулы зависимости средних высот древостоев от их диаметров $H = 27,6410 - \frac{2,031}{d}$. Для ступеней менее 16 см средние высоты выражены графически. Таким образом была получена средняя линия наиболее вероятного соотношения высот и диаметров. Приняв высоту ступени 28 см за единицу (базовая ступень высоты); разделили на нее высоты всех остальных ступеней толщины, выразив их в ее долях, т.е. вычислили относительные высоты. Приняв шаг ступени разряда высот (для базовой ступени) 1,5 м, подсчитали, что для всего разнообразия насаждений района исследований надо установить 10 разрядов. Перемножением относительных высот на высоту требуемого разряда по базовой ступени были рассчитаны высоты для всех ступеней толщины, т.е. построена разрядная шкала. Во время камеральной обработки проб-

ные площади и учетные деревья были разгруппированы по разрядам высот.

Учетные деревья в пределах разрядов высот распределялись по ступеням толщины и обрабатывались с вычислением средних для ступени показателей: диаметра, высоты, объемов в коре и без коры, коэффициентов формы, видового числа, процентов распределения деловой древесины по классам и группам крупности, объемов коры и отходов.

Обработка сгруппированных материалов проводилась графо-аналитическим методом; с вычислением показателей меры точности выравнивания исходных данных в пределах 0,96-0,99.

Видовые числа для стволов от 16 см и выше выравнены аналитически. При этом для III-УШ разрядов получены следующие расчетные уравнения:

$$\begin{aligned} \text{III} \dots f &= 39,4150 + \frac{1,8554}{d} \\ \text{IV} \dots f &= 40,7400 + \frac{1,6450}{d} \\ \text{V} \dots f &= 39,0468 + \frac{1,8565}{d} \\ \text{VI} \dots f &= 39,9590 + \frac{1,5940}{d} \\ \text{VII} \dots f &= 35,3900 + \frac{2,7050}{d} \\ \text{VIII} \dots f &= 34,9210 + \frac{2,3730}{d} \end{aligned}$$

Видовые числа для ступеней ниже 16 см выравнены графическим путем.

При обработке материалов сортировки учетных деревьев установлено, что проценты выхода деловой древесины по категориям крупности получились близкими независимо от разрядов высот. Это объясняется, очевидно, тем, что при разметке учетных деревьев длина сортиментов варьировала в значительных пределах (от 4,0 до 6,5 м), причем ее принимали с таким расчетом, чтобы получить максимальный выход более крупных сортиментов при возможно большей длине. Исходя из этого, во вновь составленных таблицах проценты выхода деловой древесины по группам крупности при-

няты единые для всех разрядов.

Пробными площадями представлены древостои III-IX разрядов высот, наиболее часто встречающиеся в районе исследований сортиментные таблицы для древостоев I, II и X разрядов высот составлены без экспериментального материала с использованием закономерностей строения выявленных для соседних разрядов высот, представленных пробными площадями. Сокращенный вариант представлен в табл. I.

Вновь составленные сортиментные таблицы проверены на тех же 28 пробных площадях, что и материал Н.П.Анучина и А.Н.Карпова. Результаты проверки приведены в табл. 2.

Как следует из приведенных данных, вновь составленные сортиментные таблицы по точности вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним, и их внедрение в производство позволит получать более надежные данные о запасах древесины и сортиментной структуре еловых древостоев горных лесов Северного Урала.

Л и т е р а т у р а

- А н у ч и н Н. П. Сортиментные и товарные таблицы для сосны, ели, лиственницы, кедра, пихты, березы, осины, дуба и бука карпатского. М., Гослесбумиздат, 1963.
- К а р п о в А. Н. Сортиментные таблицы сосны, ели, лиственницы и пихты. ЦНИИЛХ, Л., 1955.

Сокращенные сортиментные таблицы для ели горных лесов
Северного Урала (Свердловская область)

Таблица I

Ступень толщины, см	Высота ствола, м	Объем ствола, м ³		Деловая древесина, м ³				Дрова, м ³	Итого ликвид- на, м ³	Отходы, м ³
		в коре	без коры	Крупная	Сред- няя	Мелкая	Всего			
8	12,2	0,033	0,028	-	-	0,023	0,023	0,004	0,027	0,006
12	16,2	0,094	0,081	-	-	0,073	0,073	0,007	0,080	0,014
16	19,6	0,201	0,175	-	-	0,023	0,139	0,012	0,174	0,027
20	22,8	0,349	0,307	-	-	0,164	0,124	0,016	0,304	0,045
24	24,9	0,530	0,469	-	-	0,326	0,120	0,021	0,467	0,063
28	26,5	0,751	0,668	0,033	0,507	0,101	0,641	0,023	0,664	0,087
32	27,8	1,010	0,901	0,217	0,571	0,086	0,874	0,025	0,899	0,111
36	28,6	1,299	1,162	0,598	0,442	0,095	1,135	0,026	1,161	0,138
40	29,4	1,630	1,459	0,983	0,346	0,098	1,427	0,033	1,460	0,170
44	30,2	2,003	1,792	1,268	0,365	0,120	1,753	0,040	1,793	0,210
48	30,7	2,406	2,154	1,595	0,366	0,144	2,105	0,048	2,153	0,253
				II р а з р я д						
8	11,5	0,031	0,026	-	-	0,021	0,021	0,004	0,025	0,006
12	15,3	0,089	0,077	-	-	0,069	0,069	0,007	0,076	0,013

