

Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева

В.К. Хлюстов

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ
ДРЕВЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ:**

МОДЕЛИ - НОРМАТИВЫ - ТЕХНОЛОГИИ

Книга I

Москва 2015

УДК 630

ББК 43

X 62

Хлюстов В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели–нормативы–технологии. Книга I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 389 с., библиограф. назв. 93.

Рецензенты:

Гиряев М.Д. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоустройства и охраны леса Московского государственного университета леса, заслуженный лесовод РФ.

Алексеев А.С. – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем.

Монография представлена двумя книгами, посвящена рассмотрению вопросов комплексной оценки древесных лесных ресурсов на основе принципиально новых информационно-справочных систем экологических лесотаксационных нормативов. Системы позволяют по-новому представить возрастную динамику роста насаждений, обогатить теорию и внедрить в практику инвентаризации лесов новые понятия в виде текущей и прогностической актуализации таксационных показателей древостоев. Впервые предложен единый комплекс электронных нормативов роста, строения, товарной и биологической продуктивности, биоэнергетического потенциала чистых и смешанных древостоев разной полноты, густоты, дифференцировано по классам высот, типам леса и типам лесорастительных условий.

Практическое использование информационно-справочных систем направлено на решение управленческих задач при программировании устойчивого лесовосстановления и экологической оптимизации режима промежуточного и главного лесопользования в конкретных древостоях от стадии молодняка до возраста спелости. Предложены модели оптимизации и нормативы режима выборочных рубок от первого до последнего приема рубки. Нормативы позволяют контролировать параметры таксационных показателей как по растущей, так и по вырубаемой части древостоя.

Изложенные материалы будут полезны в качестве учебно-методических руководств при изучении учебных дисциплин: Информационные технологии в лесном хозяйстве, Системный анализ и моделирование лесных экосистем, Таксация леса, Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве, Управление биологическими и технологическими системами в лесном и лесопарковом хозяйстве.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
1. КОМПЛЕКСНОЕ РЕСУРСНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ФОНДА.....	12
1.1. Статистическое обоснование типичности ресурсно- экологических лесных районов Брянской области	19
1.2. Факторизация ресурсно-экологических показателей лесничеств.....	21
1.3. Кластеризация лесничеств в системе координат факторов.....	29
2. ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ НОРМАТИВОВ НА БОНИТЕТНОЙ ОСНОВЕ.....	36
2.1. Действующие нормативы для таксации древостоев	36
2.2. Предлагаемый комплекс взаимоувязанных нормативов для таксации древостоев	38
2.3. Моделирование возрастной динамики средних и верхних высот древостоев с разной энергией роста в высоту.....	42
2.3.1. Возрастная динамика средних высот древостоев с замедленной энергией роста.....	43
2.3.2. Возрастная динамика средних высот древостоев с умеренной энергией роста	44
2.3.3. Возрастная динамика средних высот древостоев с ускоренной энергией роста.....	45
2.3.4. Возрастной динамики средних высот древостоев с замедленной энергией роста.....	46
2.3.5. Взаимосвязь возрастной динамики роста древостоев по верхней и средней высоте	47
2.4. Моделирование возрастной динамики верхней высоты древостоев по классам высот	53
2.5. Моделирование возрастной динамики роста и продуктивности древостоев разной полноты и классов высот.....	54
2.5.1. Возрастная динамики средней высоты древостоев по классам высот.....	54
2.5.2. Возрастная динамика запаса древостоев разной полноты и классов высот	56
2.5.3. Возрастная динамика среднего диаметра древостоев разной полноты и классов высот.....	57
2.5.4. Возрастная динамика объема ствола среднего дерева и его полндревесности в древостоях разной полноты и классов высот.....	60
2.6. Возрастная динамика самоизреживания древостоев разной полноты и классов высот.....	64

2.6.1. Модели возрастной динамики самоизреживания древостоев разной полноты при разном среднем диаметре, средней высоте по классам высот	66
2.7. Моделирование возрастной динамики распределения таксационных показателей по толщине деревьев в древостоях разной полноты и класса высот	67
2.7.1. Новый метод определения частоты встречаемости деревьев по классам толщины	67
2.7.2. Возрастная динамика распределения числа деревьев по толщине в древостоях разных классов высот	74
2.7.3. Возрастная динамика распределения суммы площадей сечения по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот	81
2.7.4. Возрастная динамика распределения запаса по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот.....	83
2.7.5. Возрастная динамика объемов стволов в древостоях по классам высот.....	88
2.8. Моделирование возрастной динамики товарной продуктивности древостоев разной полноты и классов высот	91
2.8.1. Возрастная динамика выхода деловой древесины из объема древесного ствола	91
2.8.2. Возрастная динамика распределения запаса деловой древесины по толщине деревьев при разной полноте и классах высот древостоев.....	95
2.8.3. Возрастная динамика выхода крупной древесины из объема деловой древесины	97
2.8.4. Возрастная динамика распределения крупной древесины по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот.....	100
2.8.5. Возрастная динамика выхода средней и мелкой.....	101
2.8.6. Возрастная динамика распределения выхода средней и мелкой древесины из деловой древесины по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот.....	103
2.8.7. Возрастная динамика выхода дровяной древесины и отходов из объема древесного ствола по классам высот.....	105
2.8.8. Возрастная динамика распределения выхода дровяной древесины и отходов из запаса древостоев разной полноты и классов высот	107
2.8.9. Возрастная динамика категорий древесины из древостоев разных классов высот	109
2.8.10. Регрессии запаса деловой древесины сосновых древостоев разной полноты, средней высоты по классам высот	112

2.8.11. Регрессии запаса крупной древесины в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот	113
2.8.12. Регрессии запаса средней древесины в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот	114
2.8.13. Регрессии запаса мелкой древесины в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот	115
2.8.14. Регрессии запаса дровяной древесины и отходов из деловых стволов в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот	116
2.9. Нормативы хода роста, строения и товарной продуктивности древостоев разной полноты и классов высот.....	120
3. ЕДИНСТВО ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ, ТИПОВ ЛЕСА И УРОВНЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ.....	190
4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ И НОРМАТИВЫ ХОДА РОСТА ДРЕВОСТОЕВ НА ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ	198
4.1. Типы леса пихтовых насаждений Северного Кавказа	199
4.2. Лесотипологические модели возрастной динамики роста и продуктивности древостоев пихты кавказской по ярусам и типам леса.....	201
4.3. Структура типов леса и долевого участия пихты в составе древостоев.....	201
4.4. Возрастная динамика средней высоты по ярусам в древостоях разных типов леса	205
4.5. Возрастная динамика среднего диаметра древостоев пихты кавказской по ярусам, полноте и типам леса	208
4.6. Возрастная динамика запасаобразующих показателей древостоев разной полноты по ярусам и типам леса	211
4.7. Количественная спелость древостоев пихты кавказской	215
4.8. Типология буковых лесов Кавказского заповедника.....	216
4.9. Возрастная динамика средней высоты по ярусам в древостоях разных типов леса	220
4.10. Нормативы возрастной динамика роста и продуктивности элементов леса в сложных древостоях разной полноты по ярусам и типам леса	225
4.11. Экологическое обоснование возрастной динамики древостоев по типам роста	255
4.11.1. Влияние условий местообитания на изменение темпа роста таксационных показателей древостоев	261
4.11.2. Экологические основы дифференциации типовых кривых возрастной динамики роста древостоев.....	264

5. УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕМ.....	298
5.1. Программирование оптимального породного состава лесов будущего	299
5.2. Лесотипологические модели возрастной динамики текущего прироста лесных культур	306
5.3. Экологическая оптимизация породного состава лесных культур по типам лесорастительных условий	313
5.4. Обоснование ресурсосберегающей технологии лесовосстановления на вырубках	317
5.4.1. Рост культур сосны на этапе раннего возраста.....	317
5.4.2. Рост и развитие корневых систем культур сосны, созданных с обработкой и без обработки почвы.....	323
5.4.3. Возрастная динамика продуктивности культур сосны.	329
5.4.4. Конкуренция лесных культур с травянистой растительностью на этапе раннего возраста	333
5.4.5. Сохранность лесных культур, созданных посевом	341
5.4.6. Влияние травянистой растительности на рост и продуктивность культур сосны	345
5.4.7. Формирование корневых систем культур сосны, созданных по обработанной и необработанной почве.....	352
5.5. Экономическая оценка создания культур сосны разными методами	359
5.6. Лесотипологические закономерности роста и продуктивности лесных культур хвойных пород.....	362
5.6.2. Возрастная динамика средней высоты, среднего диаметра и продуктивности культур ели по типам леса	363
5.6.3. Возрастная динамика средней высоты, среднего диаметра и продуктивности культур сосны по типам леса.....	368
5.6.4. Рост культур ели в конкурентных отношениях с естественным возобновлением на вырубках.....	376
Библиография	382

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инвентаризация лесных ресурсов во всех странах мира осуществляется на основе зонального комплекса лесотаксационных нормативов. Среди них наибольшее признание и широкое использование получили таблицы хода роста, стандартные, сортиментные таблицы, таблицы распределения числа деревьев по ступеням толщины, товарные таблицы. Таблицы хода роста древостоев впервые были разработаны в середине XIX века А. Шваппахом [83, 84, 85] для лесов Германии, в России - А.Р. Варгасом де Бедемаром [3] для древостоев Самарской и Санкт-Петербургской губерний. Таблицы были построены по уровням продуктивности (Standortklasse), названным позднее в России классами бонитета. В 80-е годы прошлого столетия были завершены исследования по составлению зональных таблиц хода роста древостоев основных лесообразующих пород, произрастающих на территории бывших союзных республик.

Существующая теория хода роста древостоев по своему научному содержанию условна, так как отображает лишь усредненные кривые хода роста таксационных показателей совокупности максимально сомкнутых древостоев по классам бонитета. Наряду с общепониманной шкалой профессора М.М. Орлова появились региональные (местные) шкалы бонитета. Однако с позиций современного естествознания следует критически оценить отсутствие экологических основ при построении таблиц хода роста. При этом обязательно должно быть учтено логическое единство типов лесорастительных условий, типов леса и уровней продуктивности древостоев [60].

Более того, используемый в научном сообществе методический подход, основанный на уровнях продуктивности (бонитетах) древостоев по своей сути схематичный и не совсем удачный, так как только условия местообитания определяют возрастную тенденцию любого таксационного показателя каждого конкретного древостоя.

Общеизвестно, что в конкретном древостое с возрастом сумма площадей сечений зачастую имеет кульминирующую кривую хода роста. Этот факт подтвержден периодическими (через 5-10 лет) долгосрочными наблюдениями за постоянными пробными площадями на Лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [18], научных объектах Германии [83, 84, 85] и др.

Как правило, максимальная сумма площадей сечений древостоя достигается с возрастом лишь один раз. Именно она соответствует полноте древостоя, принимаемой за единицу в таблицах хода роста и стандартных таблицах.

При этом оставался открытым вопрос о том, в каком соотношении находятся средний диаметр древостоя (D , см) и число деревьев (N ,

шт./га), так как одно и то же значение суммы площадей сечения (G , кв. м/га) может наблюдаться при значительных расхождениях этих показателей. Функциональная модель (закон) суммы площадей сечений имеет вид:

$$G = \exp(\ln(0,0001 * \pi/4) + 2,0 \ln D + 1,0 \ln N), \quad (1.1)$$
$$R^2 = 1,0$$

Любая комбинация аргументов в уравнении регрессии в начальном возрасте (A_n , лет) конкретного древостоя с возрастом через заданное число лет (n) в возрасте ($A_n + n$) показывает присущее лишь этому древостою изменение как среднего диаметра, так и числа деревьев.

