

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пермский государственный национальный исследовательский университет

Кафедра биогеоценологии
и охраны природы

Лесоведение

Методические указания к лабораторным работам

Пермь 2012

Составитель: доцент, к.с.-х. наук М.В.Рогозин

Предназначено для студентов 2 курса дневного и 4 курса заочного отделений географического факультета по специальности 020802.65 «Природопользование» направления 020800.62 «Экология и природопользование».

Издание содержит материал, позволяющий студентам получить представление о некоторых основных понятиях лесоведения а также методах таксации насаждений, что позволит самостоятельно выполнить работу по определению основных таксационных показателей древостоев.

Печатается по решению методической комиссии географического факультета Пермского ГНИУ

Содержание

Введение	4
Развитие деревьев в насаждении	4
Классы бонитета и законы развития древостоев	8
Определение объема ствола отдельного дерева	15
Полнота древостоя и диаметр среднего дерева	16
Средняя высота деревьев в древостое	18
Запас древостоя	19
Относительная полнота	20
Рубки ухода	20
Самостоятельная работа по таксации леса	22
Определение запаса древостоев при таксации	24
Понятие о насаждении и его таксационных показателях	25
Таксация древесного прироста	29
Спелость леса, группы возраста	29
Возраст рубки	30
Литература	30
Приложение: Варианты самостоятельной работы.	32

Введение

Лесоведение являлось составной частью лесоводства как науки об управлении лесами. Как показало преподавание в вузах не лесного профиля лесохозяйственные дисциплины целесообразно излагать в сжатом виде по методической рекомендации проф. М. Е. Ткаченко, объединив их под общим названием «Лесоведение».

На занятиях и при самостоятельном изучении курса студенты используют в качестве основной следующую литературу:

Сретенский В.А. Основы лесоведения. Пермь, ПГУ, 2007 г. – 114 с.

Сеннов С. Н. Лесоведение и лесоводство: учеб. для студентов вузов/ С. Н. Сеннов. – С.-Пб.: Лань, 2011. – 336 с.

Данные методические указания составлены для освоения ключевых понятий лесоводства и законов развития древостоев с целью самостоятельного выполнения нескольких лабораторных работ, в ходе которых студенты приобретают навыки в определении объема ствола, среднего диаметра и высоты деревьев в насаждении, запаса древесины различными методами, рассчитывают оптимальную густоту древостоя и интенсивность разреживания при рубках ухода на конкретном варианте, предлагаемом для самостоятельного решения и нахождения ответов на вопросы.

Развитие деревьев в насаждении

Лес в зависимости от учитываемых связей называют по-разному: биогеоценозом (связи внутри биоты и с внешней средой), биоценозом (связи между живыми компонентами), фитоценозом (связи между растительными компонентами), дендроценозом (связи между древесными растениями). Мы рассмотрим дендроценозы как сообщества, называемые в лесоведении чаще всего «древостоями». В контексте эти термины употребляются как синонимы.

Знание теории динамики древостоев важно для полного научного понимания происходящих в лесах естественных процессов. Необходимо выяснить эти процессы в виде моделей поведения самых разнообразных древостоев, от простых до сложных. В свою очередь, модели можно построить лишь при наличии адекватной теории, увязанной с множеством условий и меняющейся внутренней среды насаждения.

Развитие древостоев необходимо проследить с момента их возникновения и до распада. Пока рассматриваются самые простые древостои – одноярусные, чистые и однопородные с анализом их динамики без учета влияния стихийных воздействий (пожары, ветровалы, засухи), воздействий человека и животных.

В пределах одинаковых типов условий местообитания (ТУМ) их динамика зависит от породного состава, густоты и равномерности расположения деревьев по площади: куртинами, группами, с наличием окон и прогалов. Рассмотрим простые случаи, когда расположение деревьев по площади достаточно равномерное. Дендроценозы стихийно возникают с различной первоначальной густотой и различия эти вызваны множеством причин – слабым или сильным урожаем семян, наличием влаги в почве, ее задернением и т.д. Причем даже в одинаковых условиях различия в начальной густоте бывают просто огромны. В урожайные годы лесные породы производят очень много семян и это важно для их сохранения как доминантов. На свободных от растительности землях (заброшенных полях, сенокосах, гарях) дендроценозы возникают иногда с густотой в сотни тысяч растений на 1 га. К спелости, однако, их остается всего несколько сотен, со средним расстоянием между деревьями 3-5 м. Тысячи деревьев погибают.

Объяснить естественное изреживание древостоев можно следующим образом. На единице площади помещается ограниченное количество фотосинтезирующего аппарата растений (листьев, хвои, мелких веточек), образующих полог древостоя. Его

объем достигает максимума и становится постоянным примерно с 20-30 и сохраняется до 70 лет. Деревья растут и полог движется вверх, оставляя внизу на стволах отмирающие ветви. Ослабленные деревья также отмирают. По объему кроны немецкий лесовод Крафт разделил живые деревья на 5 классов, которые так и называют «классы Крафта»:

- 1 – наиболее развитые (доминанты), примерно 10%;
- 2 – хорошо развитые (субдоминанты), около 30%;
- 3 – средние (крона сдавлена с боков, но вершина свободна), около 30-40 %;
- 4 – угнетенные (крона до $\frac{1}{2}$ полога), 10-20%;
- 5 – заглушенные (крона под пологом), 10-15%.

Объем кроны – это багаж, с которым дерево движется в будущее. Распознать (диагностировать) классы Крафта можно уже в возрасте около 10 лет по размерам растения – высоте и диаметру стволика, объему хвои.

В возрасте около 10 лет формируется *ранговая структура* древостоя и начинает функционировать *ранговый закон роста* Е.Л.Маслакова (1984) в соответствии с которым, начиная с этого возраста (8-10 лет) деревья растут, просто увеличивая свои размеры, оставаясь либо крупными, либо мелкими. Средние растения меняют свои ранги как вверх, так и вниз. Так, в групповых посадках сосны корреляционное отношение между площадями сечения деревьев в 10 и 40 лет равно $h = 0,88$, а в 15 и 40 лет связь оказалась почти функциональна: $h = 0,99$ (Маслаков, 1984).

Зная этот закон, можно уже в самом раннем возрасте оставить только деревья-лидеры (с небольшим запасом), удалив остальные. Из них вырастет могучий и жизнестойкий лес с крупными деревьями и запасами древесины в 2-3 раза большими, чем средние естественные леса. При этом их старение отодвигается на десятки лет. Однако не все так просто – лес выращивается десятилетия и при ранних разреживаниях пустые места будут заняты второстепенными породами – березой, осинкой, ольхой, ивой, которые очень быстро растут именно в это время. Поэтому при выращивании хвойного леса «запас» стволиков оставляют иногда очень большим. Кроме того, при некоторых технологиях расстояния в ряду между растениями при их посадке в рядах сокращают до 0,5-0,75 м, что негативно отражается на их развитии.

Рассмотрим последнее обстоятельство подробнее на реальных примерах.

В Прикамье в 1950-е годы сосну часто высаживали на старопашотные суглинистые почвы, где условия для нее оказались благоприятны, но необычны, так как она эволюционировала на песках. Выдвинули гипотезу, что развитие ее деревьев в этих условиях происходит по другому, что снижает точность ранней диагностики роста.

Исследования проведены в культурах с расстоянием между рядами 2-2,5 м и в ряду от 0,55 до 0,75 м; 3 участка были на суглинистых и 3 – на песчаных почвах. Срубали по 20 моделей на участке, по 4 модели в каждом из 5 классов Крафта. Мерой соответствия роста служили возрастные корреляции между размерами деревьев в 4, 5, 7, 10 лет и их объемом в 29-40 лет.

Результаты опубликованы в нашей работе (Рогозин, 1983). Анализ проведен на 120 моделях, который обнаружил, что возрастные корреляции в сравниваемых группах оказались недостоверны и поэтому гипотеза о различном онтогенезе сосны на песчаных и суглинистых почвах не подтвердилась.

Непреднамеренно на этом же материале по фактору «расстояние между деревьями в рядах», удалось образовать две группы культур: 0,55-0,60 м (густые культуры) и 0,69-0,75 м (редкие культуры), по 3 участка в каждой. Оказалось, что в густых культурах возрастные корреляции для диаметров не превышают в среднем 0,47 даже к 10 годам, тогда как в редких они всегда были выше и достигали в среднем 0,60 в 4 года и 0,75 в 10 лет. Связи между высотами в ранние годы и объемом деревьев имели такой же характер. Различия были достоверны при $F_{\phi} = 36,6 > F_{0,05} = 7,7$ (табл. 1).

Эти различия можно объяснить усилением конкуренции между растениями в густых культурах, которая приводит к тому, что отбор начинает действовать по-иному: быстрорастущие растения снижают рост и на их место в лидеры выходят толерантные к конкуренции особи, то есть такие, которые лучше других в ней развиваются. Такая перестройка рангов, по-видимому, является одной из главных причин снижения продуктивности сосны в особенно густых древостоях.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции объемов деревьев сосны в возрасте 29-40 лет с ростом растений в ранние годы (по Рогозину, 1983)

№ ПП	С высотой (Н) в возрасте, лет				С диаметром (Д) в возрасте, лет				С условным объемом (Д ² Н) в возрасте, лет			
	4	5	7	10	4	5	7	10	4	5	7	10
Посадка в рядах через 0,55-0,60 м												
55	0,03	0,10	0,19	0,29	0,44	0,35	0,46	0,49	0,42	0,27	0,44	0,49
51	0,54	0,41	0,46	0,34	0,36	0,39	0,33	0,37	0,51	0,48	0,48	0,41
61	0,35	0,43	0,73	0,52	0,40	0,44	0,50	0,54	0,45	0,47	0,54	0,52
Среднее	0,32	0,32	0,49	0,39	0,40	0,39	0,43	0,47	0,46	0,41	0,49	0,47
Посадка в рядах через 0,69-0,75 м												
56	0,60	0,72	0,77	0,84	0,56	0,55	0,66	0,70	0,63	0,65	0,74	0,78
71	0,70	0,64	0,65	0,71	0,64	0,68	0,74	0,77	0,62	0,65	0,72	0,79
72	0,53	0,51	0,72	0,83	0,61	0,63	0,73	0,76	0,68	0,67	0,80	0,83
Среднее	0,62	0,63	0,72	0,80	0,60	0,62	0,71	0,75	0,64	0,66	0,76	0,80

Изменения в росте при повышении конкуренции является ответом, реакцией популяции на изменение фитоценотической обстановки. Этот ответ предстает перед нами как некое стремление отдельных растений почему-то изменять со временем свой рост по каким-то своим внутренним причинам (и поэтому возникает соблазн называть их «генетическими»). Реакция появляется, конечно же, как ответ генотипа, но **причина появления** этой реакции лежит не внутри генома популяции или генотипа дерева, а снаружи, и предстает эта причина как давление соседей, как дефицит всех потребностей для дерева и для сообщества в целом.

Генетические причины изменений в росте у деревьев безусловно существуют. Однако необходимо вычленив их долю влияния и сравнить ее с долей влияния факторов среды. В *особенно редких культурах* она может быть близка к той величине, которая и является генетически обусловленной. Крайне важно для ранней диагностики роста установить численное значение возрастных корреляций, свободных от конкурентного шума. Можно предполагать, что в редких культурах корреляции будут выше, выше будет и надежность ранней диагностики роста.

Здесь можно сформулировать и ответ на вопрос, почему появляются «типы роста». Нельзя просто ответить: потому что деревья разные по генотипам. Возможный пока ответ будет такой: «причина появления различных типов роста – это воздействие ценотической обстановки и реакция генотипов на нее, видимая нами как изменение роста; воздействие на каждое дерево различно, поэтому различен и их рост. Они могут быть вызваны и особенностями генотипа, но сила его воздействия не установлена».

Вопрос этот сложен. Оптимальные сроки оценки элитности лесообразующих пород все еще неясны. Не установлена степень влияния генотипа на появление типов роста. Неясен характер роста дерева в условиях повышенной и оптимальной конкуренции, а также при относительно свободном стоянии. Можно полагать, что

после изучения этих вопросов сроки оценки элитности плюсовых деревьев могут быть значительно сокращены.