Продолжение табл. I

Ступень толщины, см	Высота ствола, м	Объем ствола, м ³		Деловая древесина, м ³				Дрова, м ³	Итого ликвид- на, м ³	Отходы, м ³
		в коре	без коры	Крупная	Средняя	Мелкая	Всего			
16	18,5	0,190	0,165	-	0,022	0,131	0,153	0,011	0,164	0,026
20	21,5	0,330	0,290	-	0,155	0,117	0,272	0,015	0,287	0,043
24	23,5	0,500	0,443	-	0,307	0,113	0,420	0,020	0,440	0,060
28	25,0	0,708	0,630	0,031	0,478	0,096	0,605	0,022	0,627	0,081
32	26,3	0,956	0,853	0,206	0,540	0,031	0,327	0,024	0,851	0,105
36	27,0	1,204	1,078	0,556	0,409	0,088	1,053	0,024	1,077	0,127
40	27,8	1,541	1,379	0,929	0,327	0,093	1,349	0,031	1,380	0,161
44	28,5	1,890	1,692	1,196	0,344	0,114	1,654	0,038	1,692	0,198
48	29,0	2,273	2,034	2,507	0,346	0,136	1,989	0,046	2,034	0,239
				III р а з р я д						
8	10,8	0,029	0,025	-	-	0,020	0,020	0,004	0,024	0,005
12	14,3	0,083	0,072	-	-	0,064	0,064	0,006	0,070	0,013
16	17,4	0,178	0,156	-	0,020	0,123	0,143	0,010	0,153	0,025
20	20,2	0,309	0,272	-	0,145	0,110	0,255	0,014	0,269	0,040
24	22,1	0,471	0,416	-	0,289	0,106	0,395	0,014	0,409	0,032
28	23,5	0,666	0,592	0,029	0,449	0,090	0,568	0,021	0,589	0,077
32	24,7	0,898	0,801	0,193	0,505	0,076	0,774	0,022	0,796	0,102
36	25,4	1,153	1,032	0,533	0,392	0,084	1,009	0,025	1,032	0,121

Продолжение табл. I

Ступень толщины, см	Высота ствола, м	Объем ствола, м³		Деловая древесина, м³			Дрова, м³	Итого ликви-да, м³	Отходы, м³
		в коре	без коры	Крупная	Сред-няя	Мелкая			
40	26,1	1,448	1,296	0,873	0,307	0,087	0,029	1,296	0,152
44	26,8	1,772	1,586	1,122	0,323	0,106	0,036	1,587	0,185
48	27,3	2,140	1,915	1,419	0,325	0,128	0,043	1,915	0,225
I У р а з р я д									
8	10,1	0,027	0,023	-	-	0,019	0,003	0,022	0,005
12	13,4	0,078	0,067	-	-	0,061	0,006	0,067	0,011
16	16,3	0,167	0,136	-	0,018	0,108	0,009	0,135	0,021
20	18,9	0,291	0,256	-	0,137	0,103	0,013	0,253	0,038
24	20,7	0,445	0,394	-	0,274	0,101	0,018	0,393	0,052
28	22,0	0,637	0,567	0,028	0,430	0,086	0,020	0,564	0,073
32	23,1	0,853	0,760	0,183	0,482	0,073	0,021	0,759	0,094
36	23,8	1,098	0,982	0,507	0,373	0,080	0,022	0,982	0,115
40	24,4	1,377	1,233	0,830	0,292	0,083	0,028	1,233	0,144
44	25,1	1,699	1,521	1,075	0,309	0,102	0,034	1,520	0,179
48	25,5	2,040	1,826	1,353	0,310	0,122	0,041	1,826	0,214
У р а з р я д									
8	9,4	0,026	0,022	-	-	0,018	0,003	0,021	0,005
12	12,5	0,074	0,063	-	-	0,057	0,006	0,063	0,011

Продолжение табл. I

Ступень толщины, см	Высота ствола, м	Объем ствола, м³		Деловая древесина, м³			Дрова, м³	Итого ликви-да, м³	Отходы, м³	
		в коре	без коры	Крупная	Сред-няя	Мелкая				Итого
16	15,2	0,156	0,136	-	0,018	0,108	0,009	0,135	0,021	
20	17,6	0,265	0,233	-	0,124	0,094	0,012	0,230	0,035	
24	19,3	0,408	0,361	-	0,251	0,092	0,016	0,359	0,049	
28	20,5	0,580	0,516	-	0,391	0,078	0,018	0,513	0,067	
32	21,5	0,776	0,692	0,026	0,439	0,066	0,019	0,691	0,085	
36	22,1	0,994	0,890	0,167	0,438	0,073	0,020	0,890	0,104	
40	22,8	1,252	1,121	0,459	0,338	0,075	0,025	1,121	0,131	
44	23,4	1,541	1,379	0,755	0,266	0,075	0,031	1,381	0,160	
У р а з р я д										
8,7	8,7	0,024	0,020	-	-	0,017	0,003	0,020	0,004	
11,6	11,6	0,068	0,059	-	-	0,053	0,005	0,058	0,010	
14,1	14,1	0,140	0,122	-	0,015	0,097	0,008	0,120	0,020	
16,3	16,3	0,242	0,213	-	0,114	0,086	0,011	0,211	0,031	
17,8	17,8	0,373	0,330	-	0,229	0,313	0,015	0,323	0,045	
19,0	19,0	0,535	0,476	0,024	0,361	0,072	0,017	0,474	0,061	
20,0	20,0	0,729	0,650	0,157	0,412	0,062	0,018	0,649	0,080	
20,5	20,5	0,927	0,830	0,428	0,315	0,068	0,019	0,830	0,097	
21,1	21,1	1,164	1,042	0,702	0,247	0,070	0,023	1,042	0,122	
44	21,7	1,439	1,285	0,911	0,262	0,086	0,029	1,288	0,151	