Так как существующая теория хода роста применима к древостоям с условной полнотой, принятой за 1,0, то она не в состоянии описать возможного многообразия комбинаций таксационных показателей D и N .

Именно эти показатели определяют, как текущее состояние любого чистого по составу древостоя, так и прогностические изменения таксационных показателей от начального возраста на заданный период упреждения (n , лет) (прогноза).

Критика сортиментных таблиц заключается в том, что они построены по разрядам высот и относятся к приспевающим, спелым и перестойным древостоям. При построении графиков высот не учитывается ступенчатое изменение с возрастом регрессий взаимосвязи высот от диаметров деревьев.

Критика таблиц распределения числа деревьев по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра древостоев заключается в том, что они действуют в основном для сформировавшихся и находящихся в стадии приспевающих, спелых и перестойных древостоев. Сочетание рядов распределения числа деревьев по ступеням толщины с сортиментными таблицами используется для построения товарных таблиц. Таким образом, лесоводы не располагают нормативами распределения деревьев по толщине и товарной структуре в молодняках и средневозрастных древостоях.

И самый главный недостаток изложенных нормативов заключается в том, что они не взаимосвязаны в единый системный комплекс лесотаксационных нормативов.

Появление в последнее десятилетие новых информационных технологий и методов программирования требует не только критической оценки, но и эвристического видения лесных насаждений с позиций экологии, полифакториальности процесса роста, строения, продуктивности и оптимизации лесопользования на уровне каждого лесотаксационного выдела.

Неоднократно указывая на недостатки действующих лесотаксационных нормативов [67], очередной раз обращаю внимание

органов управления лесным хозяйством и научного сообщества на то, что назрела острая необходимость во внедрении в процесс инвентаризации лесов принципиально новых информационно-справочных систем многомерных лесотаксационных нормативов. Наряду с этим необходимо провести модернизацию технических средств, предназначенных для наземной таксации, а также для дистанционного определения необходимого числа таксационных показателей, позволяющих запустить в расчет информационно-справочные системы лесотаксационных нормативов.

Многовариантные комбинации сочетания элементов леса в древостоях разной породной, возрастной и пространственной структуры требуют разработки многомерных экологических нормативов для таксации лесов в системе комплексного ресурсно-экологического районирования лесного фонда субъектов Российской Федерации.

Решение поставленных задач следует выстроить в следующем логическом порядке:

1. Согласовать региональном уровне и утвердить многомерные схемы комплексного ресурсно-экологического районирования лесного фонда по субъектам Российской Федерации и Федеральным округам.

2. Разработать многомерные статистические модели роста, строения, общей, товарной, биологической продуктивности древостоев разной породной, возрастной и пространственной структуры по типам леса и типам лесорастительных условий.

3. Разработать статистические модели экобиоэнергетического потенциала фракций фитомассы древостоев разной породной, возрастной и пространственной структуры по типам леса и типам лесорастительных условий.

4. Внедрить региональные информационно-справочные системы нормативов возрастной динамики роста, строения, товарной и биологической продуктивности элементов леса древостоев разного породного, состава, полноты и густоты по типам леса и типам лесорастительных условий.

5. Внедрить информационно-справочные системы региональных нормативов текущей актуализации таксационных показателей роста, строения, товарной, биологической продуктивности древостоев разного породного состава, возраста, полноты по типам леса и типам лесорастительных условий.

6. Внедрить информационно-справочные системы региональных нормативов прогностической актуализации таксационных показателей роста, строения, товарной и биологической продуктивности древостоев по элементам леса от начального возраста на заданный период упреждения (прогноза, лет).

7. Внедрить информационно-справочные системы региональных нормативов для автоматизированной инвентаризации насаждений методами дистанционного зондирования и геопозиционирования.

Широкомасштабное внедрение перечисленных информационно-справочных систем позволяет на несколько порядков увеличить информационные возможности новых лесотаксационных нормативов, полностью исключить камеральную обработку данных полевой таксации, перевести наземную таксацию древостоев на согласительный уровень и обеспечить детальную визуализацию закономерностей роста, строения и продуктивности древостоев на уровне лесотаксационного выдела.

Таким образом, разработка и внедрение новых электронных лесотаксационных нормативов, состыкованных с программными продуктами аппаратных средств ДЗЗ при дешифрировании всего четырех показателей:

- а) породный состав,
- а) сомкнутость полога,
- б) верхнюю высоту элементов леса,
- с) площади контуров ТЛУ и типов леса,

позволяет автоматизировать процесс инвентаризации лесов.

Автоматизация и детальная оценка древостоев по всему комплексу таксационных показателей роста, строения, товарной, биологической продуктивности во всем многообразии возрастной, породной и пространственной структуры на текущий момент обеспечивает существенное увеличение точности и производительности труда при проведении сплошной и выборочной инвентаризации лесов.

В монографии рассмотрены вопросы обоснования технологии лесовосстановления на вырубках начиная от выращивания посадочного материала, подбора оптимального по продуктивности и устойчивости породного состава древостоев будущего, конкурентных отношений лесных культур с травянистой растительностью на стадии индивидуального роста, а также с естественным возобновлением вырубок мелколиственными породами.

Другим важным механизмом управления древесными ресурсами является оптимальное соотношение промежуточного и главного пользования на конкретном лесном участке от первого приема разреживаний до проведения главной рубки. Такое управление предполагает внедрение в лесное хозяйство информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов оптимизации интенсивности и сроков повторяемости разреживаний на уровне каждого лесотаксационного выдела с целевой функцией, обеспечивающей максимум общей продуктивности от рубок промежуточного и главного пользования.

Такая интенсификация лесопользования предполагает внедрить в лесное хозяйство понятие возрастной динамики лесосеки от первого до последнего приема рубок ухода.

Широкомасштабное внедрение в лесное хозяйство изложенных моделей, информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов и информационных технологий комплексной оценки лесных ресурсов наземными и дистанционными методами позволяет вывести сплошную и выборочную инвентаризацию лесов на качественно новый уровень развития, и обеспечить повышение производительность труда.

Наличие достоверной и исчерпывающей информации о лесных ресурсах на уровне каждого выдела позволяет решить две самые важные народнохозяйственные задачи лесной отрасли:

1. Оптимизировать объемы лесохозяйственных мероприятий в регламенты в каждом лесничестве и лесопарке субъекта РФ.
2. Оптимизировать распределение финансовых ресурсов в лесном плане субъекта РФ в соответствии с лесохозяйственными регламентами лесничеств и лесопарков.

Только внедрение новых наукоёмких технологий комплексной оценки лесных ресурсов, а также решение оптимизационных задач управления ими позволит обеспечить доходность и эффективность лесного сектора экономики.

1. КОМПЛЕКСНОЕ РЕСУРСНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ФОНДА

В настоящее время в Российской Федерации существует проблема неэффективной государственной инвентаризации лесов, а также неэффективного использования лесосырьевых ресурсов. Это в первую очередь связано с отсутствием схем комплексного ресурсно-экологического районирования земель лесного фонда, напрямую связанных с возрастами рубок, размерами лесопользования, правилами заготовки древесины, оптимизацией экологического лесопользования с учетом условий местообитания возможностей строительства лесовозных дорог по субъектам РФ.

Создание полифакториальных схем комплексного ресурсно-экологического районирования субъектов РФ для проведения ГИЛ и обоснования инновационных методов лесного менеджмента и экологического лесопользования является актуальной научной и производственной задачей.

Отсутствие научно обоснованной методологии определения лесорастительных зон и лесных районов (ст.15 Лесного кодекса РФ) привело к весьма условному распределению лесничеств и лесопарков по однородным группам, имеющим на карте лесов замкнутый территориальный контур, условно названный лесным районом. Утвержденные схемы лесного районирования (Приказ МПР от 28 марта 2007 г.), (Приказ Рослесхоза от 09.03.2011 г. № 61) не получили должного научного обоснования, о чем неоднократно докладывалось на научных конференциях (С-Петербург, 2011; Вологда, 2011, Казань, 2012; Новосибирск, 2012), на лесном форуме Гринпис (А.С. Шейнгауз: www.wood.ru/ru/lonewsid-17443.html).

Гринпис России приводит текст письма профессора А.С. Шейнгауза (Институт экономических исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук) об угрозах дальневосточным кедровникам, связанных с новым лесохозяйственным районированием, утвержденным приказом МПР от 28 марта 2007 г.:

"Всем, кого волнует судьба дальневосточных кедровников.

Дорогие коллеги,

пишу это письмо, чтобы обратить ваше внимание на то, что творят чиновники Минприроды РФ с кедровниками Дальнего Востока, со знаменитой "Уссурийской тайгой". Пишу специально на двух языках.

28.03.07 Министр природных ресурсов РФ Ю. Трутнев своим приказом утвердил перечень лесных зон и лесорастительных районов РФ.

В результате этого приказа на месте огромной части традиционной Уссурийской тайги возник огромный Дальневосточный лесостепной район. Не буду вдаваться в научную дискуссионность наличия

лесостепи на РДВ. Важно другое - теперь границы Уссурийской тайги, уникальных кедрово-широколиственных лесов отодвинуты далеко на восток от их истинного местоположения.

Вот примеры:

В соответствии с приведенным в приказе списком к лесостепи отнесены:

1) Вяземский, Бикинский и им. Лазо районы Хабаровского края, т.е. районы где находились и еще находятся остатки знаменитых Хорских, Подхоренковских и Шумнинских кедровников, где в Чукенском бассейне расположена ТТП удэгейцев, живущих в Гвасюгах;

2) Архаринский район Амурской области, кедровники которого вместе с великолепными некогда кедровниками Облученского района Еврейской автономной области, отнесенными теперь к Дальневосточному таежному району. Б.П. Колесников предполагал выделить в западную, окраинную фацию кедрово-широколиственных лесов;

3) Биробиджанский район Еврейской области, где в военные и послевоенные годы ГУЛАГ вырубал до 1 миллиона кубометров чистой кедровой древесины в год;

4) западная часть Дальнереченского, Кировского и Лесозаводского районов, Приморского края, т.е. легендарные кедровники в бассейнах Имана, Кабарги, Малиновки;

5) Надеждинский и Уссурийский район районы Приморского края, т.е. практически весь ареал уникальных в мире чернопихтово-широколиственных лесов.

Я перечислил здесь только некоторые из многих нелепиц, но назвал те кедровые леса, которые сам видел в их первозданной красоте и мощи еще до того, как из вырубали по приказам горе-чиновников.

К этому следует добавить, что согласно пресловутому приказу в зону лесостепи попали старейший кедровый заповедник РДВ "Кедовая падь" (Хасанский район Приморского края), заповедник с наиболее сохранившимися кедровыми и чернопихтово-широколиственными лесами "Уссурийский" (Уссурийский район Приморского края), Большехехцирский заповедник (Хабаровский район Хабаровского края), леопардовый заказник "Барсовая падь" (Ханкайский район Приморского края) и другие.