Когда становится понятно влияние конкуренции на развитие деревьев, можно выяснить и надежность ранней диагностики роста у сосны. Возьмем редкие культуры, где соответствие рангов выше (выше возрастные корреляции). Построим точечную диаграмму (поле корреляции) для диаметров стволиков деревьев в 4 года и объемов их стволов в 29-40 лет. Это поле дает коэффициент корреляции, равный 0,60 и отраженный в нижней части таблицы 1 как среднее значение по трем участкам (рис. 1).

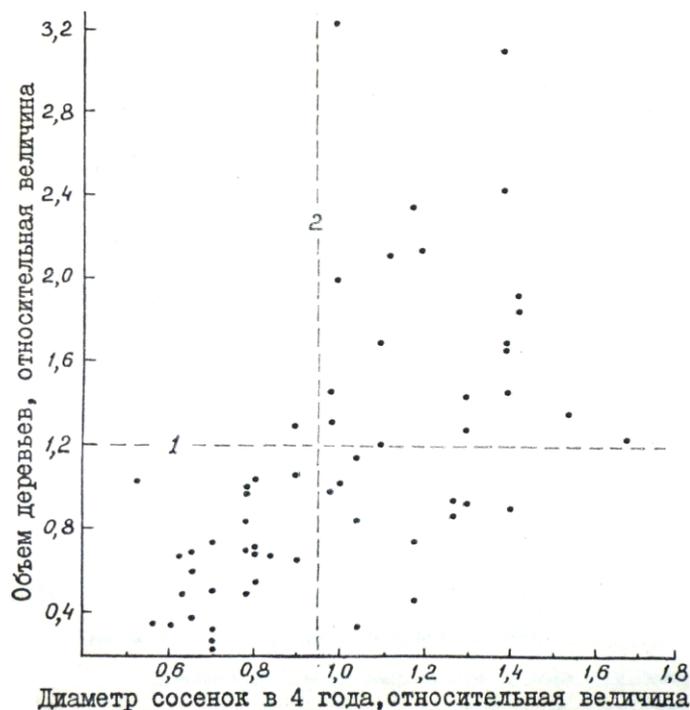


Рис. 1. Влияние диаметра стволиков сосны в 4 года на объем ствола у них в 29-40 лет в культурах со схемой посадки $2,5 \times 0,69-0,75$ м.

Для анализа разделим поле горизонтальной линией (линия 1) на 2 ранга по объему стволов и вертикальной линией – на мелкие по диаметру (до 0,98) и крупные (от 0,99 и более) стволики. Это также будет 1-й и 2-й ранг размеров в раннем возрасте. Поле получает 4 сектора и в них почти все ясно! Так, из 26 мелких саженцев выросло всего 1 крупное дерево, а 25 растений или 96% так и остались в своем ранге.

Совсем иная картина у крупных растений. Из 31 крупного саженца получилось 20 крупных деревьев или 65%. То есть вероятность желательного для нас события (получение крупного дерева) из мелких растений составит 4%, а из крупных – 65%.

Для 7 и 10 лет, где корреляции толщины стволиков с объемом ствола выше, вероятности получения крупного дерева из крупных растений возрастают до 74 и 76%. Для слабых растений они остаются на прежнем маловероятном уровне (Рогозин, 1983).

Вопрос диагностики роста отдельного дерева возникает на всех этапах выращивания леса – начиная с появления всходов и пересадки растений и заканчивая рубками ухода. Отбор лучших растений (позитивный массовый отбор) практикуется давно, однако в дендроценозах растения многие десятилетия испытывают конкурентное давление соседей. Давление динамично и меняется с возрастом; с возрастом меняется и реакция растения на это давление. При изучении срубленных моделей исследователи выделяют различные типы роста деревьев, которых в общем виде насчитывается до 10, например: медленный в раннем возрасте, затем усиленный; средний, затем медленный и вновь средний; средний, затем устойчиво усиленный; усиленный в любом возрасте; усиленный в раннем, слабый в среднем и усиленный в старшем возрасте и т.д.

В самых первых исследованиях (Эйтинген, 1934) в молодняках сосны на сотнях моделей были обнаружены настолько разные линии роста по высоте, что даже самые слабые модели оказывались в числе лидеров по своему приросту спустя 10-20 лет. Это импонировало социальным ожиданиям и идеологии 1920-1930-х годов, когда управление нашим советским государством осваивали люди рабоче-крестьянского происхождения. Действительно, прирост изменяется в широких пределах. Однако по

данным работ Г.Р. Эйтингена невозможно было рассчитать, насколько часто происходит такая резкая смена рангов. Казалось бы, надежность раннего отбора определяется просто: срубленные модели разделяют на 2 ранга по показателям роста в раннем возрасте - на крупные и мелкие (быстро- и медленнорастущие, высокие и низкие) и затем фиксируют, какой процент из них сохранили свой ранг. Можно разделить их и на большее число рангов, но ответ должен быть о сохранении ранговой структуры. Если бы по данным из работ Г.Р. Эйтингена такое разделение можно было сделать (сам он этого не сделал), то еще 80 лет назад мы имели бы ясный ответ на вопрос о надежности ранних оценок роста.

В обзоре работ по ранней диагностике в лесной селекции (Шеверножук, 1980) констатируется, что ряд исследователей в Западной Европе пришли к выводу о том, что медленнорастущие в молодости потомства (то есть группы растений, а не отдельные особи) в дальнейшем, самое позднее через 28 лет, перегоняли быстрорастущие.

Медленнорастущие происхождения сосны в географических культурах (еще более крупные группы растений) с возрастом не ослабляют, а напротив, усиливают рост по высоте (Молотков и др., 1982). В связи с проблематичностью раннего отбора продуктивных растений по прямым признакам роста предлагалось находить методы диагностики роста по косвенным скоррелированным признакам (Шеверножук, 1980). Однако надежды на них часто не оправдываются, так как многие косвенные признаки являются простым следствием интенсивного роста (Мамаев, 1972; Веверис, 1983).

Изучение динамики роста по высоте у 365 модельных деревьев сосны в Поволжье показало (Котов и др. 1977), что наиболее стабилен рост у высоких и низких деревьев. Так, от 10 до 80 лет сохранили темпы роста 46% высоких и 42% низких моделей. У средних моделей стабильность в росте наблюдалась с 20 лет лишь у 35% деревьев. При этом 54% деревьев сохранили первоначальную (в 10 лет) оценку скорости роста. Исходя из этих данных можно полагать, что прогноз высоты у сосны для спелого возраста по высоте в 10 лет оправдывается примерно на 50-60%.

Ранговый закон роста подтвердили также исследования в культурах сосны республики Коми (Паутов, 1984). В культурах этот закон проявляется сильнее: в естественных молодняках только 30% деревьев сохранили свои ранги по высоте, тогда как в культурах их было уже 57% (Куншуаков, 1983).

Позитивное влияние сортировки посадочного материала известно и необходимо отметить, что размеры однолетних сеянцев продолжали влиять на рост культур сосны в Польше даже до 20-летнего возраста, а отбор лучших сеянцев и затем в школе лучших саженцев повышал рост 16-летних культур на 5-10%. В дальнейшем влияние сортировки, по-видимому, перекрывается действием ценотических факторов и не было прослежено (Szymanski, 1979; Ромедер, Шенбах, 1962).

Таким образом, в большинстве исследований роста *отдельных деревьев* в общих чертах подтверждается открытый в культурах сосны *ранговый закон роста деревьев* в древостое Е.Л.Маслакова, причем при усилении конкуренции его действие ослабевает.

Влияние густоты на развитие растений настолько велико, что определяет и всю последующую жизнь не только отдельных деревьев, но и древостоев в целом, о чем пойдет речь далее.

Классы бонитета и законы развития древостоев

Для оценки производительности условий местообитания насаждений, их «добротности» М.М.Орловым еще в 1911 г. было введено понятие бонитета лесных насаждений. Бонитет определяют по возрасту и средней высоте древостоя. В современном понимании такая оценка условий местообитания является косвенной - факторы минерального питания биоты (дендроценоза) оценивают косвенно, по их

влиянию на рост древостоев. Эти факторы определять сложно, поэтому и применяют такую оценку. Вначале классов было 5, затем добавилось еще по 2 с каждой стороны.

Таблица 2 – Шкала классов бонитета для сосны (по М.М.Орлову, 1911)

Возраст, лет	Минимальные высоты по классам бонитета, м								
	1Б	1А	1	2	3	4	5	5А	5Б
10	7	5	4	3	2	1	0	0	0
15	10	8	6	4	3	2	1	0	0
20	13	10	8	6	5	3	2	1	0
25	15	13	10	8	6	4	3	2	1
30	17	14	12	10	8	6	4	2	1
35	19	16	13	11	9	7	4	2	1
40	21	18	15	13	10	8	5	3	1
45	23	20	16	14	11	8	6	3	1
50	25	21	18	15	12	9	6	4	2
55	27	23	19	16	13	10	7	4	2
60	29	24	20	17	14	11	8	5	2
65	30	25	21	18	15	11	8	5	3
70	31	26	22	19	16	12	9	6	3
75	32	27	23	20	17	13	10	6	3
80	33	28	24	21	17	14	11	7	4
85	34	29	25	22	18	14	11	7	5
90	35	30	26	23	19	15	12	8	5
100	36	31	27	24	20	16	13	9	6
110	37	32	29	25	21	17	13	10	6
120	39	34	30	26	22	18	14	10	6
130	39	34	30	26	22	18	14	10	6
140	40	35	31	27	23	18	14	10	6
150	40	35	31	27	23	19	14	10	6

В научных работах бывает необходимо показать класс бонитета до десятых долей и в этом случае можно использовать график (рис. 2). На графике класс бонитета занимает всю полосу выше своей линии, и средняя высота для класса будет по середине полосы. То есть сама линия лежит на 0,5 класса. Так, если возраст древостоя 140 лет и средняя высота деревьев в нем 14 м, то класс будет 5,5, и если она будет больше на 0,5 м, то класс будет 5,4. Если же высота будет ближе к верху полосы, например 18,5 м, то класс бонитета будет 4,6.

Первое впечатление от данной таблицы и рисунка – они показывают некую динамику роста, то есть изменение показателя со временем. И если какой-либо древостой в 50 лет оказался растущим по 1 классу бонитета, то он должен показывать тот же класс и далее, то есть сохранять темпы роста своего бонитета. Однако это не так. Онтогенез отдельных деревьев длителен и сложен, а рост древостоев еще сложнее. Оказалось, что бонитет насаждений с возрастом меняется, причем весьма и весьма значительно. Нами были использованы данные точных и продолжительных наблюдений в сосновых, еловых и березовых древостоях (всего 145 пробных площадей) в лесной опытной даче Тимирязевской сельхозакадемии за 100-летний период (Итоги работ..., 1964). По этим данным были построены линии роста древостоев и определены классы бонитета с точностью до десятых долей класса.

Анализ линий роста у 85 сосновых древостоев показал, что за 20-летний период стабильный бонитет был обнаружен только у 23% древостоев, 72% меняли его на 1 класс, а у 5% древостоев он изменился на 2 класса; за 40 лет стабильный бонитет был у 35% древостоев, 40% меняли его на 1 класс, 20% - на 2 класса, а у 5% древостоев он изменился на 3-4 класса (!). У других пород такие же сильные изменения в росте происходили во всех возрастных периодах (Разин, 1967).

Впервые об изменении линий роста древостоев сообщалось еще в начале 20 века у Флори и Гуттенберга, ссылаясь на которых Н.В.Третьяковым приводится пример, когда ель в 50 лет на трех участках имела высоту 13,5; 16,5 и 19,5 м, а в возрасте спелости таксировалась одним и тем же классом бонитета (Третьяков, 1937). Данные удивительные факты на протяжении многих десятилетий не анализировались должным образом. Даже в специальном обзоре работ, посвященном прогнозированию роста древостоев (Свалов, 1978) о причинах изменения хода роста древостоев упомянуто вскользь; по-видимому, причиной такого ухода от анализа неудобных фактов было стремление приспособить шкалу бонитетов М.М.Орлова для множества условий и пород, с целью ее использования для группировки древостоев при составлении таблиц хода роста (ТХР) древостоев. Тем не менее, Н.Н.Свалов все-таки делает вывод о том, что изменения классов бонитета с возрастом насаждений показали несовершенство бонитетной шкалы М.М.Орлова и ее пригодность для таксации древостоев только в статике (Свалов, 1978).