Ступень толщины, см	Высота ствола, м	Объем ствола, м ³		Деловая древесина, м ³			Итого ликви- да, м ³	Отходы, м ³
		в коре	без кору	Крупная	Средняя	Мелкая		
У II разряд								
8	8,1	0,023	0,019	-	-	0,016	0,003	0,004
12	10,7	0,064	0,055	-	-	0,050	0,005	0,009
16	13,0	0,134	0,117	-	0,015	0,093	0,008	0,018
20	15,1	0,229	0,201	-	0,108	0,081	0,011	0,029
24	16,5	0,346	0,306	-	0,213	0,078	0,014	0,041
28	17,5	0,486	0,432	0,021	0,328	0,066	0,015	0,056
32	18,4	0,652	0,581	0,140	0,368	0,056	0,016	0,072
36	19,4	0,843	0,754	0,388	0,287	0,062	0,017	0,088
40	20,0	1,061	0,950	0,640	0,225	0,064	0,021	0,112
У III разряд								
8	7,4	0,021	0,018	-	-	0,015	0,003	0,003
12	9,8	0,059	0,051	-	-	0,046	0,005	0,009
16	11,8	0,120	0,105	-	0,014	0,088	0,007	0,016
20	13,7	0,211	0,185	-	0,099	0,075	0,010	0,027
24	15,0	0,314	0,278	-	0,193	0,071	0,013	0,037
28	16,0	0,440	0,391	0,019	0,297	0,059	0,014	0,051
32	16,8	0,605	0,539	0,130	0,342	0,051	0,015	0,067
36	17,3	0,791	0,708	0,365	0,269	0,058	0,016	0,083

Ступень толщины, см	Высота ствола, м	Объем ствола, м ³		Деловая древесина, м ³			Итого ликви- да, м ³	Отходы, м ³
		в коре	без кору	Круп- ная	Средняя	Мелкая		
I X разряд								
8	6,7	0,019	0,016	-	-	0,013	0,002	0,004
12	8,9	0,054	0,047	-	-	0,042	0,004	0,008
16	10,7	0,110	0,096	-	0,013	0,076	0,006	0,015
20	12,5	0,178	0,157	-	0,084	0,063	0,008	0,023
24	13,6	0,287	0,254	-	0,176	0,065	0,011	0,035
28	14,5	0,398	0,354	0,018	0,269	0,054	0,012	0,045
32	15,2	0,546	0,487	0,117	0,309	0,047	0,014	0,059
36	15,7	0,713	0,638	0,329	0,242	0,052	0,014	0,076
X разряд								
8	6,0	0,017	0,015	-	-	0,012	0,002	0,003
12	7,9	0,048	0,041	-	-	0,037	0,004	0,007
16	9,6	0,098	0,085	-	0,011	0,068	0,006	0,013
20	11,2	0,161	0,141	-	0,076	0,057	0,007	0,021
24	12,2	0,257	0,227	-	0,158	0,058	0,010	0,031
28	13,0	0,360	0,320	0,016	0,243	0,049	0,011	0,041
32	13,6	0,489	0,436	0,105	0,276	0,042	0,012	0,054
36	14,0	0,636	0,569	0,294	0,216	0,046	0,013	0,067

Ошибки в определении запасов
по разным сортиментным таблицам

Автор таблицы	Древосгой		Деловая древесина		Деловая древесина по категориям крупности					
	Δ	♂	Δ	♂	Крупная		Средняя		Мелкая	
					Δ	♂	Δ	♂	Δ	♂
Н. П. Агучин	+3,1	±7,27	+4,9	±6,65	+35,0	±39,4	+6,3	±29,9	+2,1	±24,8
А. Н. Карпов	+5,0	±7,32	+5,8	±9,48	+102,0	±50,4	+95,3	±116,6	±38,6	±23,3
Наши данные	+0,15	±2,69	-1,3	±5,75	-0,13	±29,0	+6,8	±30,1	+5,6	±21,0

Н. И. Теринцов

ИЗ ИСТОРИИ ЛЕСОУСТРОЙСТВА ГОРНОЗАВОДСКИХ ЛЕСНЫХ ДАЧ
НА УРАЛЕ (XVIII-XIX вв.)

Лесоустройство на Урале впервые начато в 1832 г. (Ткаченко, 1955; Мелехов, 1957). С 1832 по 1850 г. были обследованы обширные площади лесов, приписанных к уральским горным заводам, что в первую очередь дало возможность уточнить степень обеспеченности заводов лесами и определить их прирост, который уже и тогда считался показателем возможного размера пользования древесиной из горнозаводских дач (Мальгин, 1864). Эти лесоустроительные работы также были одними из первых^I на территории нашей страны (Ткаченко, 1955), а по темпам и объемам выполнения не имели себе равных (Мальгин, 1841), однако в специальной литературе о них почти ничего не сказано (Рудзкий, 1899; Орлов, 1928; Чикилевский, 1957; Байтин и др., 1961; Анучин, 1962) и лишь отдельные авторы приводят дату начала лесоустройства (Ткаченко, 1955; Мелехов, 1957). В данной статье сделана попытка восполнить этот пробел и охарактеризовать методы проведения первых лесоустроительных работ на Урале, а также привести некоторые их результаты.