Что это означает? Только одно - росчерком пера неграмотных и нерадивых чиновников перечеркнута вся та длившаяся почти 100 лет огромная работа В.И. Комарова, Б.А. Ивашкевича, Б.П. Колесникова, К.П. Соловьева и многочисленного отряда их учеников и последователей по исследованию дальневосточных кедровников, разработке мер по их использованию, сохранению и восстановлению. Были разработаны очень специфические мероприятия, которые ни в

кчем случае не могут проводиться в системе лесостепного лесоразведения.

Более того, само отнесение всех этих территорий к лесостепи снимает с повестки дня проблему мероприятий по охране и восстановлению кедровников, ибо проблемы кедровой тайги к лесостепным проблемам не относятся. Теперь "стараниями" чиновников кедровая проблема, если не снята вообще с повестки дня, то загнана в далекий угол.

Доколе же это будет продолжаться? Доколе безграмотные чиновники, сидящие за многие тысячи километров от лесных массивов, не знающие наших лесов, местного лесоводства и не понимающие реальные проблемы будут вершить судьбы российских лесов?

Пора призвать к ответу не только тех, кто готовит такие безграмотные документы, но и тех, кто держит у себя в штате этих безграмотных людей, а затем слепо подписывает такие приказы.

Александр Шейнгауз

15.07.2007

Dear colleagues,

I am written this letter to draw your attention to such wonderful decisions that are made now by bureaucrats of the Russian Ministry of Natural Resources relative to so called the Russian Far Eastern cedar forests, famous "Ussuri taiga" but really mixed Korean pine-broadleaved forests of the Pacific Russia.

At March 28, 2007 in accordance with the new Forest Code the Minister of Natural Resources of the Russian Federation Yuri Trutnev had issued the Order which approved the list of forest zones and raions (districts) of the Russian Federation. As the Order result, the vast Far Eastern forest-step raion had sprang up instead of big part of Ussuri taiga. I shall not discuss scientific base of 'forest-step' in the RFE. Another is important: now borders of "Ussuri taiga", of unique cedar (Korean pine)-broadleaved forests are moved to east from their real place. Find please below an examples:

According the list given in the Order the following territories are considered as 'forest-step':

1) Vyazemskiy, Bikinskiy and Lazo Raions of Khabarovskiy Krai, i.e. those Raions where there were and there are till now remnants of famous cedar forests in thi river basin of Khor, Podkhorenok and Shumniy, where is located the Chuken territory of aboriginal forest use for udege people lived in Gvasyugi settlement;

2) Arkharinskiy Raion of Amurskaya Oblast. Academician Boris Kolesnikov had supposed to allot its cedar forests together with the former splendid cedar forest of Obluchenskiy Raion of Yevreiskaya Autonomous Oblast as the western marginal phase of mixed cedar-broadleaved forests.

However now Obluchenskiy Raion is listed by the Order as a Far Eastern taiga (even not cedar) area;

3) Birobidzhanskiy Raion of Yevreiskaya Autonomous Oblast, where during the II World War and after War time the GULAG had logged up to 1 million cubic meters of pure cedar timber annually;

4) western parts of Dalnerechenskiy, Kirovskiy and Lesozavodskoy Raions of Primorskiy Krai i.e. legendary cedar forests in the river basis of Iman, Kabarga, Malinovka;

5) Nadezhdinskiy and Ussuriyskiy Raions of Primorskiy Krai i.e. practically a whole natural habitat of world unique mixed forests with *Abies hollofila*.

I had listed here only some of many nonsense but named only those cedar forests that saw myself when they were in their full primeval beauty and mighty before they were harvested according orders of unwise bureaucrats.

There is need to add that according the notorious Order now many valuable forests occurred not in forest but in forest-step zone. Among them is the eldest Far Eastern forest reserve "Kedrovaya Pad" (Khasanskiy Raion, Primorskiy Krai), the forest reserve "Ussuriyskiy" with the most saved cedar forest and mixed forests with *Abies hollofila* Ussuriyskiy Raion, Primorskiy Krai), Bolshekhkhtsirskiy forest reserve (Khabarovskiy Raion, Khabarovskiy Krai), leopards' game reserve "Barsovaya pad" (Khankaiskiy Raion, Primorskiy Krai) and many others

What does it means? Only one - ignorant and negligent bureaucrats by one stroke of the pen made null and void all almost 100-year work of V.I Komarov, B.A. Ivashkevich, B.P Kolesnikov, K.P. Soloviev and numerous their followers who studied Far Eastern cedar forests, developed their rational use, conservation and recovery. Very specific measures were developed as result and they cannot be implemented in the system of "forest-step foresting"

More of that, considering all of these territories as "forest-step area" excludes problems of conservation and recovery of cedar forests, because the "Cedar taiga", "Ussuri taiga" is not listed in the "forest-step problems". Due to "efforts" of bureaucrats, the "Cedar problem" now if does not cancel then it is brought into very far corner.

How long will it last? How long ignorant bureaucrats that are sitting at the tables many thousand kilometers from forests, that do not know real local forests and local forestry, and do not understand real local problem will rule sway the destinies of the Russian forests?

It is time to call to account not only those who prepare such ignorant documents but those also who appoints such ignorant helpers and who blindly signs such absurd documents.

15.07.2007"

Alexander Sheingauz

Отсутствие утвержденных Рослесхозом научно обоснованных методических рекомендаций, а также согласованных на уровне субъектов Российской Федерации схем комплексного ресурсно-экологического лесного районирования наносит колоссальный экологический, лесоводственный и экономический ущерб.

Так, возраста рубок лесных насаждений, правила заготовки древесины, правила ухода за лесами и другие нормативные правовые документы, утвержденные федеральным органом исполнительной власти по лесорастительным районам, не соответствуют условиям использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов по субъектам РФ.

Количество лесничеств и штатная численность лесных инспекторов не соответствуют современным требованиям решения вопросов использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, в том числе осуществление федерального государственного лесного надзора по соблюдению лесного законодательства. Глобальность экологических проблем, вызванных отсутствием достоверных схем комплексного ресурсно-экологического районирования лесного фонда, очевидна как для целей Государственной инвентаризации лесов, так и для разработки оптимальных лесных планов по субъектам РФ.

Более того, существующие схемы тематических видов районирований на базе лесорастительного (лесотаксационного, лесохозяйственного, лесопожарного, лесосеменного, лесомелиоративного) узкоспециализированы и не характеризуют типичности лесничеств по всему комплексу природно-климатических условий и показателей, характеризующих лесной фонд субъекта РФ.

Устранение недостатков

Устранить указанные недостатки возможно только на основе глубокого системного анализа почвенно-климатических показателей, данных учета лесного фонда лесничеств и лесопарков (таксонов). Только полифакториальная классификация лесничеств по комплексу экологических показателей, характеризующих плодородие почв, типы климата, структуру земель лесного фонда, структуру площадей, занятых разными типами лесов, средневзвешенный бонитет и полноту по типам лесов, позволяет разработать достоверную схему ресурсно-экологического лесного районирования.

В общей сложности число переменных, включаемых в анализ, может насчитывать от 35 до 50 показателей в зависимости от площади таксонов (лесничеств), по 78 субъектам Российской Федерации. После последовательного применения факторного, кластерного и дискриминантного анализов осуществляется многомерная группировка лесничеств по типичности. Статистическая достоверность формирования типичных групп лесничеств, образующих отдельный

район, оценивается по суммарному и межкластерному расстоянию Махаланобиса, что позволяет статистически доказать достоверность разработанной схемы районирования по каждому субъекту РФ.

Очевидна необходимость увязки схем ресурсно-экологического районирования с разработкой экологических лесотаксационных нормативов для обоснования возрастов рубок и моделей оптимизации рубок ухода и главного пользования лесом. В теории лесоводства отсутствует привязка схем интенсификации ведения лесного хозяйства и лесопользования к лесным районам.

Действующие схемы лесного районирования

Действующие схемы районирования представляют собой решения, основанные, как правило, на интуитивно – субъективном подходе исполнителей. Наиболее ярким примером лесорастительного районирования служит схема зонального и провинциального деления лесов СССР С.Ф. Курнаева [25, 26]. Более обоснованную схему районирования лесов Дальнего Востока предложил А.С. Шейнгауз, положивший в основу классификации таксонов (лесничеств) кластерный анализ [71, 72, 73, 74]. Целенаправленное использование схем районирования для государственной инвентаризации лесов и лесопользования требует наличия лесотаксационных нормативов, которые увязаны с конкретными лесными районами.

Отсутствие достоверных схем ресурсно-экологического районирования, а также системного комплекса экологических лесотаксационных нормативов роста и продуктивности древостоев не позволяет решить поставленную задачу.

Предлагаемый вариант разработки схем комплексного ресурсно-экологического районирования для субъектов РФ

Научно-методическое решение проблемы районирования территории любого субъекта Российской Федерации должно основываться, прежде всего, на доказательном распределении лесничеств (таксонов) по типичным группам, в которых проявляется наибольшая однородность лесной территории (отдельного района) по множеству природных и организационно-хозяйственных признаков. Только минимальная изменчивость всего комплекса показателей, характеризующих структуру земель лесного фонда, типов лесов и экологических условий в группе типичных лесничеств, обеспечивает достоверность выделения контура конкретного района.

Достоверная схема комплексного ресурсно-экологического лесного районирования может быть получена только на основе методов многомерной классификации (группировки) лесничеств по

однородности (схожести) значений показателей, включённых в анализ. Сущность такого подхода заключается в логически связанном, поочередном применении факторного, кластерного и дискриминантного анализов. На необходимость применения статистических методов многомерной классификации хозяйствующих субъектов ещё в начале 80-х годов прошлого столетия указывалось в специальной литературе.

В настоящее время большое внимание уделяется экологическим вопросам природопользования, которые по своему содержанию должны быть тесно увязаны с экономикой региона.

Появились новые методы, технические средства и информационные технологии, дающие возможность вовлечения в статистический анализ всего комплекса показателей, определяющих типичность лесничеств, составляющих контур конкретного лесного района.

Для этого при разработке новой схемы районирования впервые задействовано от 35 до 50 показателей (независимых переменных), разделённых на пять блоков, характеризующих:

- классы потенциальной продуктивности типов почв;
- климатические показатели, характеризующие типы климата по сезонам года;
- долю площадей, занятых различными категориями земель и объектами лесного фонда;
- долю площадей под светлохвойными, темнохвойными, твердолиственными и мягколиственными типами лесов;
- средневзвешенные классы бонитета и полноты по типам лесов.

Критериальная оценка достоверности распределения лесничеств по типичным группам (районам) осуществляется по суммарному и межкластерному расстоянию Махаланобиса.

Выделенные районы должны удовлетворять главному требованию, предъявляемому к схеме районирования, – достоверной полифакториальной однородности территории отдельного района. Государственная (выборочная) инвентаризация лесов будет недостоверной без формирования типической выборки выделов. Только в однородном лесном районе можно сформировать типическую выборку выделов, которые будут характеризовать лесной фонд генеральной совокупности выделов. Это, в свою очередь, позволяет дифференцировать нормативную базу по оценке лесных ресурсов, разрабатывать на более высоком научно-методическом уровне оптимальные лесные планы и тем самым более эффективно решать задачи, связанные с управлением лесными ресурсами в субъектах РФ.

1.1. Статистическое обоснование типичности ресурсно-экологических лесных районов Брянской области

Достоверная схема комплексного лесного районирования может быть получена только на основе методов многомерной классификации (группировки) лесничеств по однородности (схожести) значений показателей, включённых в анализ. Сущность такого подхода заключается в последовательном применении факторного, кластерного и дискриминантного анализов, на что ещё в начале 80-х годов прошлого столетия было указано в специальной литературе [71, 80, 86].