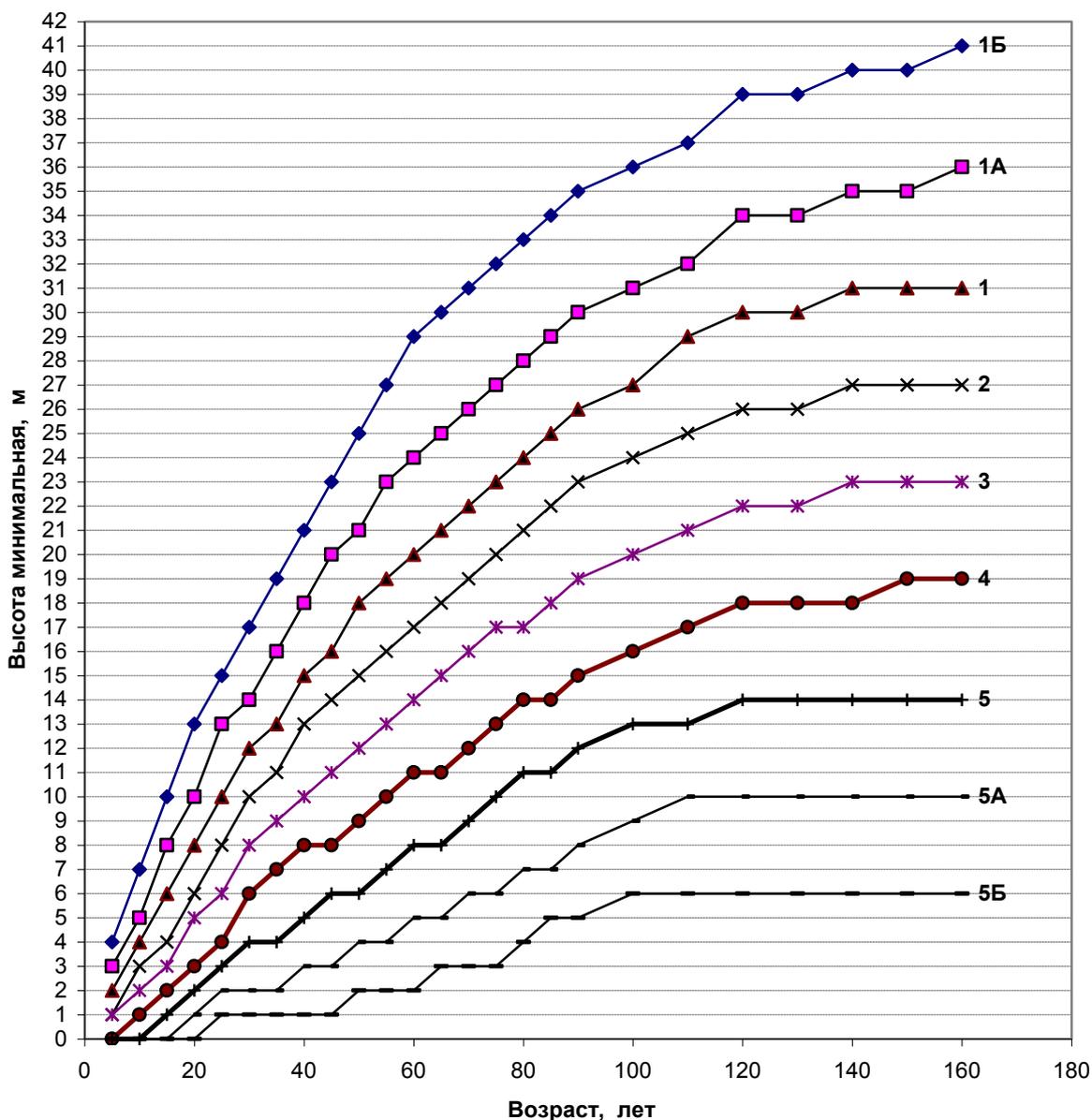


Рис. 2 Минимальные высоты древостоев сосны по классам бонитета М.М.Орлова

Этот вывод ключевой в понимании сущности вопроса о прогнозировании роста. Шкала М.М.Орлова пригодна для таксации в статике, то есть «здесь и сейчас» из чего логически вытекает вывод о ее непригодности для прогноза роста как в будущее, так и

в прошлое. И по ТХР на ее основе точно также будет невозможен прогноз роста на будущее. Парадоксально, но именно для прогноза роста их составляли! В 20 веке их разрабатывали в массовом порядке, однако они не отражают реальный ход роста древостоев (Верхунов, Черных, 2007, с. 304; Хлюстов, 2011).

Выводы о непригодности бонитетов для прогноза роста древостоев весьма категоричны. Но в лесоводстве и таксации оценка условий роста по классам бонитета прочно прижилась из-за простоты ее определения и каждый раз при обсуждении этого вопроса именно эта простота перевешивает все другие аргументы против ее использования для составления ТХР, как прогнозных моделей роста. Поэтому параллельно в таксации для оценки условий используются так называемый «тип условий местопроизрастания» (ТУМ), который не меняется во времени.

В настоящее время приняты две шкалы бонитетов: для семенных и порослевых насаждений; они унифицируют оценки роста для всех лесных пород в нашей стране и используются для оценки как производительности древостоев, так и оценки условий местообитания. Но если бонитеты меняются за 40 лет на 2-3 класса или до 60%, то следует ли их применять для оценки условий местообитания, которые не менялись?

Ответы на эти неудобные вопросы не получили иного объяснения кроме рабочей гипотезы Г.С.Разина о том, что изменения в ходе роста древостоев вызваны главным образом различиями в их начальной густоте. С этого предположения, собственно, и начались в 1960-е годы длительные исследования в направлении, которые закончились открытием нижеследующих закономерностей (Разин, Rogozin, 2010, 2011).

1. Одноярусные древостои всех пород, составов, различной начальной густоты и неравномерности расположения деревьев имеют своей целью общее стремление всех деревьев яруса к достижению предельных линейных, площадных и объемных показателей в пределах сообщества. В результате почти любой древостой однажды в жизни становится сомкнутым и достигает по ним индивидуальных пределов.

2. Достижение предельных показателей происходит в зависимости от густоты и может быть сформулировано в виде «Закона динамики суммы горизонтальных проекций крон деревьев в простых древостоях», который показан в виде нескольких линий зависимости на рисунке 3.

Из закона динамики суммы горизонтальных проекций крон деревьев вытекают следующие важные положения:

- чем больше начальная густота, тем раньше и при меньшей средней высоте древостои становятся сомкнутыми с предельной суммой площадей горизонтальных проекций крон деревьев и тем раньше и быстрее они снижают ее (размыкаются);

- чем меньше начальная густота, тем позже и при больших средних высотах древостои достигают предела сомкнутости и предела суммы площадей горизонтальных проекций крон деревьев, тем медленнее они снижают их и дольше остаются сомкнутыми и устойчивыми.

Открытый для площадных показателей закон проявляет себя аналогичным образом в показателях объема. С некоторым запаздыванием по сравнению с сомкнутостью (на 10-25 лет) древостои точно также достигают предельного состояния по сумме объемов крон и имеют индивидуальные линии своего развития по этому показателю в зависимости от начальной густоты (см. рис. 3б). Особенно впечатляет различие в объемах крон, достигающее нескольких раз. Кроны – это фотосинтезирующий аппарат, то есть субстанция, производящая древесину, и именно она определяет размеры стволов и запасы, а также и будущее всего древостоя. Если объемы крон малы, то мала будет и продуктивность.

Интерпретация в биологическом плане обнаруженных законов выглядит следующим образом. Возникшие одноярусные сообщества древесных растений обладают сильнейшим изначальным свойством (способностью) у каждого члена

сообщества, которое можно назвать целеполаганием или «целью» – стремлением к достижению индивидуальных пределов по протяженности (высоте, длине, толщине), а также по площади и по объему.

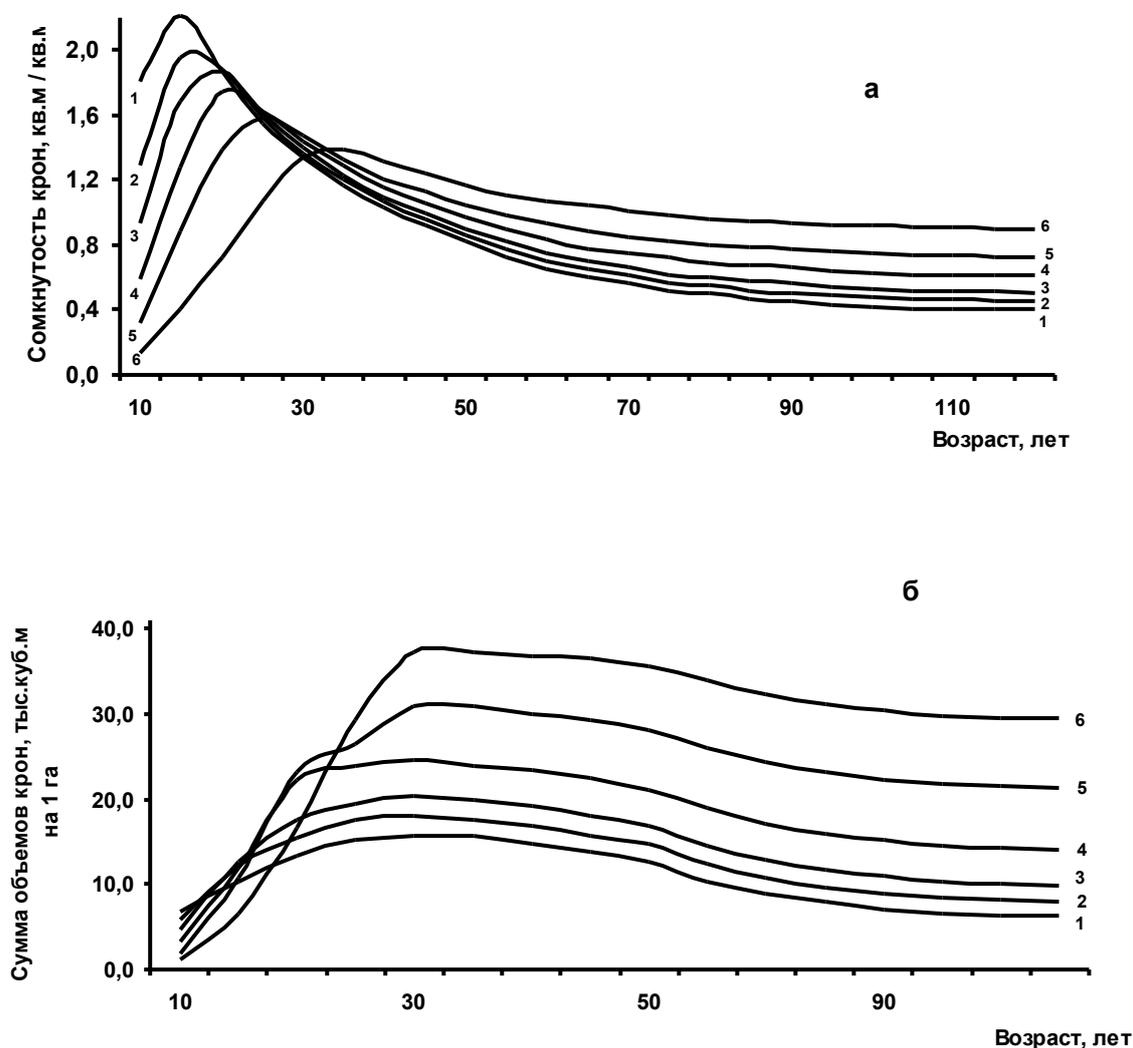


Рис. 3 – Сомкнутость крон (а) и объем крон (б) одноярусных еловых древостоев с начальной густотой, тыс. шт/га: 1 - 67; 2 – 22; 3 – 11,5; 4 – 7; 5 – 4,5; 6 – 1,8 тыс. шт/га.