Начало промышленного освоения лесов Урала относится к середине XVII столетия. В 1558 г. Иван IV "пожаловал" Григорию Строганову "...земель по Каме от Лысьвы до Чусовой на 146 верст..." с правом "... где в том месте росол найдет, ему варницы ставить и соль варить" (Вологодин, 1911). Согласно данным З. А. Вологодина, в 1711 г. выварка соли в Пермской губернии составила 2268829

^I Первое лесоустройство методом разделения леса на лесосеки проведено в лесах Б. Алтайского горного округа в 90-х годах XVIII столетия (Григорашенко, 1963).

пудов, что при расходе 1 куб. сажени (9,71 м³) на 20 пудов соли (Петров, 1952) ежегодно требовало около 1,1 млн. м³ леса. Дальнейшее усиление эксплуатации лесов было связано с развитием горнозаводской промышленности Урала. За первые 70 лет XVIII столетия на Урале было построено 144 завода (Сигов, 1936); к концу XVIII в. общая потребность в древесине исчислялась в 10,6 млн. м³ (Петров, 1952).

Громадный по тому времени расход древесины и необходимость постоянной и бесперебойной работы предприятий, действовавших на древесном угле, довольно рано потребовали приведения в известность лесов, приписанных к горным заводам, и организации такого хозяйства в них, чтобы лесов хватило "на вечные времена". Поэтому уже с начала XVIII столетия издаются ряд законоположений, в которых требовалось описание лесов, регламентировался порядок пользования лесами, а также давались указания по их сохранению и охране (Шелгунов, 1857; Нестеров, 1948; Мелехов, 1957).

Первые мероприятия по упорядочению пользования лесами в горнозаводских дачах Урала, относящиеся к области лесоустройства, связаны с именем Петра I (Байтин и др., 1961; Турин, 1965). При передаче им Невьянского завода Н. Демидову в 1702 г. "...леса заводские велено было разделить на участки; по вырубке лесосек оставлять их под поросль, при этом наблюдать за молодняками и особенно предохранять их от огня" (Шелгунов, 1857). Было ли выполнено это распоряжение Петра I, неизвестно, так как данных об этом в литературе не имеется.

Наиболее ранняя попытка описания заводских лесов на Урале относится к началу двадцатых годов XVIII в. В этот период начальник Главного управления сибирских заводов В. Н. Татищев приказал военнопленному Шульцу составить планы на все заводы "... с принадлежащими к ним слободами, а наипаче реки, озера, рудные места и леса, осмотреть, описать и сделать всему чертах" (Рожков, 1884). По данным В. Рожкова, это указание В. Н. Татищева было выполнено Шульцем в 1721 г. "в виде ландкарты". Исходя из правил составления плановых материалов, существовавших в то время (Цветков, 1957), можно предположить, что описание лесов Шульцем сводилось к их осмотру и нанесению контуров леса на ланд-

карту с указанием периметра лесов в верстах. В экспликации ландкарты могло указываться количество лесов, пригодных на "заводское действие". Не исключена также возможность, что контуры леса на ландкарте делились на участки, обозначенные литерами (индексами), которые давали представление о составе древостоев, произрастающих на этих участках.

С 1722 г. до 80-х годов XVIII столетия специальных работ по описанию лесов на Урале, очевидно, не производилось; как в литературных источниках, так и в архивных материалах сведений об этом не обнаружено.

В 1779 г. на Урал направляются шикштейстеры², в задачу которых входило ограничение горнозаводских дач и разделение в них лесов на годичные лесосеки (Мылов, 1892; Боков, 1901). Руководством для производства этих работ служила Вальдмейстерская инструкция 1723 г. (Мылов, 1892), которая для правильного разделения леса на лесосеки рекомендовала в каждой даче производить замер площади леса, вырубленного за год, и "...таких мест определить двадцать пять или тридцать..." Очевидно, что деление лесов на лесосеки потребовало предварительного проведения простейших лесосучетных работ. Это видно из следующего: при ходоатайстве в 1804 г. барона Строганова перед Берг-Коллегией "об удовлетворении его Киновского чугуноплавильного завода лесами, каких на полное заводское действие недостаточно" (за счет лесов Гороблагодатского округа) начальник этого горного округа Дерябин доносил в Берг-Коллегию, что "Гороблагодатские заводы и особливо Серебрянский не малое в лесах имеют избыточество, да и по делам в Коллегии известно, что по описанию и свидетельству в 1780 г. деланному оказалось, что лесов стать может для Кушвинского завода на 277 лет, Баранчинского 182, Серебрянского 1012, Илимского лесопильного 416" (Богуславский, 1912). К сожалению, еще не обнаружено никаких документов, относящихся к описанию лесов того периода; известно только, что эти данные получены "... маркшейдером Губером, путем измерения и вычисления лесов" (Богуславский, 1912). Основываясь на некоторых

² Горный чин, который получали лица, окончившие Горный институт (Спасский, 1841).

источниках, можно предполагать, что деятельность шихтмейстеров в тот период и ограничилась определением срока пользования лесами; разделение их на лесосеки тогда произведено не было. В крайнем случае, если лесосеки и были нарезаны, в практической деятельности они не использовались. Это видно из докладной записки главного начальника заводов А.Ярцова в Берг-Коллегию за 1798 г., который писал, что "... курени при каждом заводе Гороблагодатского округа на многия разсеяны места, то кое как разме-таны, без всякого в лесах присмотра и хозяйства...", как только угольным мастерам "... для вырубki лучших лесов не вздумается" (Боков, 1905).