Следуя критическим замечаниям и указанным методическим рекомендациям, при решении поставленной задачи было задействовано 34 показателя, разделенных на пять блоков:

I. Геопозиционирование лесничеств:

X_1 – широта северная;

X_2 – долгота восточная.

II. Группа почвенно-климатических переменных:

– *почвенные*: характеризуются процентом площадей с классами потенциальной продуктивности почв от 1 до 6:

X_3 – доля площадей с продуктивностью почв – 1;

X_4 – доля площадей с продуктивностью почв – 2;

X_5 – доля площадей с продуктивностью почв – 4;

X_6 – доля площадей с продуктивностью почв – 5;

X_7 – доля площадей с продуктивностью почв – 6.

Для распределения почв по административным районам области использованы результаты исследований, проведенные МГУ [76].

– *климатические*:

X_8 – суммарная обеспеченность теплом;

X_9 – продолжительность весны;

X_{10} – увлажнение весной;

X_{11} – температура средняя наиболее теплого месяца;

X_{12} – температура средняя наиболее холодного месяца.

III. Группа переменных, отображающих структуру земель лесного фонда:

X_{13} – всего земель, покрытых лесом;

X_{14} – фонд лесовосстановления;

X_{15} – всего лесных земель;

X_{16} – сельхозугодья (пашни, сенокосы, пастбища, сады, ягодники);

X_{17} – воды;

X_{18} – дороги и просеки (протяженность на 1 км² лесного фонда);

X_{19} – усадьбы и пр.;

- X₂₀ – болота;
- X₂₁ – пески;
- X₂₂ – прочие земли;
- X₂₃ – всего нелесных земель.

IV. Группа показателей, характеризующих структуру площадей под типами лесов:

- X₂₄ – доля площади под светлохвойными лесами;
- X₂₅ – доля площади под темнохвойными лесами;
- X₂₆ – доля площади под твердолиственными лесами;
- X₂₇ – доля площади под мягколиственными лесами;
- X₂₈ – доля площади под кустарниками.

V. Группа показателей, характеризующих продуктивность и сомкнутость древостоев по типам лесов:

- X₂₉ – средневзвешенный бонитет хвойных пород;
- X₃₀ – средневзвешенный бонитет твердолиственных пород;
- X₃₁ – средневзвешенный бонитет мягколиственных пород;
- X₃₂ – средневзвешенная полнота хвойных пород;
- X₃₃ – средневзвешенная полнота твердолиственных пород;
- X₃₄ – средневзвешенная полнота мягколиственных пород.

Источниками информации являются:

- данные государственного учета земель сельскохозяйственного назначения РФ (X₁ – X₇);
- данные гидрометеослужбы РФ (X₈ – X₁₂);
- данные государственного учета лесного фонда РФ (X₁₃ – X₃₄).

Численные значения переменных по лесничествам Брянской области приведены в приложении 7.

Перечисленные переменные непосредственно или косвенно характеризуют экологические и социально-экономические условия лесничеств.

Следует отметить, что границы контуров лесничеств, соответствующие административным районам, определяют в итоге общий контур типичного лесного района. При этом даже на тематической карте (атласе) практически невозможно визуальное представление и нанести достоверные границы районов.

Тем не менее, соблюдая требования ст.15 Лесного Кодекса Российской Федерации [68] по разработке карты-схемы ресурсно-экологических лесных районов, требуется, в первую очередь, определиться с принципами и методами распределения таксонов (лесничеств) в многомерном комплексе переменных, характеризующих хозяйствующие субъекты.

Так, для решения географических задач по тематическому районированию традиционно положен принцип соблюдения целостности выделенного района, хотя территориальная целостность района не всегда обеспечена требуемой достоверностью. При

разработке карт-схем многомерной группировки лесничеств некоторые из них, как правило, отдельные лесничества не могут в полной мере соответствовать типичности выделенным районам. В этом случае будет справедливым допустить выделение типичных лесничеств отдельного подрайона с присущей ему специфичностью переменных.

Следуя этим указаниям, проведем многомерную классификацию лесничеств на основе факторного, кластерного и дискриминантного анализов.

1.2. Факторизация ресурсно-экологических показателей лесничеств

Достоверная многомерная классификация лесничеств по комплексу показателей, приведенных в предыдущем разделе, возможна лишь в том случае, если устранена автокорреляция между переменными. Устранить автокорреляцию переменных позволяет факторный анализ или метод главных компонент. При его проведении оценена корреляция между парно связанными переменными. Критическое значение коэффициента корреляции на 5–процентном уровне значимости равно 0,449. Число статистически значимых взаимосвязей равно 86, что соответствует 15%. Соотношение автокоррелированных переменных оценивались путем поворота осей координат, что позволило получить собственные значения факторов (таблица 1.1) и отложить их на графике в качестве зависимой переменной относительно номеров факторов, отложенных на оси абсцисс (рисунок 1.1).

Таблица 1.1. Собственные значения факторов и процент объясняемой ими дисперсии

Показатели	Собственные значения факторов и их дисперсии по номерам факторов					
	1	2	3	4	5	6
Собственное значение фактора	8,09	6,33	4,73	3,37	2,57	1,94
Дисперсия, %	23,79	18,61	13,92	9,91	7,54	5,70
Накопленная дисперсия, %	23,79	42,40	56,32	66,23	73,77	79,47

Наряду с этим, были рассчитаны и также показаны по оси ординат значения дисперсии факторов и накопленной дисперсии факторов в зависимости от номеров факторов. Число главных компонент (факторов) определено путем графического построения и выбора точки перегиба кривой, названной критерием «каменистой осыпи» Кеттелла [22] (Рис. 1.2).

Затабулированные и графически представленные собственные значения факторов и дисперсий относительно номеров факторов позволяют определить число главных компонент. В нашем случае их количество составляет от 3 до 6, они охватывают накопленную дисперсию соответственно от 56 до 79 процентов.

Проведение факторизации переменных позволяет освободиться от автокорреляции по критерию Дарбина–Уотсона [22, 23] и представить с использованием расстояния Евклида нагрузки на оси первой и второй переменной до вращения (Рис. 1.3), а также нагрузки на факторные оси после варимакс – вращения системы координат (Рис. 1.4).

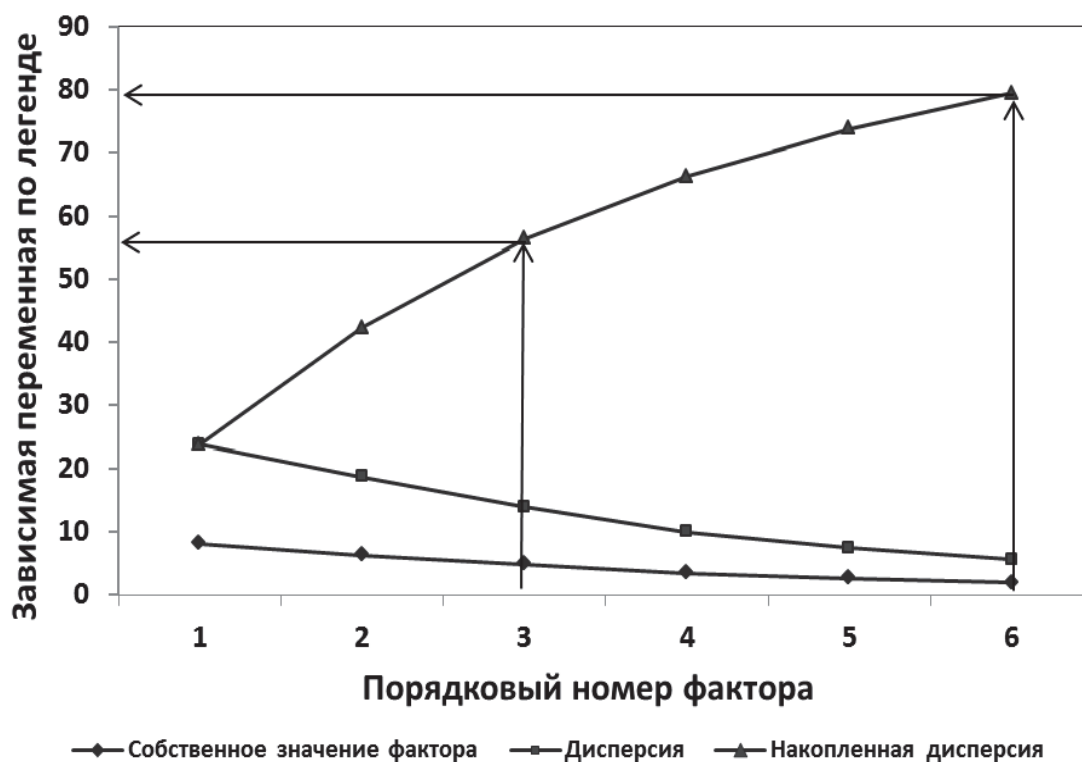


Рисунок 1.1. Изменение дисперсий и собственных значений факторов относительно номеров факторов

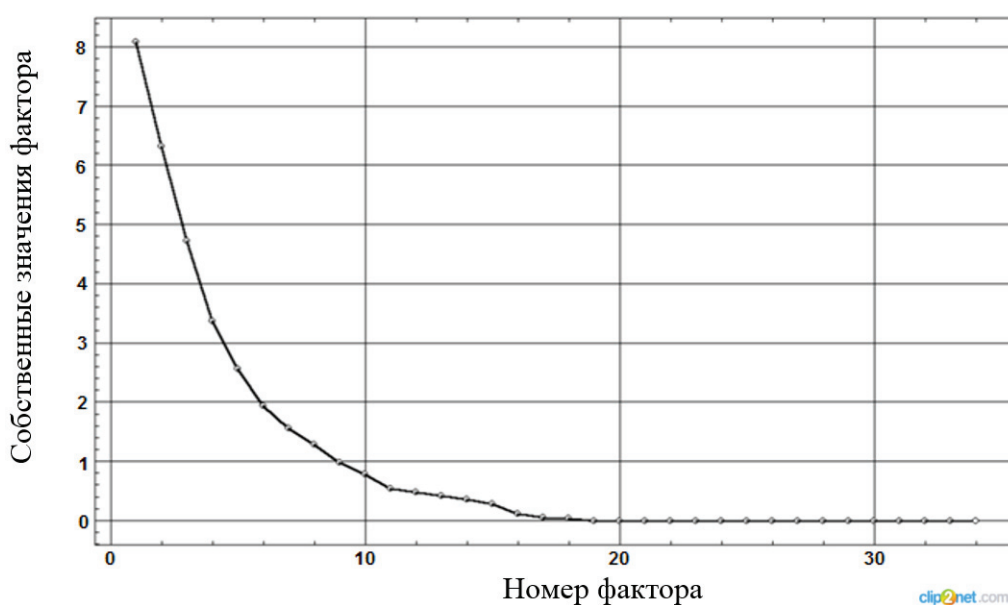


Рисунок 1.2. Изменение собственных значений факторов относительно номеров факторов