Важно отметить, что при любых высотах и возрастах в ельниках бывают состояния с предельной сомкнутостью. При средней высоте 1 м сумма площадей крон деревьев может быть в 2,6 раза больше площади поверхности, на которой они расположены (предельная сомкнутость 2,60) и кроны деревьев в этом случае заходят в кроны второго и даже третьего дерева по соседству. При высоте 20 м сомкнутость имеет предел 1,24. Достижение таких предельных значений воспринимается наблюдателем как древостой с почти полным отсутствием растительности в напочвенном покрове; тип леса определить затруднительно и условно он может быть назван «мертвопокровным» (рис. 3).

В интегрированном виде описанные выше законы могут быть объединены в **общий закон развития одноярусных древостоев**, который в кратком изложении выглядит следующим образом: «Чем больше начальная густота древостоев, тем меньшими в них по размерам оказываются со временем все деревья; густые древостои

растут хуже, менее производительны, менее устойчивы к стрессам и быстрее распадаются из-за действия внутренних причин своего развития» (Разин, Рогозин, 2011). Следствием данного закона является перегруппировка древостоев по мере их развития буквально по всем таксационным показателям: сомкнутости, полноте, сумме объемов крон деревьев, запасам древесины, общей производительности и классам бонитета. Так, запасы древесины в еловых древостоях снижаются в 1,6 раза при увеличении начальной густоты от 3,6 до 8,5 тыс. шт./га (рис. 5).

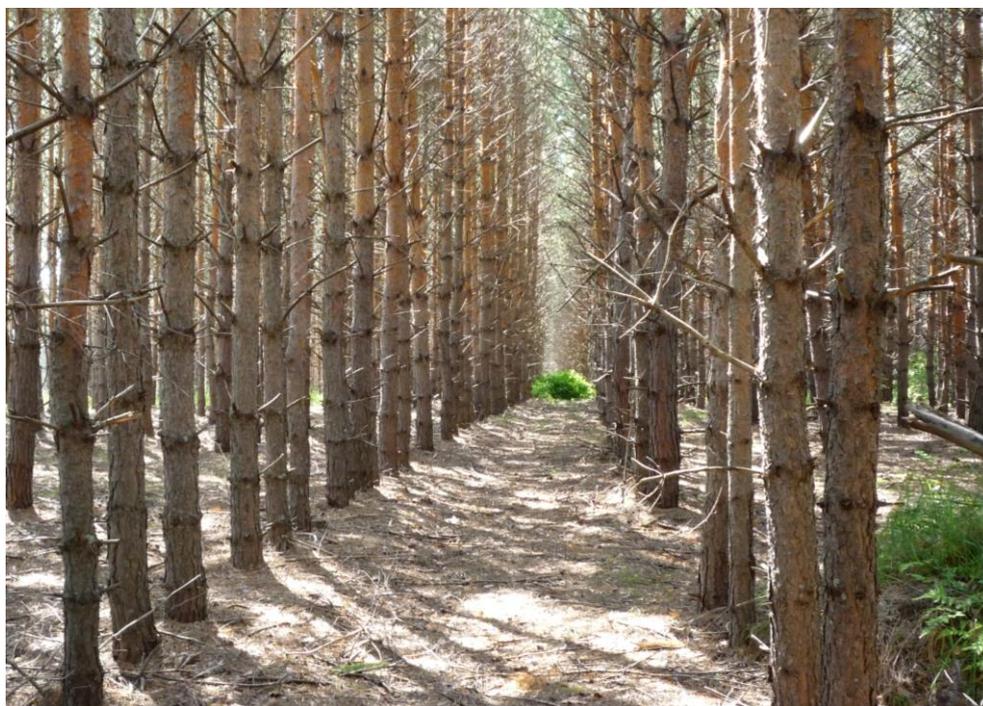


Рис. 4 – «Мертвопокровный» тип леса в культурах сосны в возрасте 40 лет с предельной сомкнутостью полога.

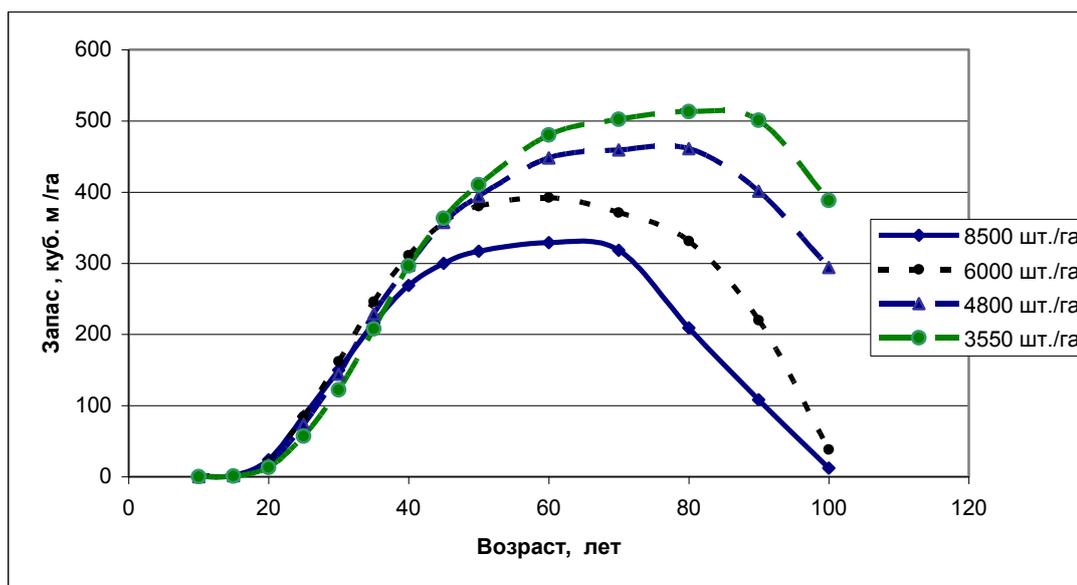


Рис. 5 – Запасы древесины в моделях хода роста культур ели различной начальной (в 10 лет) густоты.

В соответствии с обнаруженным законом можно утверждать, что начальная густота древостоев и конкуренция между растениями в решающей степени определяют

всю последующую жизнь насаждения и чем больше густота, тем сильнее меняется рост и развитие как отдельных деревьев, так и древостоев в целом.

Для предотвращения падения производительности и будущих запасов древесины необходимы рубки, снижающие густоту *перед пиком* сомкнутости крон (а не на его максимуме, как это часто делают) с удалением иногда *половины живых деревьев*, в возрасте не позднее 20-25 лет. Данный период (экстремум сомкнутости) в классическом лесоводстве называют «фаза чащи». Густота оставшихся деревьев в результате рубок должна быть равномерной и оптимальной (рис. 6, 7).



Рис. 6 – Изреживание культур ели в возрасте 21 год с оставлением оптимального количества равномерно размещенных деревьев.



Рис. 7 – Культуры ели плантационного типа в Ильинском лесничестве.

Для понимания сущности законов развития древостоев, правил их создания и ухода за ними далее будем осваивать термины лесной таксации, то есть специальный профессиональный язык, на котором объясняются специалисты лесного дела.

Определение объема ствола отдельного дерева

Среди множества формул объема ствола есть две простые:

а) определение объема ствола как параболоида

$$V = [(\pi d_0^2) / 4] \times 0,5H = 0,785 d_0^2 \times 0,5H \quad (1),$$

где π – число «пи» =3,141;

d_0 - диаметр на высоте пня, м;

H - высота дерева, м.

б) определение объема ствола по *срединному* сечению

$$V = 0,785 d_{1/2}^2 \times H \quad (2),$$

где $d_{1/2}$ - диаметр на половине высоты дерева ;

H - высота дерева.

Эти формулы приближительные, так как стволы имеют довольно разную форму (разные контуры образующей поверхности) и могут быть в отдельных местах близки по форме к цилиндру, конусу, параболоиду. Различия в форме ствола определяют по т. наз. коэффициентам формы ствола. Их четыре: q_0 , q_1 , q_2 , q_3 (табл. 3).

Таблица 3 – Коэффициенты формы ствола и порядок их определения

Высоты ствола	Высота на 0 (на пне)	на 1/4 высоты	на 1/2 высоты	на 3/4 высоты
Обозначения диаметров	D_0	$D_{1/4}$	$D_{1/2}$	$D_{3/4}$
Обозначения коэффициентов формы ствола	q_0	q_1	q_2	q_3
Расчет: диаметры на разных высотах делим на диаметр на высоте 1,3 м (высота груди)	$D_0 / D_{1,3}$	$D_{1/4} / D_{1,3}$	$D_{1/2} / D_{1,3}$	$D_{3/4} / D_{1,3}$

Наиболее важным является $q_2 = D_{1/2} / D_{1,3}$, так как было обнаружено, что он наиболее тесно коррелирует с так называемым «видовым числом ствола» (f), т. е. особым коэффициентом, который необходим для точного определения объема стволов. Средние значения q_2 , установленные после измерений десятков тысяч стволов для основных пород составляют:

у сосны – 0,65;
у ели, пихты, осины – 0,70;
у березы – 0,66.

Однако в реальных древостоях их значения изменяются от 0,55 до 0,80. Поэтому в каждом конкретном насаждении на пробных площадях нужно обязательно определять q_2 . Для этого рубят несколько средних моделей, измеряют их высоты и на $\frac{1}{2}$ высоты находят их диаметры. Затем рассчитывают q_2 и определяют видовое число f по формуле Б.А.Шустова:

$$f = 0,6 q_2 + 1,04 / (q_2 H) \quad (3)$$

Значения видового числа f колеблются в зависимости от высоты и густоты древостоя в пределах 0,36-0,58. Примерные средние значения составляют 0,40-0,50. Ошибка определения f по этой формуле составляет $\pm 3,0\%$ и мы будем использовать ее в наших дальнейших расчетах, для определения объема ствола по формуле 4:

$$V = 0,785 \times D_{1,3}^2 \times H \times f \quad (4)$$

Средние значения D и H в древостое важны для определения объема среднего дерева древостоя, но как их найти – об этом пойдет речь далее.

Полнота древостоя и диаметр среднего дерева

Для оценки ресурсов древесины в насаждении нужно найти общий объем стволов на единице площади (1 га), называемый чаще всего «запас древостоя». Для этого в типичном месте выдела закладывают пробную площадь (ПП), где должно быть около 200 деревьев. В средневозрастных древостоях ее размер примерно 0,20 га (40×50 м), в молодняках – около 0,15 га, а в спелых лесах может быть и 0,5 га.

Казалось бы, наиболее просто найти дерево, среднее по всем таксационным показателям – расчетному диаметру, высоте, форме ствола и срубить его. Затем определить его объем, далее умножить этот объем на число деревьев на ПП и получить искомый запас древесины в насаждении. Однако такой способ чреват большими ошибками. Разберем порядок, при котором наиболее точно вычисляют объем всех деревьев на единице площади, т.е. запас насаждения.

Вначале отмечают границы ПП в натуре (обычно делают слабые затески на деревьях, обозначая промеренные линии) Затем с помощью *мерной вилки* делают т. наз. *перечет деревьев* по ступеням (классам, градациям) диаметра – т. е. учитывают диаметры с округлением до 4 см (в молодняках до 2 см), используя для этого специальную таблицу (табл. 4).

В полученной таблице определяют сумму площадей сечений стволов на 1 га (Σg), которая называется *абсолютной полнотой*, а затем рассчитывают среднюю *площадь сечения* дерева в древостое, и уже из этой величины (*площади сечения*) получают диаметр, который в полном наименовании называется *диаметром дерева со средней площадью сечения*. Сокращенно эту величину называют «средним диаметром» и обозначают сокращенно D_{sr} . Это название вводит в заблуждение, поэтому разберем этот показатель очень подробно.

Дело в том, что средняя площадь сечения нужна для нахождения дерева со средним объемом ствола, который характеризуют некоторую среднюю товарную ценность древесины в древостое. Так как в формулах объема ствола (1, 2, 4) всегда стоит квадрат диаметра, то поэтому нужен расчет не просто среднего значения диаметра, а расчет среднего из значений квадратов диаметров или расчет из значений

площадей сечения стволов, из которых и определяют нужный нам средний таксационный диаметр. Этот показатель оказывается, по сути, среднеквадратичным диаметром, причем он всегда больше среднеарифметического диаметра (больше до +20%), что необходимо учитывать во избежание ошибок при глазомерном определении среднего диаметра по модальному (наибольшему по численности) классу толщины; средний таксационный диаметр при этом будет, как правило, в соседней ступени толщины.