По-видимому, описание лесов и определение срока пользова-ния ими было произведено только в некоторых горнозаводских да-чах. Об этом свидетельствует "Инструкция главному начальнику Екатеринбургского горного начальства Обер-Берг-Гауптману 4-го класса Герману от 16 января 1802 г." Пункт II данной инструк-ции гласит: "По содержанию именных указов 9 ноября 1800 года 8 пункта и 25 июня 1801 года, имеете приложить старание приве-сти со временем в ясность как казенные так и к партикулярным за-водам³ отведенные леса...". Аналогичное распоряжение в том же году было дано начальнику Гороблагодатских и Пермских заводов (Цветков, 1957). Вероятно, что с выполнением этих инструкций и было связано описание лесов в дальнейшем, о котором упоминает пермский берг-инспектор П.Е.Томилов (Горнозаводская промышлен-ность Урала..., 1956) при обследовании им заводов на Урале в 1807-1809 гг. По-видимому, основной задачей при этом было вы-явление срока пользования лесами, что определялось путем деле-ния площади "годных лесов" на площадь среднегодовой вырубki на-саждений. Примером может служить расчет, приведенный П.Е.Томи-ловым по Нижне-Шайтанскому заводу, при котором леса (по описа-нию 1803 г.) "... состоят сосновые, березовые и сметничные⁴. Годных лесов 8061 десятина, на вырубленных дровосеках⁵ порос-

³ Частные заводы.

⁴ Смешанные.

⁵ Лесосеках.

лей 16699, то сравнивая прежних лет вырубку, впредь стать может на 50 лет". По сведениям П.Е.Томилова, подобные работы были тогда проведены в ряде горнозаводских дач. В частности, для Кас-линского завода лесов "... по исчислению чиновником, команди-рованным от бывшего горного начальства в 1804 г., оказалось впредь только на 9 лет", а в Бисертской даче - на 65.

Как в XVIII в., так и в начале прошлого столетия описание ле-сов и составление при этом плановых материалов базировалось на глазомере, что в сочетании с недостатком лесных специалистов (Мальгин, 1860; Цветков, 1957) иногда определяло крайне низкую точность работ. Так, например, если в 1780 г. Серебрянский за-вод считался обеспеченным лесом на 1012 лет, то уже через 25 лет по данным П.Е. Томилова "... за неокончением сочинением пла-на утвердительно сказать невозможно, а полагается на 150 лет". Вместе с этим нельзя не отметить хотя и медленное, но постепен-ное совершенствование работ. Если в 20-х годах XVIII столетия опи-сание лесов сводилось к составлению ландкарты с приблизительным указанием на состав и периметр лесных массивов в верстах, то в более поздних описаниях различаются насаждения по преобладанию пород; кроме древостоев, пригодных для перехода на древесный уголь, выделяются "поросли", а также вырабатываются простейшие приемы по определению срока пользования лесами. Это был тот пе-риод, когда отечественная и зарубежная практика только надупи-вала правильные методы производства лесочучных работ. По образ-ному выражению А.Ф.Рудзкого (1899), в то время "отсутствие уче-ной таксации заменялось опытностью лесных смотрителей и дрово-рубов".

Собственно лесоустроительные работы на Урале развернулись с 1832 г. и были связаны с выходом в 1830 г. под редакцией ми-нистра финансов графа Е.Ф.Канкринна "Инструкции об управлении лесной частью на горных заводах хребта Уральского по правилам лесной науки и доброго хозяйства", являвшейся серьезным на-учным трудом и практическим руководством по лесному хозяйству для того времени (Семенов, 1925; Глушков и др., 1948). Instruc-цией подчеркивалось, что благополучное положение металлургичес-кой промышленности Урала тесно связано с правильным ведением

лесного хозяйства в горнозаводских дачах. "Первая цель сей инструкции есть та, чтобы обратить на сей предмет полное внимание Горного Управления, ибо наука лесного хозяйства на заводах не менее важна, как собственно горная наука. Особливо местные Горные Начальники всемерно должны стараться об устройстве и сохранении горных лесов, о разведении их, где нужно; вновь, и об отыскании способов к уменьшению самой потребности в лесных припасах".

Одна из десяти глав инструкции "О приведении лесов в известность" посвящена вопросам лесоустройства. Инструкция 1830 г. предусматривала полный комплекс съемочных и таксационных работ с составлением объяснительной записки ("обстоятельного описания"), в которой, кроме общего описания лесов, природных условий местности расположения дачи и т.д. требовалось определение срока пользования лесами и "... сколько возможно вырубать постоянно по годам разных лесных материалов", т.е. по существу требовалось определение расчетной лесосеки. Это обстоятельство позволило ряду авторов инструкции 1830 г. считать первой отечественной лесоустроительной инструкцией (Ткаченко, 1955; Мелехов, 1957; Цветков, 1957). Необходимо отметить также, что несмотря на ряд туманных формулировок в основе инструкции 1830 г. заложено стремление к установлению равномерного и постоянного пользования древесиной на горнозаводских дач путем разделения леса на лесосеки (Байтин и др., 1961). Этот простейший вид лесоустройства известен в литературе как "метод разделения леса на лесосеки" (Рудзкий, 1899; Орлов, 1928, и др.).