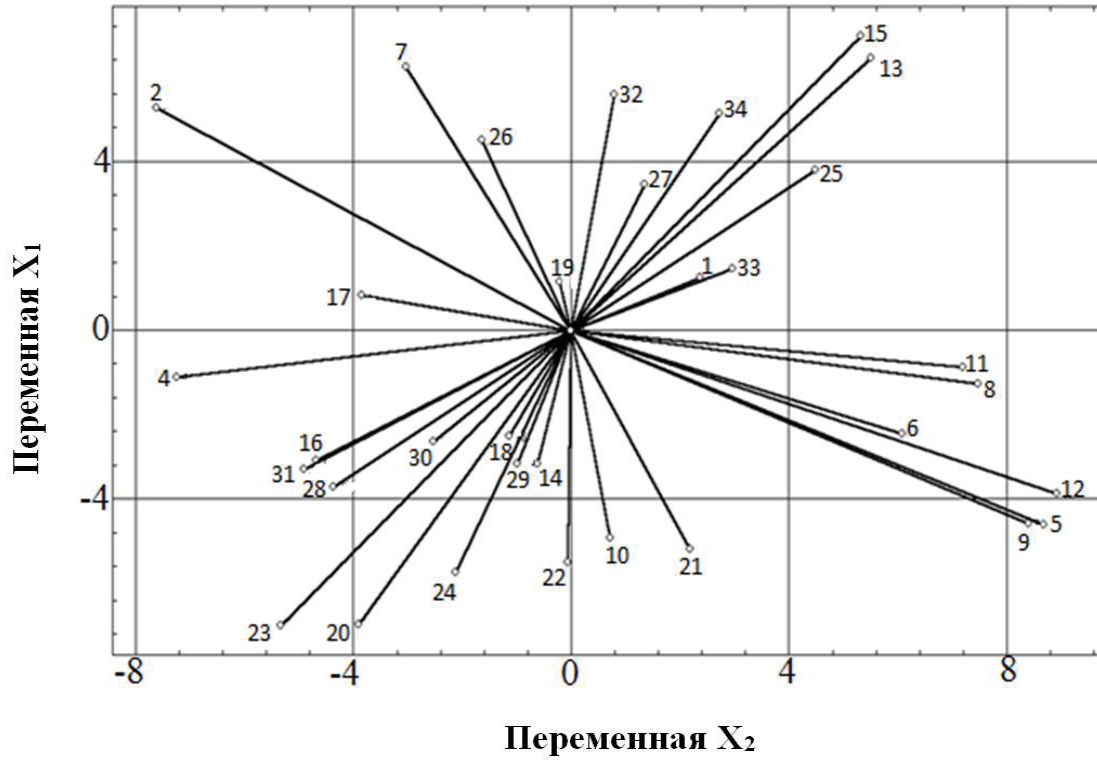


Рисунок 1.3. Нагрузки на оси переменных X_1 и X_2 до вращения системы координат

Упрощение структуры факторных нагрузок позволяет наглядно по рисунку 1.4, без дополнительных статистических оценок, выявить число факторов, как минимум, равное четырем.

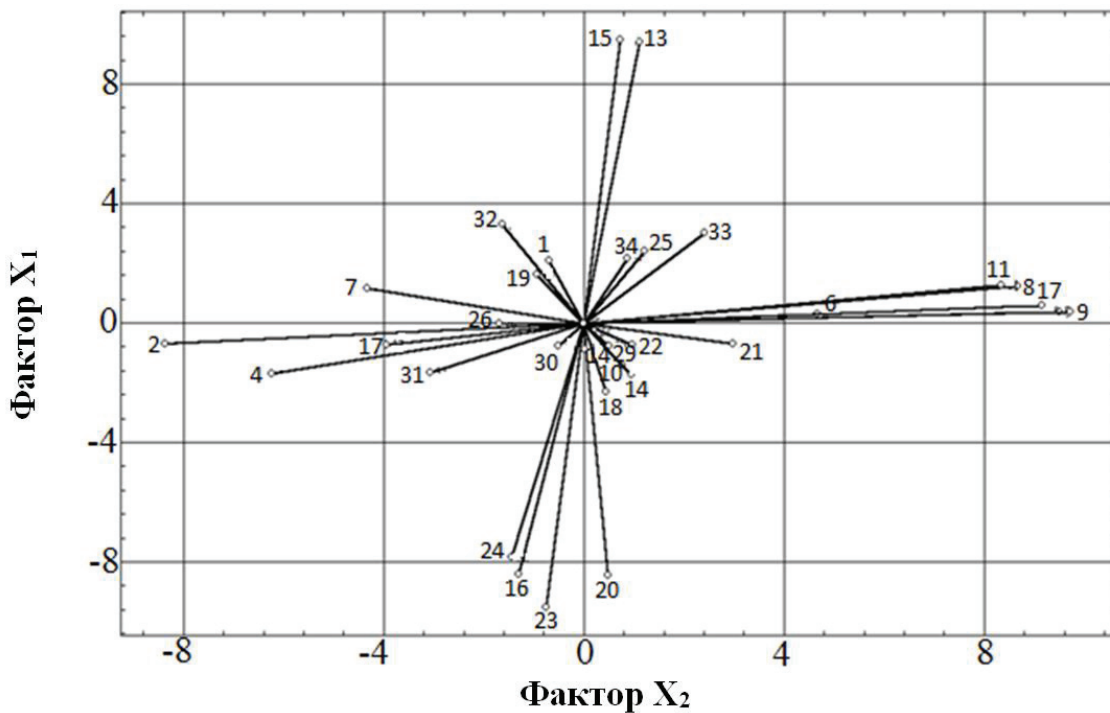


Рисунок 1.4. Нагрузки на оси факторов X_1 и X_2 после вращения системы координат

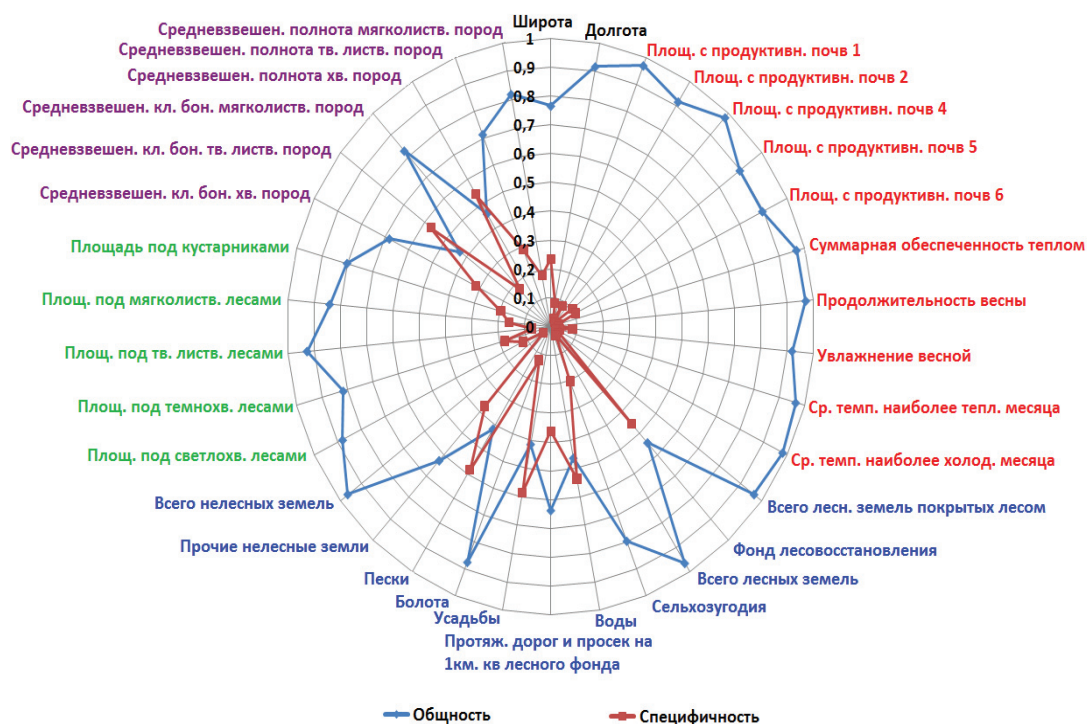


Рисунок 1.5. Диаграмма соотношения общности и специфичности переменных при 6 главных компонентах

После вращения системы координат структура нагрузок существенно упростилась. Явно коррелированные между собой переменные, объединяемые в понятие главного компонента или фактора, стали располагаться ближе друг к другу. Объективность распределения нагрузок на факторные оси подтвердим примером. Коэффициент корреляции $r=0,941$ соответствует тесноте связи между показателями X_{13} и X_{15} ; $r=0,704$ между X_{16} и X_{28} ; $r=0,840$ между X_{20} и X_{23} ; $r=0,997$ между X_8 и X_{11} ; $r=0,796$ между X_8 и X_9 и т.д. Расшифровка аббревиатуры перечисленных переменных позволяет более полно представить наличие взаимосвязей анализируемого комплекса переменных.

При многомерной классификации лесничеств важно знать, какие из переменных для региона являются общими (типичными), а какие – специфическими, свойственными только какой-то определенной части таксонов. Для наглядности оценки переменных с позиций общности и специфичности по шести главным компонентам приведены на рисунке 1.5.

В факторном анализе сумма коэффициентов общности и специфичности равна единице. При изменении числа главных компонент соотношение доли общности и специфичности меняется. Так, специфичность переменных лучше проявляется при уменьшении числа главных компонент. В нашем случае оптимальным количеством следует считать шесть главных компонент.

Характеристика переменных, принятых для анализа с позиций общности и специфичности, приведена в таблице 1.2.

Большинство переменных, представленных в таблице, являются общими для лесничеств Брянской области. В ряде лесничеств проявляется специфичность переменных, представленных водными объектами, усадьбами, песками, продуктивностью твердолиственных пород и полнотой хвойных насаждений.

По оценкам переменных, специфичность водных объектов проявляется в Навлинском, Карачевском и Трубчевском лесничествах; специфичность усадеб и прочих земель – в Унечском и Дятьковском и в меньшей степени в Брянском, Трубчевском и Клетнянском лесничествах; специфичность песков – в двух лесничествах – Клинцовском и Жуковском.

Специфичность средневзвешенного класса бонитета твердолиственных пород, зависящего от воздействия хозяйственной деятельности на леса, проявляется в Жуковском, Выгоничском, Брянском и Дубровском лесничествах. Зависящей от хозяйственного воздействия на леса является также полнота хвойных пород, специфичность которой проявляется в Клетнянском и Клинцовском лесничествах.

Оценка переменных по общности и специфичности позволяет более объективно оценить особенности формирования главных компонент из представленного к анализу комплекса переменных.