Таблица 4 – Определение абсолютной полноты (Σg) и диаметра среднего дерева древостоя ($D_{ср.}$)

Входящие диаметры, см		Ступень диаметра			Число деревьев, шт.		Площадь сечения (g), м ²		
							1 деревя	всех деревьев ступени	
мин.	макс.	средний диаметр,		№ ступени	живых	сухих		живых	сухих
		см	м						
2,1	6	4	0,04	1	14	30	0,0013	0,018	0,038
6,1	10	8	0,08	2	25	16	0,0050	0,126	0,080
10,1	14	12	0,12	3	35	7	0,0113	0,396	0,079
14,1	18	16	0,16	4	45		0,0201	0,904	
и так далее		20	0,2	5	35		0,0314	1,099	
		24	0,24	6	25		0,0452	1,130	
		28	0,28	7	15		0,0615	0,923	
		32	0,32	8	10		0,0804	0,804	
Итого на пробной площади 0,20 га					204	53		5,40	0,197
Итого в переводе на 1 га					1020	265		27,0	0,36
Средняя площадь сечения (g)								0,0265	
Диаметр дерева со средней g								0,207 м	

Порядок определения диаметра среднего по площади сечения дерева древостоя:

1. Определяем Σg по ступеням и «итого» на пробе: 5,40 м кв.
2. Рассчитываем среднюю площадь сечения дерева, разделив «итого Σg » на число деревьев: $5,40 / 204 = 0,0265$ м кв.
3. Определяем диаметр этого сечения: $\sqrt{0,0265 / 0,785} = 0,207$ м

Еще раз повторим, что данный таксационный показатель сокращенно называют «средним диаметром». Его полное название - «диаметр дерева со средней площадью поперечного сечения». Если же мы попробуем глазомерно (или даже расчетным путем) определить $D_{ср}$ как простой средний арифметический показатель из перечета по диаметрам, то получим $D_{ср} \approx 16$ см (диаметр модального класса № 4 с наибольшей частотой) и это будет весьма существенная ошибка – сдвиг почти на 20% ! (рис. 8).

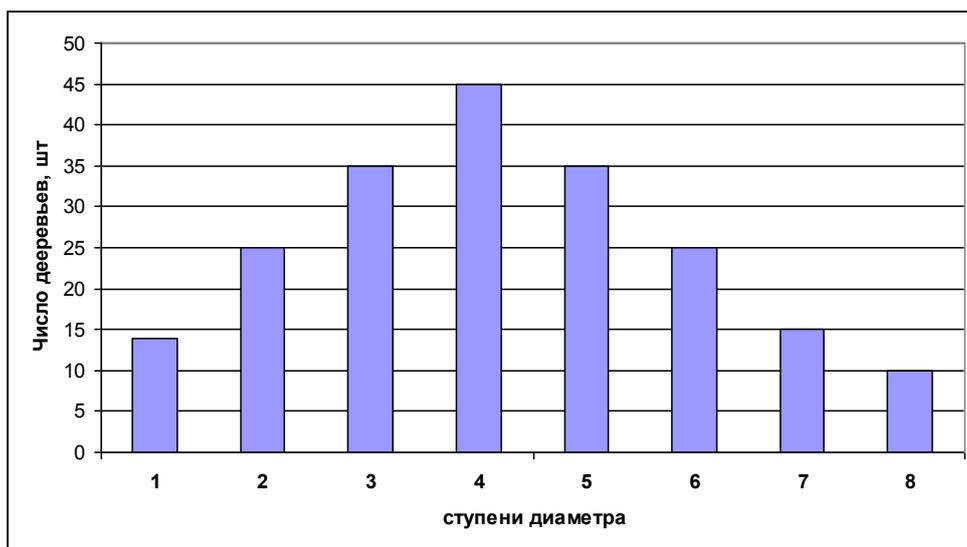


Рис. 8 – Распределение деревьев по ступеням диаметра в древостое

Поэтому при глазомерном определении D_{cp} «по трем деревьям» (есть такой способ в глазомерно-измерительной таксации) нужно всегда помнить об этом сдвиге.

D_{cp} – весьма важный показатель качества древесины как промышленного ресурса. Он определяет ее стоимость через количество мелкой, средней и крупной деловой древесины по специальным *Товарным таблицам*, составленным для каждой породы и для всех зон нашей страны. Чем больше средний диаметр, тем больше крупных сортиментов будет получено. В таксации D_{cp} допустима ошибка не более 1 ступени диаметра при его определении глазомерным способом, то есть около $\pm 10-15\%$.

Средняя высота деревьев в древостое

Среднюю высоту деревьев (H_{cp}) определяют несколькими способами. Наиболее точный – это выполнение работ по перечету, расчет Σg , D_{cp} и поиск деревьев со средней площадью сечения (средних деревьев древостоя), о которых говорилось выше, а затем измерение высоты у 3-5 таких деревьев и расчет по ним среднего значения высоты.

Вторым по точности является способ определения средней высоты также по 3-5 деревьям, но средние деревья особенно не ищут, а берут деревья из модальных ступеней (ступеней с наибольшей частотой). При этом Σg и D_{cp} может быть определено глазомерно; такой способ применяют для определения класса бонитета.

Третий способ нужен для точного определения запаса на ПП. Для этого измеряют высоты у 15-20 деревьев всех ступеней толщины, их диаметры и строят диаграмму зависимости H от D , называемую часто «график высот» (рис. 9)

На этом графике с линии тренда снимают высоты с точностью 0,1 м и проставляют их в специальную графу для каждой ступени толщины. С применением подобных графиков построены специальные Массовые таблицы объемов стволов по разрядам высот. Линии там идут как серия кривых, а сама линия дана как столбец в таблице объемов.

У нас средний диаметр определен и равен 20,7 см. Находим на оси абсцисс рисунка 9 это значение, восстанавливаем перпендикуляр до линии тренда, затем от нее проводим горизонтальную линию и находим значение 12,9 м. Это и будет наиболее точное значение средней высоты деревьев в древостое ($H_{cp} = 12,9$ м).

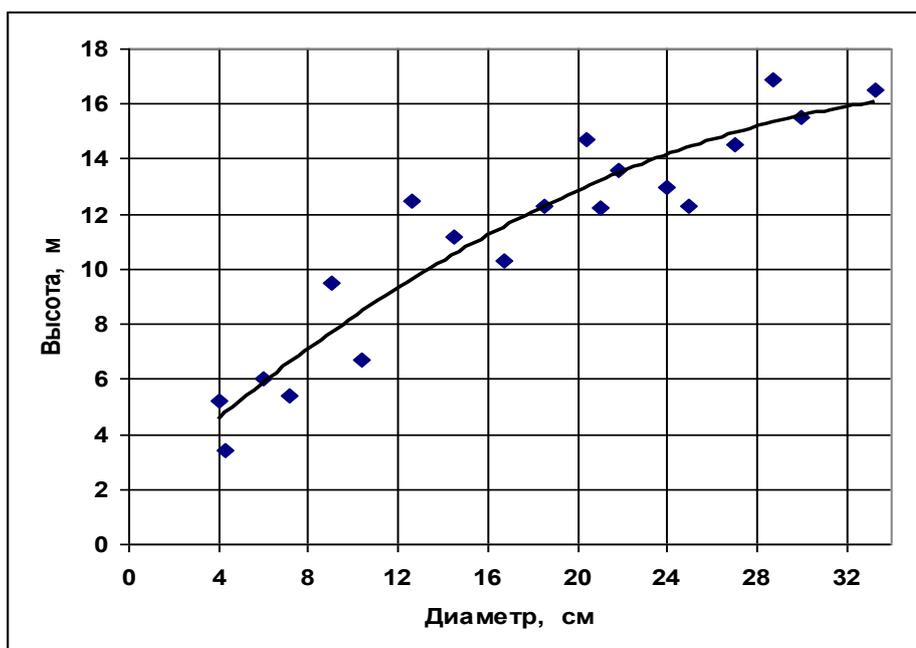


Рис. 9 – Зависимость высоты деревьев от их диаметра (график высот)

Запас древостоя

С линии тренда на графике высот (см. рис. 9) можно снять точную высоту для каждой ступени толщины и определить объем 1 ствола (а далее и всех стволов в ступени) по специальным таблицам (таблицы объемов стволов по разрядам высот), в которых объемы стволов даны по разрядам (градациям) высот. Их бывает от 5 до 8. Первый разряд – самые высокие, пятый – самые низкие.

Разряд высоты для таблицы определяют по полученным на пробе Дср и Нср; причем если получен *график высот* и с линии тренда сняты высоты для ступеней, то разряды могут быть разными для тонких и толстых ступеней и нужно использовать 2-3 таблицы. Таблицы эти составлены с использованием вышеприведенных формул 3 и 4 и если при исследованиях запаса древостоев есть возможность срубить модели для каждой ступени (примерно 5-7 шт.), измерять у них диаметры на $\frac{1}{2} H$, получить q_2 и затем рассчитать по формуле 4 видовой число f , то такой способ получения объема 1 ствола для каждой ступени будет гораздо более точен, чем по таблицам.

Можно использовать как таблицы, так и формулы 3 и 4, рассчитывая по ним объемы стволов для соответствующих ступеней толщины.

Относительная полнота

Понятие о *полноте* – центральное понятие в лесной таксации и лесоведении. Выше мы рассмотрели абсолютную полноту (G). Почему этот показатель так назвали? Дело в том, что термин этот пришел в 19 веке из Германии, и по смыслу он означает «заполненность пространства». И если все пространство будет заполнено деревьями, то такое значение G можно принять за 100% (или за 1,0).

В молодняках относительная полнота (далее просто полнота) определяется по горизонтальной сомкнутости полога. Так, если нет просветов между кронами – полнота 1,0; просветы занимают 20% – полнота 0,8; просветы занимают 30% – полнота 0,7 и т.д. Но когда деревья достигают значительной высоты, то начинают раскачиваться, кроны трутся друг о друга, между ними появляются зазоры и сомкнутость полога уже не годится для этого. Поэтому стали использовать другой подход по легко определяемому показателю – диаметру дерева, а через него по абсолютной полноте (G) стали находить

максимально заполненные стволами древостой, которые и принимали за стандарт. Такие древостой получили название *полных*.

В нашей стране более полувека в разных регионах искали такие полные древостой у разных пород в возрасте от 30 до 140 лет. В результате было составлено множество *местных стандартных таблиц* запасов и площадей сечения стволов. Следует особо отметить, что входом в эти таблицы является не возраст (как это можно было бы ожидать из развития насаждений), а достигнутая древостоем средняя высота.

В Пермском крае при лесоустройстве с 1977 г. применяются таблицы Г.С.Разина (табл. 4). Сравнивая полученные данные по полноте с ее стандартными значениями, получают значение относительной полноты. Так, в нашем примере средняя высота равна 12,9 м. Для входа в таблицу определяем высоту господствующих деревьев, к которым относятся деревья 1-3 класса Крафта и которая оказывается выше средней высоты примерно на 7-10 %: $H_{госп} = 1,1 \times H_{ср} = 1,1 \times 12,9 \approx 14,0$ м. Стандарт полноты для него равен 30 м^2 . У нас – $27,0 \text{ м}^2$, откуда относительная полнота равна $27/30 = 0,90$.

Это означает, что пространство заполнено деревьями не до конца и еще есть 10% «свободных мест». Однако в этом заключении (а таксация в буквальном смысле слова обозначает оценку) содержится неопределенность относительно цели выращивания. Так, если лес пора рубить – то мы недобрали 10% полноты и запаса. Но если лес выращиваем далее, то он быстро заполнит кронами пустые места и густота его уже сейчас может быть излишней. В этом и заключается основная цель выращивания леса для промышленных рубок – подвести древостой к полноте 1,0 к возрасту его рубки.

В нашем примере древостой не достиг еще хозяйственной спелости, средний диаметр мал и нужно еще лет 20-30 для его развития. Поэтому полноту следует понизить, удаляя отставшие в росте деревья и давая тем самым возможность лучшего развития деревьям-лидерам. С этой целью для нашего древостоя нужны рубки ухода, которые для данного возраста (40-60 лет) получили название «прореживания»

Рубки ухода

В отношении рубок ухода имеется их классификация, разработанная еще в начале 20 века и сохранившая свои основные черты. По отношению к возрасту насаждений они преследуют разные цели и могут быть представлены в следующих четырех основных видах.