Поверхностное глазомерное описание лесов, основанное на его "общем обозрении" (как требовала инструкция 1830 г.), в то время, когда в некоторых горнозаводских дачах уже с 1818 г. были введены сплошные чересполосные рубки шириной 50 сажень⁶ (Мелехов, 1957), вероятно, не отвечало требованиям ведения лесного хозяйства в заводских лесах. В докладной записке от 16 июня 1832 г.⁷, направленной в Главную контору Екатеринбургских

6

106,7 м.

7

"Дело о новом устройстве лесной части" (ГАСО, ф.25, оп. I, д.205).

заводов, главный лесничий уральских заводов И.И.Шульц, в целях повышения качества, предложил глазомер (при описании лесов) подтверждать данными перечислительной таксации путем закладки пробных десяти⁸. В кварталах, где "лес сплошной", И.И.Шульц предлагал закладывать по 3 пробные десятины⁹, а в кварталах, расстроенных рубками - по 4. Данные перерачета пробных десятин должны были заноситься в специальную ведомость, в которой каждая древесная порода распределялась по ступеням толщины, подсчитывалось их количество на пробах, а также в переводе на квартал давался их общий запас.

Очевидно, что эти соображения главного лесничего были поддержаны Горным советом Уральского горного правления, что привело к составлению И.И.Шульцем дополнительных правил к инструкции 1830 г. (Лесной журнал, 1834). Мы не обнаружили данных, в которых бы говорилось о методе закладки пробных площадей, однако известно, что они стали закладываться с 1832 г. Так, например, при проверке плана и журнала описания лесов по Екатеринбургскому горному округу, выполненного в 1832 г. горным землемером Староновоским, И.И.Шульц отметил некоторые неточности в составлении плана, а также недостаточное количество заложенных пробных десяти¹⁰. По работам 1833 г. имеются более точные сведения. Согласно докладной записке И.И.Шульца от 29 ноября 1833 г.¹¹, в Екатеринбургском горном округе было описано лесов на протяжении 3627 верст, в том числе приведено лесов в известность по пробным десятинам 420 кварталов. Всего же, по всем горнозаводским округам в 1833 г. было протаксировано лесов на протяжении 6840 верст (Лесной журнал, 1834).

Согласно инструкции 1830 г. и дополнительным правилам И.И.Шульца, каждая дача с севера на юг и с востока на запад разру-

8 Пробная площадь, равная I десятине (1,09 га).

9 Одна пробная десятина должна была закладываться "в лесу с густым стоянием", одна - в "среднем" и одна - "в лесу с редким стоянием деревьев".

10 "Дело о новом устройстве лесной части" (ГАСО, ф.25, оп. I, д.205).

11 Там же.

баласа магистральными линиями, разделяя ее примерно на 4 одинаковые части. Каждой части присваивалось название, соответствующее их расположению относительно стран света: северо-западная, северо-восточная и т.д. Разделение на части было вызвано предполагаемым равномерным освоением дачи рубками; мыслилось, что лесосеки будут закладываться ежегодно в равном количестве в каждой части дачи. Величина квартальной сети для горнозаводских дач казенных заводов была принята 2х2, а для "посессионных лесов"¹² 4х4 версты. Пересечения просек закреплялись квартальными столбами или ямами. Нумерация кварталов производилась отдельно для каждой части; в одной даче, таким образом, оказывались четыре квартала под одним номером.

Описание леса производилось по квартальным просекам и фиксировалось в специальном журнале, в котором отмечалось: составляющие насаждения породы, характер их распределения на участки, густота древостоев, степень затронутости их рубками, а также давалось представление о возрасте, подросте, подлеске и общем состоянии насаждения. На вырубках и гарях указывалось наличие лесной поросли и ее благонадежность¹³.

Для определения количества и запаса древесных пород в процессе описания лесов закладывались пробные десятины. По данным Н.Г.Мальгина (1841), в каждом квартале закладывалось по три пробные десятины, на которых производился пересчет деревьев по породам с диаметром три вершка (13,3 см) и выше, т.е. с того диаметра, который считался годным для выжиги древесного угля (Боков, 1905). Кроме того, деревья этого и более крупного диаметра считались достаточно устойчивыми к частым тогда на Урале беглым низовым пожарам, что также служило основанием для их включения в расчетный фонд (Лесной журнал, 1834).

Высоты деревьев на пробах не измерялись; данные высот (по соответствующим диаметрам и породам) получали путем замера срубленных деревьев на разрабатываемых лесосеках. Запас на пробных

¹² Казенные леса, приписанные к частным горным заводам.

¹³ "Описание лесов горных заводов хребта Уральского" (ЦИМЛ, ф. 37, оп. 13, л. 287).

десятинах вычислился по таблицам Пфейля и, в целях избежания грубых ошибок, сравнивался с уже измеренной кубатурой аналогичных насаждений (Мальгин, 1841). Полученные данные на пробах пересчитывались на квартал, что давало возможность выявить запас древесины по составляющим породам в целом по даче. Отношением общего запаса древесины в даче к среднегодовой потребности в ней определялся срок пользования лесами.