Таблица 1.2. Характеристика переменных с позиций общности и специфичности при 6 главных компонентах

Переменные		Общность	Специфичность	
Широта северная		0,765	0,235	
Долгота восточная		0,917	0,083	
Продуктивность почв	1 класс	0,970	0,030	
	2 класс	0,917	0,083	
	4 класс	0,980	0,020	
	5 класс	0,898	0,102	
	6 класс	0,896	0,104	
Суммарная обеспеченность теплом		0,968	0,032	
Весна	продолжительность	0,970	0,030	
	увлажнение	0,918	0,082	
Температура средняя, t°	наиболее тёплого месяца	0,965	0,035	
	наиболее холодного месяца	0,981	0,019	
Лесные земли, %	всего покрытых лесом, %	0,965	0,035	
	фонд лесовосстановления, %	0,544	0,456	
	всего лесных земель, %	0,965	0,035	
Нелесные земли, %	сельхозугодья, %	0,797	0,203	
	водные объекты, %	0,463	0,537	
	протяжён. дорог и просек на 1 км ² лесного фонда	0,637	0,363	
	усадьбы и пр., %	0,415	0,585	
	болота, %	0,876	0,124	
	пески, %	0,416	0,584	
	прочие земли, %	0,628	0,372	
	всего нелесных земель, %	0,965	0,035	
	Структура площадей под типами лесов на покрытых лесом землях, %	светлохвойные, %	0,882	0,118
	тёмнохвойные, %	0,818	0,182	
	твёрдолиственные, %	0,928	0,072	
	мягколиственные, %	0,842	0,158	
	кустарники, %	0,803	0,197	
Средневзвешенные таксационные показатели насаждений под типами лесов	бонитет	хвойные	0,683	0,317
		твердолиственные	0,432	0,568
		мягколиственные	0,825	0,175
	полнота	хвойные	0,460	0,540
		твердолиственные	0,714	0,286
		мягколиственные	0,820	0,180

Завершающим этапом факторизации является распределение факторных нагрузок после варимакс-вращения системы координат, позволяющее определить перечень переменных, сформировавших каждый главный компонент и дать ему семантическую интерпретацию. В таблице 1.3 приведены факторные нагрузки по шести главным компонентам после варимакс- вращения системы координат.

Таблица 1.3. Факторные нагрузки по шести главным компонентам после варимакс вращения системы координат

Переменные		Факторные нагрузки после вращения по номерам главных компонент						
		1	2	3	4	5	6	
Северная широта		-0,022	0,166	-0,655	0,524	0,155	0,101	
Восточная долгота		-0,832	-0,079	0,284	0,221	0,047	0,294	
Класс продуктивности почв	первый	0,951	0,043	-0,235	0,0209	0,001	0,096	
	второй	-0,692	-0,174	-0,455	-0,166	0,214	0,358	
	третий	0,941	0,046	-0,291	0,041	-0,017	-0,083	
	четвертый	0,509	0,045	-0,340	0,104	-0,081	-0,710	
	шестой	-0,369	0,115	0,841	0,092	-0,172	-0,045	
Суммарная обеспеченность теплом		0,871	0,121	0,331	0,062	-0,092	0,270	
Весна	продолжительность	0,951	0,043	-0,235	0,021	0,001	0,096	
	увлажнение	0,039	-0,129	-0,889	-0,068	0,149	-0,289	
Средняя температура	наиболее тёплого месяца	0,842	0,126	0,384	0,065	-0,099	0,282	
	наиболее холодного месяца	0,926	0,069	-0,222	0,075	-0,059	-0,248	
Структура лесных земель	всего покрытых лесом, %	0,102	0,941	0,052	0,191	0,100	-0,142	
	фонд лесовосстановления, %	0,151	-0,226	-0,141	-0,067	-0,019	0,668	
	всего лесных земель, %	0,097	0,938	0,120	0,240	0,059	0,003	
Структура нелесных земель	сельхозугодья, %	-0,126	-0,833	0,093	0,179	0,184	0,115	
	воды, %	-0,492	-0,077	-0,366	0,149	-0,219	0,102	
	протяжён. дорог и просек на 1 км ² лесного фонда	-0,042	-0,229	-0,174	-0,094	-0,722	0,151	
	усадебь и пр., %	-0,067	0,127	-0,107	0,110	0,601	0,099	
	болота, %	0,054	-0,830	0,059	-0,385	0,031	-0,176	
	пески, %	0,366	-0,056	-0,191	-0,469	-0,046	-0,146	
	прочие, %	0,080	-0,055	-0,507	-0,490	-0,345	0,054	
	всего нелесных земель, %	-0,097	-0,938	-0,120	-0,240	-0,059	-0,003	
Структура площадей по типам лесов	светлохвойные, %	-0,008	-0,047	-0,196	-0,831	-0,306	0,240	
	тёмнохвойные, %	0,158	0,198	-0,255	0,775	0,129	-0,266	
	твёрдолиствен. %	-0,148	0,036	0,913	-0,038	-0,125	-0,234	
	мелколиствен. %, %	0,003	-0,074	-0,099	0,784	0,457	-0,052	
	кустарники, %	-0,122	-0,813	-0,095	0,198	-0,091	0,266	
Средневзвешенные таксационные показатели насаждений по типам лесов	бонитет	хвойные	0,027	-0,095	-0,310	-0,213	0,726	0,076
		тв. листв.	-0,089	-0,010	-0,004	-0,507	0,036	0,406
		м. листв.	-0,312	-0,147	-0,028	-0,666	0,483	-0,169
	полнота	хвойные	-0,224	0,320	0,012	0,497	-0,247	0,002
		тв. листв.	0,179	0,358	0,248	-0,170	-0,681	-0,021
		м. листв.	0,031	0,169	-0,015	0,808	-0,273	0,250

В таблице 1.3 жирным шрифтом выделены максимальные факторные нагрузки, соответствующие переменным в разрезе шести

главных компонент.

Из них наиболее информативным является первый главный компонент, на который приходится 8,089 собственных значений фактора или 23,79% дисперсии из всех 34 переменных, включенных в анализ (таблица 1.1).

Автокорреляция переменных позволила объединить их в отдельные главные компоненты.

Так, в состав первого главного компонента вошли:

- классы продуктивности почв 1 (X_3), 2 (X_4), 4 (X_5), 5 (X_6);
- суммарная обеспеченность теплом (X_8);
- продолжительность весны (X_9);
- средняя температура наиболее теплого месяца (X_{11});
- средняя температура наиболее холодного месяца (X_{12}).

На второй главный компонент приходится 6,328 собственных значений фактора, охвативших 18,61% дисперсии переменных. В его состав вошли следующие переменные:

- земли, покрытые лесом (X_{13});
- всего лесных земель (X_{15});
- сельхозугодья (пашни, сенокосы, пастбища, сады, ягодн.) (X_{16});
- болота (X_{20});
- всего нелесных земель (X_{23});
- кустарники (X_{28}).

На третий главный компонент приходится 4,732 собственных значений фактора, охвативших 13,9% дисперсии переменных. Его составили следующие переменные:

- продуктивность почв 6 (X_7);
- увлажнение весной (X_{10});
- нелесные прочие земли (X_{22});
- площади под твердолиственными лесами (X_{26}).

На четвертый главный компонент приходится 3,371 собственных значений фактора, охвативших 9,9% дисперсии переменных. Его составили следующие переменные:

- площади под светлохвойными лесами (X_{24});
- площади под темнохвойными лесами (X_{25});
- площади под мягколиственными лесами (X_{27});
- средневзвешенный бонитет твердолиственных пород (X_{30});
- средневзвешенный бонитет мягколиственных пород (X_{31});
- средневзвешенная полнота мягколиственных пород (X_{34}).

На пятый главный компонент приходится 2,566 собственных значений фактора, охвативших 7,5% дисперсии. Его составили следующие переменные:

- протяженность дорог и просек на 1 км² лесного фонда (X_{18});
- усадьбы (X_{19});

- средневзвешенный бонитет хвойных пород (X_{29});
- средневзвешенная полнота твердолиственных пород (X_{33}).

На шестой главный компонент приходится 1,938 собственных значений фактора, охвативших 5,7% дисперсии. Его составили следующие переменные:

- площади с продуктивностью почв 5 (X_6);
- фонд лесовосстановления (X_{14}).

Итак, в результате проведения факторного анализа ликвидирована автокорреляция между переменными, что позволило освободиться от так называемых «шумов» и получить координаты объектов в системе факторов. При этом выполнено важное условие факторизации (третье условие Гаусса–Маркова [75, 76]), при котором должны отсутствовать корреляции между главными компонентами. В нашем случае коэффициенты корреляции между факторами ниже 5-процентного уровня значимости ($r_{05}=0,335$).

Таким образом, были получены координаты объектов в системе факторов, которые были использованы на следующем этапе решения классификационной задачи при проведении кластеризации.

1.3. Кластеризация лесничеств в системе координат факторов

Исследование распределений объектов в проекциях полифакториальности при отсутствии автокорреляции является предварительной задачей самой классификации. При этом в результате кластеризации выбирается наиболее подходящая стратегия, ориентированная на объединение объектов (таксонов) в типичные группы либо их разделение. В нашем случае была выбрана разделяющая (дивизивная) стратегия. Эта стратегия позволяет представить проекции кластеров на плоскость первого и второго факторов, содержание которых изложено в предыдущем разделе.

Визуализация проекций семи кластеров на плоскость выбранных факторов представлена на рисунке 1.6.

На рисунке наглядно представлено 7 кластеров со статистическим расстоянием от каждого лесничества до центроида. Достоверность выделения 7 групп лесничеств по шести главным компонентам подтверждается кластеризацией объектов, проведенной по координатам объектов в системе 5, 4 и 3-х главных компонент.

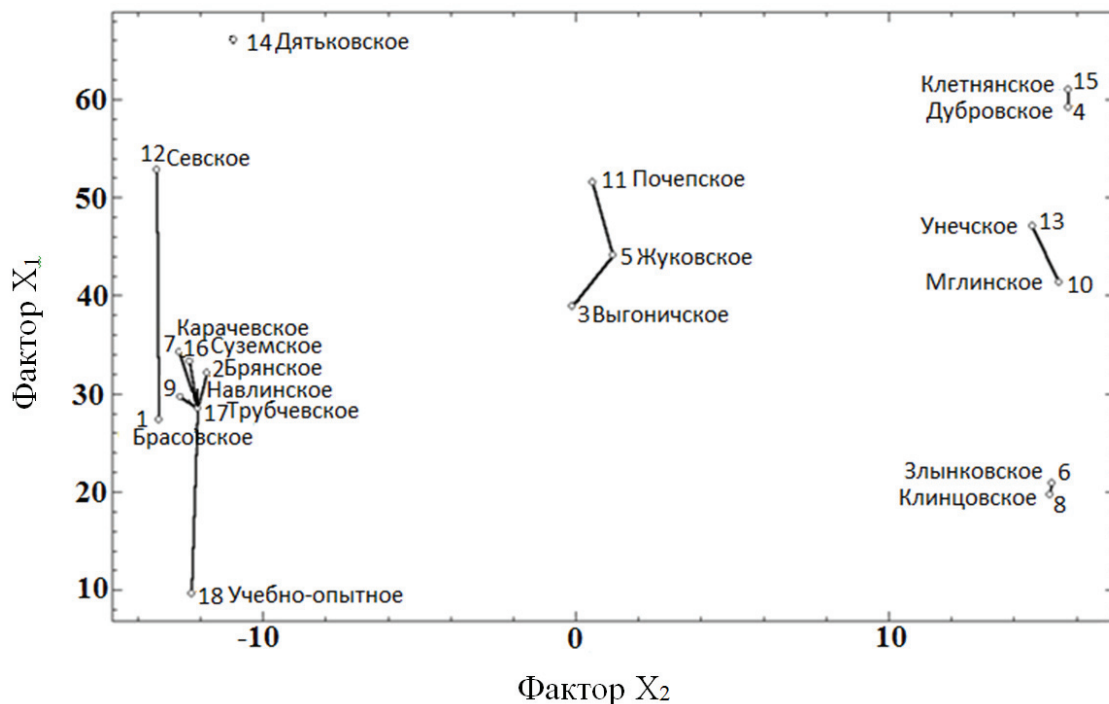


Рисунок 1.6. Проекция семи кластеров на плоскость факторов X1 и X2 на основе 6 главных компонент

По результатам кластерного анализа все лесничества Брянской области были сгруппированы в 7 кластеров:

- в кластер № 1 вошли Дубровское и Клетнянское лесничества;
- в кластер № 2 – Дятьковское лесничество;
- в кластер № 3 – Выгоничское, Жуковское и Почепское лесничества;
- в кластер № 4 – Злынковское и Клинцовское лесничества.