Осветления проводят в молодняках 1 класса возраста (у хвойных и твердолиственных пород до 20 лет, у мягколиственных до 10 лет) с целью освобождения главной (целевой) породы от заглушения породами второстепенными. Например, в лесной зоне молодняки ели и сосны (целевые породы) на вырубках оказываются под пологом березы, осины, ивы, ольхи из-за более быстрого роста их в молодые годы и крайне нуждаются в таком мероприятии.

Таблица 5 – Стандартная таблица запасов для равнинных лесов Пермской области
Сумма площадей сечения (Σg), $\text{м}^2/\text{га}$ и запасы (M), $\text{м}^3/\text{га}$ (по Разину, 1977)
(Основные положения по организации и ведению лесного хозяйства в Пермской области, В/О Леспроект, Пермская экспедиция, Пермь, 1977)

Высота господ. части*, м	Ель, пихта		Сосна, Лиственница		Береза, Ольха черная		Осина, Ольха серая, Тополь		Липа	
	Σg	M	Σg	M	Σg	M	Σg	M	Σg	M
1	2	10	2	10	1	10	2	10	2	10
2	4	15	4	15	4	15	4	15	4	15
3	8	20	8	20	7	20	7	20	8	20

4	12	40	12	40	11	30	11	30	12	40
5	15	50	15	50	14	40	14	50	15	50
6	18	70	18	70	15	50	16	60	17	60
7	19	80	19	80	17	60	17	70	19	80
8	21	90	21	90	19	80	19	90	21	90
9	22	110	22	110	20	90	20	100	23	110
10	24	130	24	120	22	110	22	120	24	120
11	26	140	25	140	23	120	23	130	26	140
12	27	160	27	160	25	140	25	150	28	160
13	29	180	28	180	26	160	26	170	29	180
14	30	200	30	200	27	180	27	190	31	200
15	32	230	31	230	28	190	29	210	33	230
16	34	250	33	250	29	210	30	230	34	250
17	35	280	34	270	30	230	31	250	36	280
18	37	300	36	300	31	250	32	280	38	310
19	38	330	37	320	32	270	33	300	40	340
20	40	360	39	360	33	290	35	330	41	360
21	41	390	40	390	34	310	35	350	43	400
22	42,4	410	41	420	34	330	36	370	45	430
23	43,7	440	42	440	35	350	37	400	46	460
24	45	470	43	470	36	360	38	420	47	490
25	46	500	44	500	36	380	39	450	48	520
26	47	530	44,6	520	37	400	40	470	48	530
27	48	560	45	550	37	420	40	490	49	560
28	48,8	590	45,6	570	37	440	41	520	49	580
29	49,5	610	46	590	37	450	41	540	50	610
30	50	640	46,3	610	38	470	41	560	50	640
31			46,5	628						
32			46,8	643						
33			47	660						
34			47,2	677						
35			47,5	692						

* - высота господствующей части примерно на 7-10% больше средней высоты

Прочистки проводят в молодняках 2 класса возраста (у хвойных и твердолиственных пород от 20 до 40 лет, у мягколиственных от 10 до 20 лет) с целью регулирования густоты главной породы при полноте 0,8 и более и регулирования состава пород, а также повторного удаления появившейся поросли второстепенных пород, появившейся после осветлений.

Прореживания проводят в средневозрастных насаждениях (у хвойных и твердолиственных пород от 41 года до 60 лет, у мягколиственных от 21 года до 30-40 лет) с целью регулирования густоты и состава при полноте 0,8 и более. Возможно получение мелкой и средней по крупности деловой древесины.

Прходные рубки проводят в приспевающих насаждениях (за 1 класс до возраста или с 61 года у хвойных пород и с 41 года у мягколиственных) с целью увеличения прироста остающихся деревьев к возрасту их главной рубки. Возможно получение деловой древесины в больших объемах.

Самостоятельная работа по таксации леса

Работа выполняется студентом по одному из 26 вариантов (помещены в приложении 1), исключая вариант 1, который рассмотрим в качестве примера.

Порядок выполнения работы (пункты 1-8).

Рассчитать и заполнить в таблице:

1. Видовое число по формуле Шустова (формула 3).
2. Объем 1 ствола по формуле 4.
3. Объемы всех деревьев в ступенях толщины.
4. Запас древесины живых и сухих стволов на пробной площади и на 1 га.

Таблица 6 – Определение объемов стволов и запаса древостоя. Вариант 1

Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q_2	Видовое число	Объем 1 ствола, м ³		Объем всех деревьев ступени, м ³	
	живых	сухих				по справочнику	по формуле 4	живых	сухих
0,04	14	30	4,6	0,56	0,740		0,004	0,056	0,12
0,08	23	14	7,1	0,52			0,021	0,483	0,29
0,12	35	6	9,3	0,503			0,055	1,925	0,33
0,16	46		11,2	0,498			0,109	5,014	
0,2	37		12,9	0,493			0,186	6,882	
0,24	25		14,2	0,481			0,283	7,075	
0,28	15		15,3	0,47			0,402	6,03	
0,32	10		15,9	0,47	0,421		0,538	5,38	
Итого на пп 0,20 га	205	50						32,85	0,74
На 1 га	1025	250						164,3	3,7

5. Ниже заполненной таблицы 6 объяснить словами и записать порядок расчета:
 - среднего арифметического диаметра;
 - среднего квадратического диаметра (диаметра среднего дерева древостоя);
 - объема среднего дерева, разделив запас живых деревьев на их количество;
 - объема дерева по формуле 1, используя в ней диаметр на пне, который на 10% больше D_{cp} , рассчитанного по данным таблицы;
 - объема дерева по формуле 2, определяя для нее $D^{1/2}H$, путем использования сбегса ствола q_2 для средних ступеней из таблицы, ориентируясь на $1/2$ часть высоты, снятой с линии тренда по среднеквадратичному диаметру.

6. Сравнить полученные значения и заполнить итоговую таблицу 7 с определением отклонений (ошибок) показателей при разных способах их определения.

Таблица 7 – Ошибки таксационных показателей при их определении разными способами (точными, глазомерно-измерительными, по формулам) и расчет показателей для рубок ухода

Таксационный показатель	Обозначение	Ответ	Правильность ответа
1. Средний диаметр среднеарифметический (до 0,1 см)	Дср арф.		
2. Средний диаметр среднеквадратический	Дср		
3. Отклонение Дср арф. от Дср, %	ошибка Д		
4. Средняя высота, при расчете по трем деревьям примерно среднего размера (до 0,1 м)	Нср по 3дер.		
5. Средняя высота, снятая с линии тренда по Дср	Нср		
6. Отклонение Нср по 3дер. от Нср, %	ошибка Н		
7. Запас живых деревьев по данным перечета, м ³ /га	М		
8. Объем среднего дерева () при делении запаса живых деревьев на их число (точный объем), до 0,01 м ³	Vср		
9. Объем среднего дерева по формуле 1	V ₁		
10. Объем среднего дерева по формуле 2	V ₂		
11. Отклонение V ₁ от Vср, %	Ошибка V ₁		
12. Отклонение V ₂ от Vср, %	Ошибка V ₂		
13. Относительная полнота			
Рубки ухода			
14. Оптимальная густота по формуле Разина, шт./га	N _{онт}		
15. Удаляемое (лишнее) количество деревьев, шт./га			
16. То же, в % от числа деревьев на 1 га на пробной площади			
17. Максимальный вырубаемый (отпускной) диаметр, см	Д _{отп}		
18. Размер пользования древесиной при рубках ухода, м ³ /га	М _{отп}		
19. Интенсивность рубок ухода, %	% рубки		

7. Рассчитать оптимальную густоту (*Nonm*) для выращивания древостоя по формуле Г.С.Разина (Способ формирования одноярусных древостоев. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU 1464970 A01. 15.03.1989. Бюл. №10):

$$N_{онт} = \frac{10000}{H_{зосн} \times (0,396 - 0,377 \times K + 0,569 \times K^2)}, \quad (5)$$

где K – сбег ствола равный $K = D_{ср}, \text{ см} / H_{ср}, \text{ м}$;

$H_{зосн}$ – средняя высота господствующих деревьев 1-2 класса Крафта (примерно 110% от средней высоты, м);

8. После расчета $N_{онт}$ можно определить, сколько же «лишних» деревьев в этом древостое, для чего из своего варианта задания из таблицы возьмем число живых деревьев на 1 га и вычтем из него $N_{онт}$.

Далее в своей таблице в графе «число живых деревьев» суммируем их частоты, начиная с самых тонких ступеней, пока не наберем «лишние» деревья. После этого определяем примерный (до 1 см) максимальный диаметр удаляемых деревьев, толще которого деревья остаются, обеспечивая оптимальную густоту, а тоньше вырубаются.

Затем рассчитываем запас их древесины по ступеням, затем в целом на пробе и на 1 га. Прибавив к их запасу объем сухих деревьев, получим общий вырубаемый запас древесины, который называется размером пользования древесиной при рубках ухода.

Наконец, определяют интенсивность рубок ухода, разделив *размер пользования древесиной* на запас живых деревьев на 1 га и выразив полученное отношение в %.

При выполнении самостоятельной работы следует все проделанные операции описать, то есть показать порядок расчета таксационных показателей в соответствии с заданием, а так же показать порядок расчета пользования древесиной при рубках ухода за лесом. Для более ясного представления о порядке работ каждую операцию можно записать как команду, в одной строке, и ее последующее выполнение.

Работа принимается в электронном виде с названием файла по варианту и фамилии студента, например: «таксация 11 Иванов», в формате MS-Word 97-2003*.doc (версия MS-Word 2007*.doc не принимается).

Определение запаса древостоев при таксации

На практике запас растущей стволовой древесины на 1 гектаре определяют проще и несколько иначе, чем определили мы по данным перечета в самостоятельной работе. Запас определяется отдельно по породам по таблицам или по следующим формулам:

$$M = G \times H \times F \quad (6),$$

где G - среднее значение суммы площадей сечения стволов на 1 га по данным нескольких измерений на круговых площадках (абсолютная полнота), m^2 ;

H - средневзвешенная (по коэффициентам состава) высота деревьев, м;

F - среднее видовое число, значение которого вычисляется по таблицам.

Рассчитаем по таблице из своего задания среднее F , а затем и запас по формуле 6 для сравнения результата и получим: $M = 27 \times 13 \times 0,46 = 161 \text{ м}^3$ – что почти совпадает с итогом таблицы (164 м^3)

Используют и другие простые формулы, для которых не нужно искать по таблицам F - среднее видовое число. Так, для сосны, лиственницы, березы, осины, ольхи серой, липы, дуба запас определяют по формуле:

$$M = 0,4 \times G \times (H+3) \quad (7).$$

Для остальных древесных пород – ели, пихты, кедра –

$$M = 0,44 \times G \times (H+3) \quad (8).$$

Для нашего случая, пользуясь данными таблицы 3, где $G = 27,0 \text{ м}^2$ и таблицы из самостоятельной работы, где $H_{\text{ср}} = 13 \text{ м}$, получаем запас $M = 0,4 \times 27 \times (13+3) = 172 \text{ м}^3$, что на 8 куб. м выше, чем при перечете деревьев.

Как видим, при всех способах, включающих измерения, главные переменные величины это абсолютная полнота G и средняя высота, которые меняются в зависимости от самых разных факторов: возраста, породы, густоты, влажности и богатства почвы.

Точность определения запаса регламентируют *способы таксации*, которых Лесостроительной инструкцией (2008 г.) допускается четыре:

- 1) глазомерный,
- 2) глазомерно-измерительный,
- 3) дешифровочный,
- 4) актуализации.

Глазомерный способ заключается в определении таксационных показателей глазомерно (визуально) с использованием элементов измерительной таксации.

Для обеспечения нормативной точности в *пунктах таксации* (места остановок в типичных местах насаждения) могут производиться 1 - 2 замера G с измерением высоты и диаметра средних деревьев.