В процессе лесоустройства был вычислен и общий прирост насаждений (Мальгин, 1864), хотя его определение инструкцией 1830 г. не предусматривалось. По-видимому, методика и требование о его вычислении содержались в дополнительных правилах И.И. Шульца или в более поздних указаниях. Прирост насаждений считался "нормальной производительностью дачи" и являлся показателем возможного пользования древесиной из горнозаводских лесов, т.е. по существу был той расчетной лесосекой по массе, установления которой требовала инструкция 1830 г. Однако по всем горнозаводским дачам "норма вырубki леса" главным лесничим И.И. Шульцом была принята по потребности (Мальгин, 1864), которая уже тогда во многих дачах¹⁴ превышала прирост насаждений. Установление расчетной лесосеки по потребности в этих дачах и определило дальнейшее истощение в них лесов, что позднее отмечалось рядом авторов (Мальгин, 1860; Безобразов, 1869 и др.).

Указанными выше методами с 1832 по 1839 г. было произведено устройство 25 лесных дач, приписанных к казенным горным заводам с общей площадью 4450,0 тыс. га, где было заложено 13946 пробных площадей. С незначительными изменениями в технике проведения работ в 1839-1850 гг. были устроены почти все посессионные леса (28 дач из 31) на площади 3495,0 тыс. га с закладкой в них 32518 проб¹⁵.

¹⁴ Невьянская, Шайтанская, Ревдинская, Рехевская, Верхисетская, Верхнетагильская, Чернистоличинская, Воткинская, Мисская, Кузинская, почти все дачи Екатеринбургского горного округа и др. (Мальгин, 1864).

¹⁵ Докладная записка И.И. Шульца от 20 февраля 1850 г., находящаяся в деле "Отчетная записка главного лесничего подполковника Шульца о состоянии лесной части в 1837 г. и о последовавших с тех пор до настоящего времени улучшениях" (ГАСО, ф. 55, оп. 2, л. 121).

В период проведения первого лесоустройства в горнозаводских дачах Урала специального штата для выполнения этих работ не существовало. Устройство лесов выполнялось силами горных специалистов и лесничих, подчас не освобожденных от своих обязанностей, вследствие чего лесоустроительные работы растягивались в каждой даче на 4-8 лет и не отличались высоким качеством (Мальгин, 1860, 1864; Вольский, 1891 и др.).

Определенный интерес представляет состав и оснащение лесоустроительных групп того периода. Примером может служить таксационная группа смотрителя Уткинской пристани Соловьева, производившая в 1833 г. устройство лесов Монетной дачи Екатеринбургского горного округа. Она состояла из руководителя группы (Соловьева), 3 унтер-шихтмейстеров¹⁶, "...знающих геодезическое искусство..." и 32 рабочих, из которых 2 человека работали конюхами. Группа имела 2 астролябии, 2 железные цепи (для промера), 20 деревянных кольшков и 12 вешек с железными наконечниками, готовальню, а также пеньковый шнур длиной 420 саженой (896 м) для обмера пробных площадей. Группе было выдано также 24 карандаша, чернила и сургуч¹⁷. Архивные материалы позволяют установить имена первых лесоустроителей на Урале, которые проводили описание лесов в 1832 г. Ими были: шихтмейстер Шаньгин, горный землемер Старановский, лесной практикант Машницкий, упоминавшийся выше, смотритель Уткинской пристани Соловьев и унтер-шихтмейстеры Шелехов и Подкорытов¹⁸.

Таким образом, первые попытки к регулированию пользования лесами на Урале, их описание и картографирование относятся к началу XVIII столетия. Первые лесоустроительные работы на Урале (1832-1850 гг.) регламентировались как инструкцией 1830 г., так и другими указаниями, причем эти указания не только повышали качество работ, а по существу изменили сам метод лесоустройства. Определение прироста и его использование в качестве показателя возможного размера пользования лесом указывает на то, что

¹⁶ Звание низших чинов в горном производстве (Спасский, 1841).

¹⁷ "Дело о новом устройстве лесной части" (ГАСО, ф.25, оп.1, д.205).

¹⁸ Там же, д.121.

один метод лесоустройства ("разделение леса на лесосеки") в процессе работ перерос в другой, более совершенный, известный в литературе как "метод нормального запаса" (Рудзкий, 1899; Орлов, 1928 и др.).

Л и т е р а т у р а

- А н у ч и н И. П. Лесоустройство. М., Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962.
- Б а й т и н А. А., Б а р а н о в Н. И., Г е р н и ц О. О., К р е с л и н Э. П., М о т о в и л о в Г. П. Лесоустройство. М.-Л., Гослесбумиздат, 1961.
- Б е з о б р а з о в В. П. Уральское горное хозяйство. Спб., 1869.
- Б о г у с л а в с к и й О. Б. Лесное хозяйство в устроительных дачах казенных Уральских горных заводов. - Лесной х., 1912, вып.6, 7, 10.
- Б о к о в В. Е. Артинская казенная горнозаводская дача. Отдельный оттиск из "Лесного журнала", Спб., 1901.
- Б о к о в В. Е. Куренная операция на Уральских горных заводах (издание полное). Эпоха обязательного труда XVIII и XIX века, Миасс, ч.1, 1905.
- Б о л о г о д и н В. А. Страничка из истории солепромышленности в Пермской губернии. - Материалы по изучению Пермского края, 1911, вып.14.
- Б о л ь с к и й В. А. Нормы ежегодных отпусков леса из дач горного ведомства на Урале. - Лесной х., 1891, вып.5.
- Г л у ш к о в Н. Н., В е н г е р о в В. И., Д о л б и л и И. П., Т и м а ш е в Ф. С. Леса Урала. Свердловск, Изд-во УФАИ СССР, 1948.
- Горнозаводская промышленность Урала на рубеже XVIII-XIX вв. Сборник документальных материалов. II. Описание заводов хребта Уральского, составленные пермским берг-инспектором П.Е. Томиловым в 1807-1809 гг. Свердловск, 1956 (УФАИ СССР).
- Г р и г о р а ш е н к о Н. А. Новые сведения по истории раннего лесоустройства. - Организация лесного хозяйства в некоторых категориях лесов Сибири. Красноярское кн. изд-во, 1963.