Необходимо добавить, что важное место при отнесении Клинцовского и Злынковского лесхозов к отдельному кластеру занимает высокий уровень загрязнения территории радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС (от 5 до 40 и более Ки/км²);

- в кластер № 5 – Мглинское и Унечское лесничества;
- в кластер № 6 – Брянское, Карачевское, Навлинское, Суземское, Трубчевское и Учебно-опытное лесничества;
- в кластер № 7 – Брасовское и Севское лесничества.

Таким образом, результатом кластеризации явилось определение количества кластеров и объектов (лесничеств), объединенных в отдельный кластер.

Проведенная классификация таксонов позволила выделить в действующей структуре управления лесами группы типичных лесничеств, представляющих отдельные ресурсно-экологические лесные районы Брянской области:

- Дубровско-Клетнянский лесной район (I РЭЛР) (включает Дубровское и Клетнянское лесничества);

- Дятьковский лесной район (II РЭЛР) (включает Дятьковское лесничество);
- Жуковско-Почепский лесной район (III РЭЛР) (включает Жуковское, Выгоничское и Почепское лесничества);
- Клинецовско-Злынковский лесной район (IV РЭЛР) (Клинецовское и Злынковское лесничества);
- Мглинско-Унечский лесной район (V РЭЛР) (включает Мглинское и Унечское лесничества);
- Карачево-Суземский лесной район (VI РЭЛР) (включает Карачевское, Брянское, Учебно-опытное, Навлинское, Трубчевское и Суземское лесничества);
- Брасово-Севский лесной район (VII РЭЛР) (включает Брасовское и Севское лесничества).

При этом выявлено, что Суражское участковое лесничество Клинецовского лесничества, отнесенное к IV району, сходно с Мглинским лесничеством, отнесенным к V району. Аналогично этому Негинское участковое лесничество Суземского лесничества (VI район) сходно с Севским лесничеством (VII район).

Для сохранения целостности (контуров) лесных районов была проведена незначительная корректировка принадлежности лесничеств к однородному классу, что позволило получить карту-схему ресурсно-экологических лесных районов Брянской области. Вариант карты-схемы, раскрашенной по районам, приведен на рисунке 1.7. Вариант карты-схемы, раскрашенной по преобладающим породам, приведён на рисунке 1.8.

Полученная «Карта-схема ресурсно-экологических лесных районов Брянской области» может служить основой для типологического, экологического, экономического и иных видов дробного или целевого районирования, а также для решения других научных и производственных задач.

В случае реорганизации лесничеств, необходимо учесть, что Суражское участковое лесничество Клинецовского лесничества, по комплексной оценке, желательно присоединить к Мглинскому лесничеству. Аналогично Негинское участковое лесничество Суземского лесничества присоединить к Севскому лесничеству.

Карта-схема ресурсно-экологических лесных районов Брянской области



Рисунок 1.7. Карта-схема ресурсно-экологических лесных районов Брянской области

Карта-схема ресурсно-экологических лесных районов Брянской области



Рисунок 1.8. Карта-схема ресурсно-экологических лесных районов Брянской области (с отображением преобладающих пород)

Таким образом, выделенные ресурсно-экологические лесные районы Брянской области имеют наименьшую изменчивость включенных в анализ показателей и потому соответствуют понятию типичности (однородности) по всему перечню задействованных показателей ГУЛФ. Разработанная схема районирования должна стать основой для проведения выборочной инвентаризации лесных ресурсов (ГИЛ), так как типичные районы выделены не субъективно, а на основе многомерных классификационных методов статистического анализа.

Аналогичным образом проведена классификация лесничеств субъектов РФ Северо-Западного федерального округа. Схемы районирования ряда субъектов приведены на рисунках

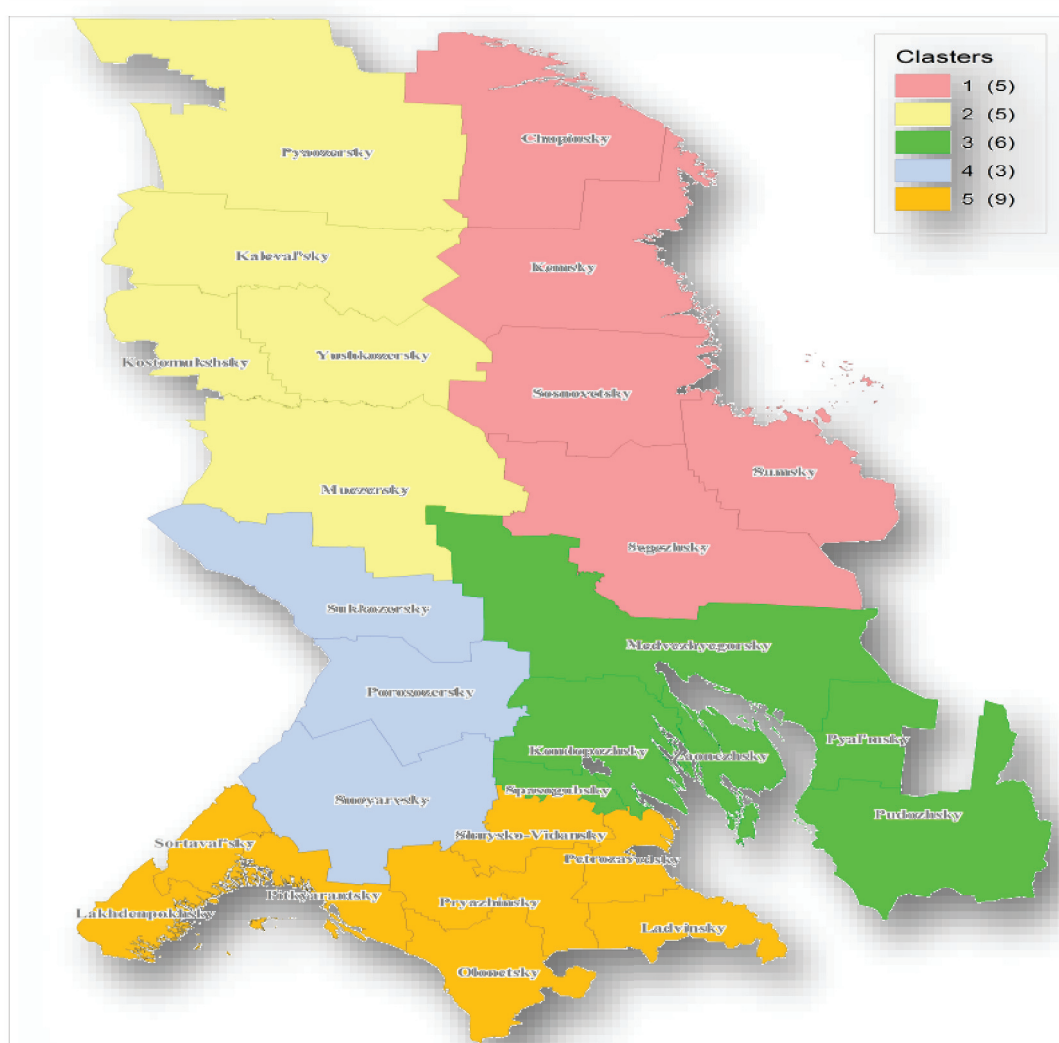


Рисунок 1.9. Карта-схема ресурсно-экологического районирования Республики Карелия



Рисунок 1.10. Карта-схема ресурсно-экологического районирования Республики Коми



Рисунок 1.11. Карта-схема ресурсно-экологического районирования Ленинградской области



Рисунок 1.12. Карта-схема ресурсно-экологического районирования Вологодской области

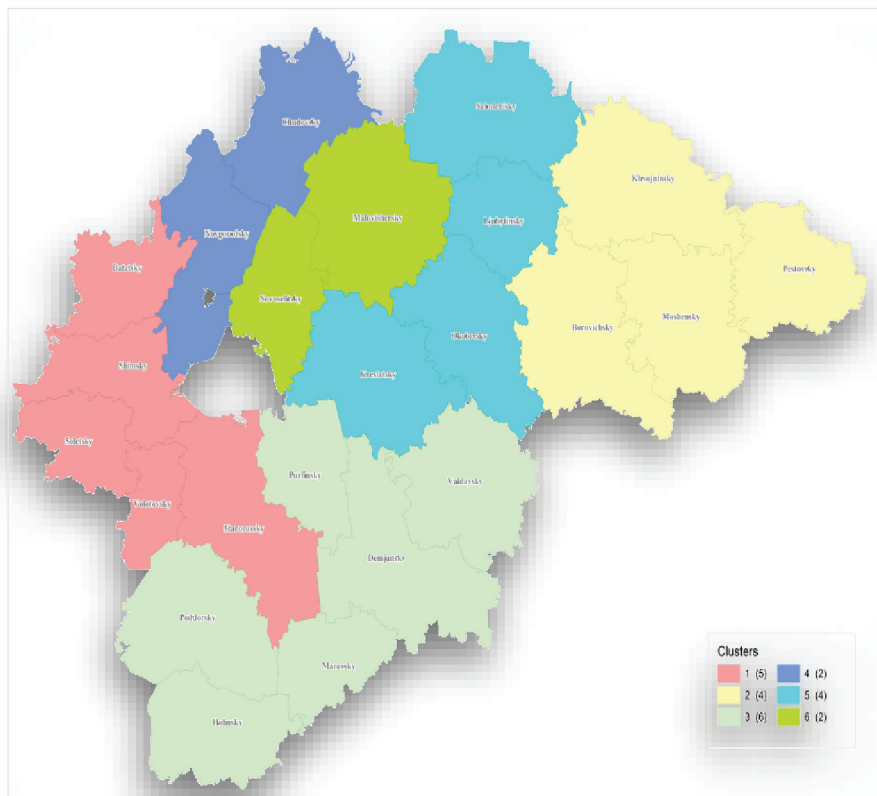


Рисунок 1.13. Карта-схема ресурсно-экологического районирования Новгородской области

Для успешного ведения лесного хозяйства статистически доказанные, **достоверные схемы** лесного районирования должны заменить **«карандашные»**, субъективные и научно не обоснованные, а главное ущербные для лесной отрасли схемы.

2. ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ НОРМАТИВОВ НА БОНИТЕТНОЙ ОСНОВЕ

В настоящее время существует проблема снижения инвестиционной привлекательности сырьевого потенциала лесов. Она вызвана отсутствием на значительной части территории лесного фонда страны материалов лесоустройства. Причиной тому является устаревшая, малоинформативная и не отвечающая современным требованиям нормативно-справочная база в виде лесотаксационных справочников, изданных в 70-80 годах прошлого столетия. На современном этапе развития учения о лесе и необходимостью оптимизации управления лесными ресурсами востребованы **принципиально новые** информационно-справочные системы экологических нормативов, обеспечивающие автоматизацию комплексной оценки лесных ресурсов.

2.1. Действующие нормативы для таксации древостоев

Нормативы, характеризующие ход роста древостоев, впервые были получены в середине XIX века в Германии Адамом Шваппахом [83], а в России А.Р. Варгасом де Бедемаром [3] на основе материалов пробных площадей Тульской, Санкт-Петербургской и Самарской губерний.