Таксация лесотаксационных выделов глазомерным способом осуществляется с просек, визиров и других ходовых линий (дорог, трасс ЛЭП, трасс трубопроводов и т.д.), которые пересекают выделы и к которым они примыкают. Общая таксационная характеристика выдела составляется после завершения его полного осмотра с учетом анализа фотоизображения на аэрофото- или космоснимке.

Вопрос о разделении предварительно оконтуренного на аэрофотоснимке выдела на два и более или объединении выделов с близкими характеристиками решается после завершения таксации этих выделов или всего лесного квартала.

Количество пунктов глазомерной таксации лесов, схема размещения и количество круговых *реласкопических* или пересчетных площадок постоянного радиуса (мы познакомимся с ними на полевой практике) должны быть заранее спланированы на основе дешифрирования снимков. По снимкам определяют степень однородности или неоднородности насаждения на выделе, приуроченность к элементам рельефа, группу возраста и группу полноты. Исходя из этих данных, а также из приближенно определенной или взятой по данным прошлого лесоустройства площади таксационного выдела, определяют количество и размещение пунктов таксации.

Таксационная характеристика выдела дается на основе средних показателей, вычисленных по данным всех пунктов таксации выдела.

Лесотаксационным выделом называется часть площади лесного квартала с однородными характеристиками территорий земель, которые подразделяют на 2 вида: нелесные и лесные земли.

Нелесные земли – воды, болота, пески, просеки, ЛЭП, дороги, ЛЭП, трассы газопровода, сенокосы, пашни – т. е. места, где лес не растет или не будет выращиваться.

Лесные земли подразделяют на:

- земли, покрытые лесной растительностью (т.е. собственно леса - лесные насаждения различного состава, возраста, полноты и т.д.);
- земли, непокрытые лесной растительностью - вырубки, гари, погибшие насаждения – т.е. места, где лес временно отсутствует, но будет выращиваться.

Понятие о насаждении и его таксационных показателях

Для описания насаждений в *таксационных описаниях* в сжатой форме используют 14 основных таксационных показателей:

1. Происхождение насаждения
2. Форма насаждения
3. Состав
4. Возраст
5. Средний диаметр
6. Средняя высота
7. Класс бонитета
8. Относительная полнота
9. Запас
10. Товарность
11. Подрост
12. Подлесок и напочвенный покров
13. Тип леса
14. Тип условий местопроизрастания

Некоторые из этих показателей (5, 6, 7, 8, 9) мы уже изучили, рассмотрим оставшиеся.

1. Происхождение насаждения

Древостои в насаждении подразделяют на естественные и искусственные (лесные культуры), семенного и порослевого происхождения.

Культуры разделяют еще на сомкнувшиеся (земли, покрытые лесом, т. е. лес) и несомкнувшиеся (земли, пока непокрытые лесом).

Порослевые древостои (липа, осина, ива, ольха серая, дуб, иногда береза) быстро растут в первые 10-20 лет, затем растут медленно и недолговечны. Семенные древостои растут медленнее в молодые годы, но затем обгоняют порослевые и более долговечны.

2. Форма насаждений

Древостои могут состоять из нескольких возрастных поколений (напр. ельники Севера, сосняки ленточных боров Сибири), которые имеют 2 и даже 3 вертикальных яруса. Если имеется 2 яруса и более – насаждение сложное; в ярусах могут быть и разные породы. Но если разные породы в древостое одинаковы по средней высоте, то они образуют один ярус и насаждение простое.

3. Состав

Древостои могут состоять из нескольких пород и тогда определяют состав с указанием доли породы в запасе древостоя. Например, типичные горные леса северного Урала в заповеднике «Вишерский» имеют состав

7Е 3П +Б, ед. К

где 7 – доля ели в запасе в десятках процентов (70%);

3 – доля пихты (30%);

+ – доля березы менее единицы состава (примерно 2-5%);

ед. – доля кедра в запасе – единицы процентов (1-2%).

Состав пород определяют отдельно для 1-го и отдельно для 2-го яруса.

4. Возраст

Возраст указывают отдельно по породам, участвующим в составе до 10%, с точностью 5 лет до 100-летнего возраста и 10 лет - при возрасте более 100 лет. При колебаниях в возрасте отдельных деревьев не более 1 класса возраста (20 лет у хвойных) насаждение считают одновозрастным, при больших колебаниях – разновозрастным. Для точного определения применяют возрастную бурав или спиливают модели.

Таксационные показатели с № 5 по № 9 мы рассмотрели ранее

10. Товарность насаждений

Означает качество товара – древесины насаждения. Указывают для созревающих и спелых древостоев (табл. 8). Определяется по количеству (выходу) деловой древесины и указывается в формуле выдела на планшете (справа последняя цифра).

Таблица 8 – Деление древостоев на классы товарности

Класс товарности	Доля деловых деревьев, % от общего числа деревьев	
	Хвойные породы	Лиственные породы
1	91 и более	71 и более
2	71-90	46-70
3	70 и менее	45 и менее

11. Подрост

Молодое поколение древесных растений под пологом леса или на вырубках, способное сформировать древостой (из хозяйственно ценных пород). Принято, что его высота - не более 0,5 Н древостоя, а если выше – это уже ярус.

Для подроста указывают:

- состав в десятках %, например, 7Е 3П
- равномерный, неравномерный, групповой
- возраст, лет – градация по 5-летиям, напр. 25 лет, 40 лет
- средняя высота, м – через 0,5 м, напр. 0,5 м, 1,0 м,.. 2,5 м
- густота, шт/га. – градация через 0,5 тыс. шт.
- благонадежность, (% растений с острой кроной).

Подрост до 0,5 м успешно сохраняется при валке *на подкладочное дерево* летом, а высотой до 1,0 м – зимой, при наличии глубокого снегового покрова. При большей высоте сохранность его при рубке обеспечивают разработкой лесосеки узкими пасеками (лентами) валкой дерева вершиной на волок. При этом вытаскиваемое дерево подрост повреждает в малой степени, тогда как при трелевке за комель мощная крона дерева подрост ошмыгивает (на морозе сбивает хвою и мелкие веточки), после чего он отмирает.

Схема разработки лесосеки узкими лентами должна предусматривать провешивание и отметку в натуре, затем предварительную прорубку волоков с расстоянием между их центрами, равной 1,5 высоты древостоя.

Современные машины для заготовки леса повреждают летом до 80% площади лесосеки и до 50% зимой, с полным уничтожением подроста; поэтому применяют эти монстры в лесах без подроста.

12. Подлесок

Подлесок это кустарники и древесные породы, не способные образовать древостой (в данных условиях). Он затрудняет возобновление ценными породами, но способствует защите от водной эрозии. Для подлеска указывают:

- перечень видов, например: рябина, жимолость, липа, шиповник
- равномерность например: (равном.; неравном.; групповой)
- густоту, например: редкий, ср.густоты, густой.

13. Тип леса

Тип леса по акад. В.Н.Сукачеву определяют по преобладающей древесной породе (К, Л, С, Е, Б, Ос, Ол и др..) и по преобладающему растению в подлеске или напочвенном покрове (по растениям-индикаторам). Например, в сосняках это может быть липа (Слп) лишайники (Слш), зеленые мхи (короткостебельные) (Сзм), черника (Сч), брусника (Сбр), кислица (Ск), папоротники (Епап), «долгие» мхи (Сдм), багульник (Сбг), мхи-сфагнумы (Ссф).

Но иногда встречается и такая запись в таксационном описании: Елог. Это ельник логовой – лес по переувлажненной долине ручья, и тип леса в нем близок типу леса Ельник таволговый (Етлг).

Напочвенный покров бывает мертвый (только лесная подстилка в сомкнутых молодняках) и живой. Живой представлен мохово-лишайниковой, травянистой и полукустарниковой растительностью.

Различают коренные типы леса (как правило, это хвойные типы леса) и производные (временные после рубок, пожаров, когда лиственные породы появляются на месте хвойных лесов).

Иногда трудно выявить такие растения, так как напочвенного покрова нет, либо он сильно изменен и поэтому обязательно записывают еще и тип условий местопроизрастания (ТУМ).

14. Типы условий местопроизрастания

Типы условий местопроизрастания (ТУМ) приняты по классификации П.С.Погребняка. В ее основе лежат два фактора: богатство (4 градации) и влажность почвы (6 градаций). Теоретически возможны 24 сочетания, определяющих типы условий для роста леса, но реально их меньше (табл. 9):

Таблица 9 – Типы условий местопроизрастания (ТУМ) по П.С.Погребняку

Влажность почвы	Индекс влажности	Богатство почвы, индекс			
		Бедные (боры)	Относит. бедные (субори)	Богатые (сложные субори)	Очень богатые (дубравы)
		А	В	С	Д
Очень сухие	1	А1	В1	-	-
Сухие	2	А2	В2	С2	Д2
Свежие	3	А3	В3	С3	Д3
Влажные	4	А4	В4	С4	Д4
Сырые	5	А5	В5	С5	Д5
Мокрые (болота)	6	А6	В6	С6	-

В прошлом леса подразделяли на своеобразные комплексы древостоев и почвы: сосновый лес на песчаной почве назывался «бор», сосново-еловый лес на супесчаной

почве – «суборь», еловый лес на суглинке – «рамень», а черноземы в лесостепи занимали дубовые леса – «дубравы».

Таксация древесного прироста

Прирост – это увеличение размеров дерева (прирост дерева) или запасов насаждения (прирост насаждения). Различают средний и текущий приросты.

Средний прирост (Z_{cp}) определяют как частное от деления такс. показ. на возраст. Например, высота сосны 37 м, возраст 100 лет и прирост составит $37/100 = 0,37$ м. Однако в первой половине жизни дерева прирост выше, а к старости он падает. Важно знать, какой же он оказался, например, за последние 5 или 10 лет, или в какой-либо период, или по десятилетиям в течение всей жизни. Такой прирост называют «текущим» и обозначают без индекса буквой Z . Иногда, в случае ослабления древостоя, его определяют и за 1-2 последних года.

Отложение годовых колец (прирост по D) может быть одинаковым каждый год, однако при этом прирост по площади сечения увеличивается (так как увеличивается диаметр), возрастает и прирост по объему ствола. С другой стороны, одинаковый ежегодный прирост по объему ствола будет при некотором, почти незаметном, уменьшении ширины годового кольца древесины. Поэтому сокращение к периферии ширины колец еще не значит падения прироста по объему ствола, которое, как сигнал неблагополучия, свидетельствовало бы об ослаблении дерева.

С возрастом наступает момент, когда прирост всех живых деревьев (Z по запасу) становится меньше объема отмирающих деревьев (объема отпада) и запас насаждения начинает уменьшаться. Если отпад выбирают рубками ухода всю жизнь древостоя, то к возрасту главной рубки используют только наличный запас древостоя, который при лесопатологическом обследовании определяют как запас живых деревьев.

Производительность насаждения в куб. м. древесины будет определяться суммой: наличный запас + запас отпада (за все время жизни древостоя).

Спелость леса, группы возраста

Для леса как биосистемы спелость леса (СЛ) бывает 2 видов:

1. Естественная
2. Возобновительная

Естественная СЛ характеризует тот возраст, в котором наступает отмирание насаждения. В насаждении начинают усыхать вершины у многих деревьев и отпад стволов становится больше объема прироста древесины за 1 год.

Возобновительная СЛ наступает в возрасте, в котором в насаждении обеспечивается естественное (семенное или порослевое) возобновление.

СЛ по отношению к потребностям человека рассматривается как спелость ресурсов (готовность их к потреблению), удовлетворяющих потребителя и наступает в том возрасте, при котором достигается получение их наибольшего кол-ва и наилучшее качество. Ресурсом могут быть древесина и недревесные ресурсы.

В прошлом под СЛ понималась готовность большинства древесных стволов быть использованными для строительства.

В настоящее время различают:

1. Количественную СЛ, когда общий средний прирост древесины максимален. Для сосны в южных районах это возраст примерно 65 лет, в северных – 70-80 лет, для ели и пихты 80-90 лет, для березы 50-70 лет.

2. Техническую СЛ устанавливают по максимальному среднему приросту не всей древесины, а только по приросту целевых сортиметов: балансов, пиловочника, фанерного кряжа.