- Инструкция главному начальнику Екатеринбургского горного начальства Обер-Берг-Гауптману 4-го класса Герману от 16 января 1802 г. (фонд Свердловской краеведческой библиотеки).
- Инструкция об управлении лесной частью на горных заводах хребта Уральского по правилам лесной науки и доброго хозяйства. Спб., 1830.
- Мальгин Н. Г. Некоторые сведения о правильном ведении лесного хозяйства в дачах Воткинского и Гороблагодатского заводов. - Лесной ж., 1841, № 8, ч.3, кн.2.
- Мальгин Н. Г. О необходимости надзора над хозяйством в горнозаводских лесах. - Горный ж., 1860, № 8, ч.Ш.
- Мальгин Н. Г. О лесозаконономическом значении увеличения народонаселения в горнозаводских дачах Урала. - Горный ж., 1864, № 4, ч.Ш.
- Мелехов И. С. Очерк развития науки о лесе в России. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Мидов В. Ответ на статью г.Вольского, помещенную в № 5 Лесного журнала за 1891 г. - Лесной ж., 1892, вып.4.
- Нестеров В. Г. Черты самобытности Русского лесоводства. - Развитие русского лесоводства, вып.1. М.-Л., Гостехиздат, 1948.
- О лесной части на заводах хребта Уральского. - Лесной ж., 1834, ч.1, кн.2.
- Орлов М. И. Лесоустройство, т.3. Л., Изд-во ж. "Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо", 1928.
- Петров Б. С. Очерки о развитии лесной промышленности Урала. М.-Л., Гослесбуиздат, 1952.
- Рожков В. Деятельность артиллерии капитана В.И.Татищева на уральских заводах в царствование Петра Великого. Сиб., 1884.
- Рудзкий А. Ф. Краткий очерк истории лесоустройства. Сиб., 1899.
- Семенов К. С. Лесное хозяйство Урала. Свердловск, "Уралкнига", 1925.
- Сигов С. П. Очерки по истории горнозаводской промышленности Урала. Свердловское обл. кн.изд-во, 1936.

- Сиваскин В. Г. Горный словарь. М., 1841.
- Ткаченко И. Е. Общее лесоводство. М.-Л., Гослесбуиздат, 1955.
- Турин А. В. Возникновение и развитие основных понятий и приемов в отечественном лесоустройстве. М., "Лесная промышленность", 1965.
- Цветков М. А. Изменение лесистости европейской России с конца XVII столетия по 1914 год. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Чикилевский Н. Н. Лесоустройство. М.-Л., Гослесбуиздат, 1957.
- Шелгунов Н. История русского лесного законодательства. Спб., 1857.

Е. П. Смолоногов. К изучению темнохвойно-кедровых лесов Урала и Зауралья	3
Е. П. Смолоногов. О некоторых закономерностях строения простых и сложных древостоев	13
А. Е. Тетенькин. Закономерности связи высот и диаметров деревьев в древостоях (математические основы построения шкалы разрядов высот)	36
А. В. Хохрин. Особенности строения культур кодра сибирского	50
В. В. Флотников. Возможный способ оценки влияния пространственного размещения деревьев на их рост и развитие в лесных сообществах	57
Г. Е. Комин. Оценка прироста древостоев по модельным деревьям для дендроклиматологического анализа	64
П. Ф. Трусов, В. А. Кирсанов, Е. П. Смолоногов. Точность различных способов определения запаса стволовой древесины на пробных площадях в темнохвойно-кедровых древостоях Северного Урала	83
Г. Е. Комин. Онтогенез заболоченных северотаяжных ельников Зауралья	92
Е. П. Смолоногов. Возрастная динамика и хозяйственно-выборочные рубки в широколиственно-темнохвойных лесах водоохранный-защитной полосы реки Уфы в пределах Свердловской области	117
Р. С. Вубарева. Особенности роста молодых поколений ели и пихты в широколиственно-темнохвойных лесах Среднего Урала	135
М. И. Бузверов. Сортиментные таблицы для еловых древостоев горных лесов Северного Урала	150
Н. И. Терпилов. Из истории лесоустройства горно-заводских лесных дач на Урале (XVIII - XIX вв.)	161

ДИНАМИКА И СТРОЕНИЕ ЛЕСОВ НА УРАЛЕ
Труды Института экологии растений и животных,
вып. 77

РИСО УФАИ СССР
Свердловск, К-49
Первомайская, 91

Редактор изд-ва Г. Е. Никитюк

Техн. редактор Н. Р. Рабинович

РИСО УФАИ СССР № 471-8(89)
НС 17054
ТИРАЖ 700

ОБЪЕМ 11 ПЕЧ. Л.

УЧ.-ИЗД. Л. В
ЗАКАЗ 812

ПОДПИСАНО К ПЕЧАТИ 10/1У 1970 г.
ФОРМАТ 60x84 1/16
ЦЕНА 50 КОП.

ЦЕХ № 4 ОБЪЕДИНЕНИЯ "ПОЛИГРАФИСТ",
СВЕРДЛОВСК, УНИВЕРСИТЕТСКАЯ ПЛ., 8

ЦЕНА 60 КОП.