3. Хозяйственную СЛ определяет максимум стоимости древесины на корню. Стоимость определяют подсчетом стоимости получаемых сортиментов: крупной, средней и мелкой древесины, фанерного кряжа, рудничной стойки, дров и др. видов древесных ресурсов.

При повышении класса бонитета возраст по всем видам спелости леса снижается.

Возраст рубки

Возраст рубки (ВР) – возраст, начиная с которого древостой может быть назначен, как говорили раньше, в рубку «главного пользования» (в сплошную рубку).

В эксплуатационных лесах ВР зависит от скорости роста древостоев (класса бонитета) и размеров выращиваемых сортиментов.

В защитных лесах ВР определяется предельным возрастом, после которого древостои уже перестают выполнять водоохранные, санитарно-гигиенические, защитные и другие функции. Этот возраст совпадает с возрастом естественной СЛ. Для предотвращения ухудшения санитарного состояния леса и массового усыхания деревьев возраст рубки в защитных лесах назначают на 10-20 лет раньше среднего возраста их естественной спелости.

Возраст рубки устанавливается по лесным районам России, для каждой хозяйственной секции (сосновой, еловой, березовой, осиновой и т. д.), в соответствии с приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 19.02.08 № 37, отдельно для эксплуатационных и защитных лесов, в зависимости от их категории, классов бонитета и пород.

Литература

- Веверис А. Л. Некоторые аспекты селекции ели // Лесоведение, 1983, №6.
- Верхунов П.М., Черных В.Л. Таксация леса. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. - 395 с.
- Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче ТСХА за 1862-1962 годы. М.: Минсельхоз СССР, МСХА им. К.А.Тимирязева, 1964. 562 с.
- Куншуаков В.Х. Перегруппировка деревьев по высоте в сосновых молодняках// Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. Алма-Ата, 1983, № 10, с 28-32.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1972. 216 с.
- Маслаков Е.Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесная пром-сть, 1984. - 168 с.
- Молотков П.И., Патлай И.Н., Давыдова Н.И., Щепотьев Ф.Л., Ирошников А.И., Мосин В.И., Пирагс Д.М., Милютин Л.И. Селекция лесных пород. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 224 с.
- Основные положения организации и развития лесного хозяйства в Пермской области /Поволжское лесоустроительное предприятие. Пермь: Пермская экспедиция, 1977.– 524 с.
- Паутов Ю. А. Состояние, рост и особенности форматирования культур сосны в Коми АССР: Автореф. дисс... канд. с/х наук. ЛТА, Л., 1984.
- Разин Г.С. О бонитетных шкалах и ходе роста древостоев// Сборник трудов № 58. Выпуск 3. Поволжский ЛТИ им. М.Горького. Йошкар-Ола, Марийское книжное издательство, 1967. С.101-105.
- Разин Г.С. Способ формирования одноярусных древостоев. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU 1464970 A01. 15.03.1989. Бюл. №10

- Разин Г.С., Рогозин М.В. О законах и закономерностях роста и развития, жизни и отмирания древостоев // Лесное хозяйство, 2010, № 2. С. 19-20.
- Рогозин М.В., Разин Г.С. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели. Пермь: Перм. гос. ун-т. 2011. - 192 с.
- Ромедер Э., Шенбах Г. Генетика и селекция лесных пород: Пер. с нем. М., 1962.- 268 с.
- Рогозин М.В. Ранняя диагностика быстроты роста сосны обыкновенной в культурах // Лесоведение, 1983, № 2, с. 66-72.
- Свалов Н.Н. Прогнозирование роста древостоев//Лесоведение и лесоводство. Том 2. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1978. С. 110-197.
- Сеннов С. Н. Лесоведение и лесоводство : учеб. для студентов вузов/ С. Н. Сеннов. –С.-Пб.: Лань, 2011. - 336 с.
- Сретенский В.А. Основы лесоведения. Пермь, ПГУ, 2007 г. – 114 с.
- Третьяков Н.В. Методика составления таблиц и проверка существующих// Сборник трудов ЦНИИЛХ. М., Гослестехиздат, 1937. С. 4-44.
- Шеверножук Р.Г. Ранняя диагностика в лесной селекции. Воронеж, 1980. – 52 с. Рукопись депонирована в ЦБНТИлесхоз 8.12.1980, № 60 лд.
- Хлюстов В.К. Лесное хозяйство России: инновационные технологии по комплексной оценке лесных ресурсов // Лесное хозяйство, 2011. № 5. С.19-20.
- Эйтинген Г.Р. Избранные труды. М., 1962. - 500 с.
- Szymanski S. Wplyw jakosci sadzonek sosnowych na wzrost I roznicowanie sie drzewostanu. Pr. Komis. nauk rob. i kom. nauk les. PTPN, 1979, №48.

Приложение

Варианты самостоятельной работы. Размер пробной площади – 0,20 га

Вариант 2					Вариант 3				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	14	30	4,6	0,56	0,04	14	30	4,6	0,56
0,08	23	15	7,1	0,52	0,08	23	16	7,1	0,52
0,12	35	6	9,3	0,503	0,12	35	6	9,3	0,503
0,16	49		11,2	0,498	0,16	50		11,2	0,498
0,2	37		12,9	0,493	0,2	38		12,9	0,493
0,24	27		14,2	0,481	0,24	28		14,2	0,481
0,28	15		15,3	0,47	0,28	15		15,3	0,47
0,32	10		15,9	0,47	0,32	10		15,9	0,47
Вариант 4					Вариант 5				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	14	34	4,6	0,56	0,04	19	30	4,6	0,56
0,08	29	14	7,1	0,52	0,08	30	14	7,1	0,52
0,12	38	7	9,3	0,503	0,12	35	6	9,3	0,503
0,16	47		11,2	0,498	0,16	48		11,2	0,498
0,2	39		12,9	0,493	0,2	40		12,9	0,493
0,24	26		14,2	0,481	0,24	27		14,2	0,481
0,28	15		15,3	0,47	0,28	15		15,3	0,47
0,32	10		15,9	0,47	0,32	10		15,9	0,47
Вариант 6					Вариант 7				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	22	30	4,6	0,56	0,04	15	32	4,6	0,56
0,08	31	14	7,1	0,52	0,08	23	15	7,1	0,52
0,12	37	6	9,3	0,503	0,12	36	6	9,3	0,503
0,16	51		11,2	0,498	0,16	49		11,2	0,498
0,2	41		12,9	0,493	0,2	38		12,9	0,493
0,24	28		14,2	0,481	0,24	27		14,2	0,481
0,28	16		15,3	0,47	0,28	13		15,3	0,47
0,32	9		15,9	0,47	0,32	8		15,9	0,47
Вариант 8					Вариант 9				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кoeff. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	17	30	4,6	0,56	0,04	19	37	4,6	0,56
0,08	24	16	7,1	0,52	0,08	31	17	7,1	0,52
0,12	35	6	9,3	0,503	0,12	42	7	9,3	0,503
0,16	52		11,2	0,498	0,16	52		11,2	0,498
0,2	39		12,9	0,493	0,2	37		12,9	0,493
0,24	28		14,2	0,481	0,24	23		14,2	0,481
0,28	14		15,3	0,47	0,28	13		15,3	0,47
0,32	7		15,9	0,47	0,32	6		15,9	0,47

Вариант 10					Вариант 11				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	25	32	4,6	0,56	0,04	29	35	4,6	0,56
0,08	33	14	7,1	0,52	0,08	38	16	7,1	0,52
0,12	44	7	9,3	0,503	0,12	44	8	9,3	0,503
0,16	55		11,2	0,498	0,16	53		11,2	0,498
0,2	36		12,9	0,493	0,2	34		12,9	0,493
0,24	22		14,2	0,481	0,24	21		14,2	0,481
0,28	13		15,3	0,47	0,28	12		15,3	0,47
0,32	5		15,9	0,47	0,32	4		15,9	0,47

Вариант 12					Вариант 13				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	30	35	4,6	0,56	0,04	32	30	4,6	0,56
0,08	40	17	7,1	0,52	0,08	42	17	7,1	0,52
0,12	46	7	9,3	0,503	0,12	49	6	9,3	0,503
0,16	56		11,2	0,498	0,16	58		11,2	0,498
0,2	35		12,9	0,493	0,2	37		12,9	0,493
0,24	20		14,2	0,481	0,24	19		14,2	0,481
0,28	11		15,3	0,47	0,28	10		15,3	0,47
0,32	4		15,9	0,47	0,32	4		15,9	0,47

Вариант 14					Вариант 15				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	34	37	4,6	0,56	0,04	35	38	4,6	0,56
0,08	44	17	7,1	0,52	0,08	46	18	7,1	0,52
0,12	51	7	9,3	0,503	0,12	56	7	9,3	0,503
0,16	61		11,2	0,498	0,16	59	1	11,2	0,498
0,2	36		12,9	0,493	0,2	35		12,9	0,493
0,24	18		14,2	0,481	0,24	17		14,2	0,481
0,28	10		15,3	0,47	0,28	9		15,3	0,47
0,32	3		15,9	0,47	0,32	2		15,9	0,47

Вариант 16					Вариант 17				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Кэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	39	38	4,6	0,56	0,04	41	38	4,6	0,56
0,08	48	19	7,1	0,52	0,08	51	20	7,1	0,52
0,12	57	8	9,3	0,503	0,12	59	9	9,3	0,503
0,16	57	2	11,2	0,498	0,16	60	3	11,2	0,498
0,2	34		12,9	0,493	0,2	33		12,9	0,493
0,24	16		14,2	0,481	0,24	16		14,2	0,481
0,28	8		15,3	0,47	0,28	7		15,3	0,47
0,32	2		15,9	0,47	0,32	1		15,9	0,47

Вариант 18					Вариант 19				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	43	40	4,6	0,56	0,04	45	42	4,6	0,56
0,08	53	21	7,1	0,52	0,08	56	23	7,1	0,52
0,12	61	10	9,3	0,503	0,12	64	12	9,3	0,503
0,16	63	3	11,2	0,498	0,16	63	4	11,2	0,498
0,2	34		12,9	0,493	0,2	36	1	12,9	0,493
0,24	17		14,2	0,481	0,24	17		14,2	0,481
0,28	7		15,3	0,47	0,28	6		15,3	0,47
0,32	2		15,9	0,47	0,32	1		15,9	0,47

Вариант 20					Вариант 21				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	47	45	4,6	0,56	0,04	45	47	4,6	0,56
0,08	58	23	7,1	0,52	0,08	60	25	7,1	0,52
0,12	68	15	9,3	0,503	0,12	73	16	9,3	0,503
0,16	66	5	11,2	0,498	0,16	69	6	11,2	0,498
0,2	38	2	12,9	0,493	0,2	37	1	12,9	0,493
0,24	16		14,2	0,481	0,24	15		14,2	0,481
0,28	5		15,3	0,47	0,28	3		15,3	0,47
0,32	1		15,9	0,47	0,32	1		15,9	0,47

Вариант 22					Вариант 23				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	47	47	4,6	0,56	0,04	48	47	4,6	0,56
0,08	63	27	7,1	0,52	0,08	65	28	7,1	0,52
0,12	77	16	9,3	0,503	0,12	78	17	9,3	0,503
0,16	72	7	11,2	0,498	0,16	73	6	11,2	0,498
0,2	39	1	12,9	0,493	0,2	40	1	12,9	0,493
0,24	16		14,2	0,481	0,24	16		14,2	0,481
0,28	3		15,3	0,47	0,28	3		15,3	0,47
0,32	1		15,9	0,47	0,32	1		15,9	0,47

Вариант 24					Вариант 25				
Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2	Ступень диаметра, м	Число деревьев, шт.		Высота с линии тренда, м	Коэфф. формы ствола q2
	живых	су-хих				живых	су-хих		
0,04	55	48	4,6	0,56	0,04	51	49	4,6	0,56
0,08	66	28	7,1	0,52	0,08	67	30	7,1	0,52
0,12	80	18	9,3	0,503	0,12	82	18	9,3	0,503
0,16	76	6	11,2	0,498	0,16	76	7	11,2	0,498
0,2	41	2	12,9	0,493	0,2	40	1	12,9	0,493
0,24	15		14,2	0,481	0,24	14		14,2	0,481
0,28	2		15,3	0,47	0,28	1		15,3	0,47
0,32	1		15,9	0,47	0,32	1		15,9	0,47