В 1911 году профессором М.М. Орловым [33] была предложена общескандинавская шкала, которая составлена без подразделения по породам и является общей для всех пород. В основу ее положены три признака: возраст, происхождение древостоев и средняя высота. Происхождение было принято во внимание ввиду разной интенсивности роста древостоев семенного и порослевого происхождения в отдельные возрастные периоды.

Большой вклад в изучение хода роста внесли труды профессора А. В. Тюрина [49, 51, 52]. В 1913 году им была составлена таблица хода роста для сосновых древостоев Архангельской области до возраста их полного разрушения.

Опытные таблицы, предложенные профессором А.В. Тюриным [52] для обширной территории, получили название всеобщих, а по материалам, собранным с небольшой территории – местных.

В последующие годы существенный вклад в разработку методики и составление таблиц и внесли Н.В. Третьяков [47], Д.А. Милованович [30]. Параллельно в других странах М. Продан [82], Бертрам Хуш [81] составляли таблицы, общей основой которых явилось выявление и формализация закономерностей роста древостоев [2].

В Чехословакии оригинальную методику составления таблиц хода роста древостоев предложил Ф. Корсунь [24]. При составлении таблиц

по его методике используются массовые данные пробных площадей, заложенных в полных одновозрастных древостоях. При этом Ф. Корсунь справедливо указывает на то, что **число деревьев является самым ненадежным таксационным показателем.**

Профессор М. Продан [82] в критическом обзоре указывает на повышенный интерес к математической интерпретации таксационных соотношений, а также к разработке статистических моделей роста древостоев.

Примером является таблицы хода роста для ели Баварии, составленные Ассманом и Францем [78]. Главные взаимосвязи построения этих таблиц находятся друг с другом в определенных математических соотношениях.

Следует особо отметить то, что существующая конструкция таблиц хода роста условна и отражает статичное состояние совокупности сомкнутых древостоев, ранжированных по классам бонитета. В научных кругах сформировалось убеждение в том, что путь составления таблиц хода роста по бонитетам не имеет экологической основы и является тупиковым. А самое главное - этот путь по своим научно-методическим принципам не позволяет учесть всего разнообразия породной, возрастной, вертикальной и горизонтальной структуры древостоев [67].

Опыт применения всеобщих таблиц хода роста, составленных профессором А.В. Тюриным, показал, что они удовлетворительно характеризуют ход роста по средней высоте, запасу и приросту древостоев. Однако зачастую табличные **данные по густоте и среднему диаметру древостоев не совпадают с фактическими значениями** [49, 51, 53].

Действующие нормативы по своим методическим решениям не имеют должной аналитической основы и не в состоянии решать задачи комплексной оценки древесных ресурсов.

Наряду с таблицами хода роста полных (сомкнутых) древостоев для таксации леса используются стандартные, сортиментные и товарные таблицы. В последнее десятилетие указанный перечень нормативов дополнен таблицами биологической продуктивности насаждений, разработанными В.А.Усольцевым [55] и группой исследователей под руководством А.З. Швиденко [70].

Для отдельных бонитетов по возрастам приводятся значения средних высот и диаметров, видовых чисел, числа деревьев на 1 га, суммы площадей сечений, запасов, показателей продуктивности древостоев по массе древесных стволов, сучьев, хвои (листвы), коры, корней деревьев. Слабым звеном нормативов статичного состояния совокупности чистых по составу древостоев является то, что они не учитывают влияния полноты и густоты на все перечисленные таксационные показатели. Доля площадей лесного фонда России,

занятых средне- и низкополнотными древостоями, составляет более 90 процентов. Это обстоятельство вызывало острую необходимость в усовершенствовании существующих лесотаксационных нормативов. Продуктивность древостоев, показанная в таблицах хода роста, выражена запасом стволовой древесины, оценить которую с экономической точки зрения позволяют сортиментно-сортные таблицы. Но так как они составлены по разрядам высот только для приспевающих, спелых и перестойных древостоев, то остаются незадействованные нормативами молодняки и средневозрастные древостои. Более того, разрозненность таблиц хода роста, сортиментных таблиц, строения древостоев по толщине деревьев, и как следствие товарных таблиц, делает их малоинформативными для практического использования.

2.2. Предлагаемый комплекс взаимоувязанных нормативов для таксации древостоев

Целью разработки первой версии информационно-справочной системы (ИСС) является усовершенствование лесотаксационных нормативов для сосновых, еловых, дубовых, березовых и осиновых древостоев путем стыковки таблиц хода роста, сортиментных таблиц и таблиц распределения числа деревьев по толщине для получения выхода деловой, крупной, средней, мелкой древесины, дров и отходов.

Информационной основой при разработке первой версии новых нормативов являлись многомерные статистические модели, разработанные на основе данных региональных таблиц хода роста [13], сортиментных таблиц Н.П. Анучина, приведенных к единой форме согласно «Требованиям...» [14], а также моделей распределения числа деревьев по толщине, предложенных автором монографии [66].

Зона действия разработанных нормативов относится к центральному лесотаксационному району, включающему Московскую, Владимирскую, Тверскую, Костромскую, Брянскую, Калужскую, Рязанскую, Тамбовскую, Ивановскую, Смоленскую, Нижегородскую, Кировскую, Тульскую, Ярославскую области.

Новые нормативы отображают лесотаксационные закономерности формирования как отдельных деревьев, так и древостоев в целом. Одним из главных элементов нормативов являются закономерности изменения объемов стволов деревьев, выхода объема деловой древесины, категорий крупности, дров и отходов от размеров и возраста деревьев. Их сочетание с закономерностями распределения числа деревьев по толщине позволило получить распределения обезличенной и товарной древесины в древостоях разного возраста, полноты и средней высоты в 100-летнем возрасте.

ИСС нормативов подготовлена для основных лесообразующих пород центральных районов Европейской части РФ и включает в себя:

- 1) ход роста древостоев разных уровней продуктивности, выраженных средней высотой в 100-летнем возрасте древостоев с преобладанием сосны, ели и дуба и в 50 -летнем возрасте с преобладанием березы и осины;
- 2) относительную полноту древостоев;
- 3) распределение числа деревьев, суммы площадей сечения, обезличенного запаса, запаса деловой древесины и выхода древесины по категориям крупности, дровам и отходам.

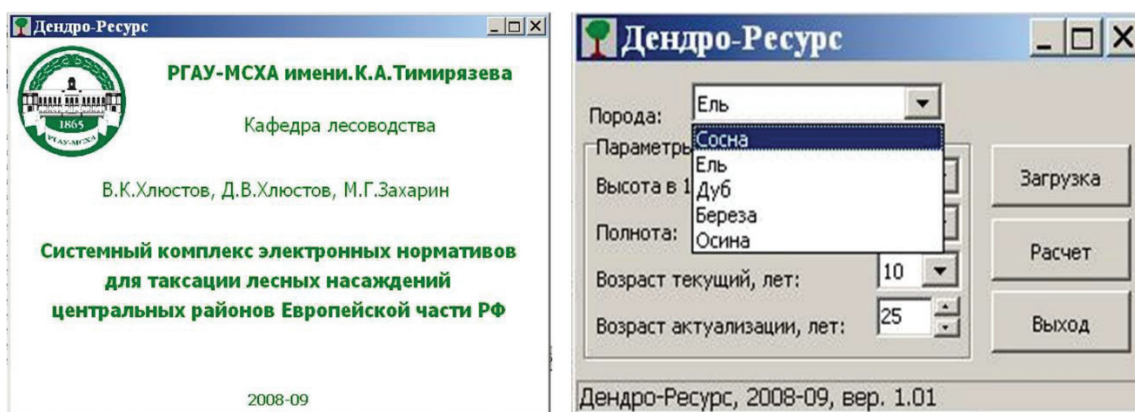


Рисунок 2.1. Титульный лист и загрузочная панель справочника

Для входа в справочник следует закрыть титульный лист, на мониторе появится загрузочная панель, на которой выбирается древесная порода при долевом участии в составе 10 единиц. Команда «Загрузка» выдает окна для набора следующих показателей:

- древесная порода;
- средняя высота древостоя в 100- или 50-летнем возрасте;
- относительная таксационная полнота;
- текущий возраст - возраст на данный момент времени;
- возраст актуализации.

Основное		Диаметр		Число		Сумма пл.сечен.		Высота		Запас древостоя		Деловая др.		Крупная др.		Средн.и мел.др.		Дрова и отход				
Возраст	Верх.высот	Сред.высот	Сред.диам	Видовое ч	Видовая вы	Число дерев	Сумма сечен	Объем ср.д	Запас,куб.м	Н	В	М	Сред.измен	Тек.измен	Парам.наш	Парам.наш	Парам.наш	Итого дел.	Итого круп.	Итого сред.	Итого дров	
A	H	H	D	F	H	N	G	V	M	Згр.	Зтек.	Двек.	Дмек.	Рв								
25(прогноз)	15,65	10,60	8,90	0,5585	5,85	5413,00	29,75	0,0430	179,00	6,95	10,25	1,92	18,85	76,33	161,60	0,10	161,55	62,95				
10	5,90	3,70	2,60	0,8610	3,20	22430,00	11,80	0,0020	37,00	3,70	0,00	0,29	6,87	85,91	11,10	0,00	11,10	44,30				
20	12,60	8,00	6,50	0,5940	4,80	7354,00	24,40	0,0160	116,00	5,80	7,90	1,16	14,62	78,43	95,60	0,00	95,60	61,50				
30	18,70	13,20	11,30	0,5230	6,90	3472,00	35,10	0,0700	242,00	8,10	12,60	2,68	23,08	74,22	227,60	0,20	227,50	64,40				
40	23,50	18,20	16,70	0,4940	9,00	1983,00	43,60	0,1980	393,00	9,80	15,10	4,79	31,75	71,42	369,50	14,10	355,20	69,90				
50	27,40	22,80	22,30	0,4800	10,90	1287,00	50,30	0,4270	549,00	11,00	15,60	7,38	40,19	69,42	508,80	84,90	424,10	77,80				
60	30,60	26,70	27,80	0,4710	12,60	916,00	55,50	0,7630	699,00	11,60	14,90	10,25	48,12	67,92	642,80	223,10	419,70	84,80				
70	33,30	30,00	33,00	0,4660	14,00	700,00	59,70	1,1930	835,00	11,90	13,60	13,25	55,35	66,78	768,30	398,70	369,80	89,10				
80	35,50	32,80	37,70	0,4620	15,10	564,00	63,00	1,6920	954,00	11,90	12,00	16,22	61,82	65,90	883,70	575,50	308,50	90,30				
90	37,30	35,00	42,00	0,4600	16,10	474,00	65,60	2,2290	1057,00	11,70	10,30	19,05	67,51	65,20	987,20	731,60	255,80	89,10				
100	38,70	37,00	45,80	0,4580	16,90	412,00	67,80	2,7780	1144,00	11,40	8,70	21,68	72,45	64,65	1078,20	861,40	217,10	86,10				
110	39,90	38,40	49,10	0,4560	17,50	367,00	69,50	3,3140	1217,00	11,10	7,30	24,07	76,72	64,20	1157,40	966,80	190,50	82,20				
120	40,90	39,60	51,90	0,4550	18,00	334,00	70,80	3,8190	1277,00	10,60	6,00	26,21	80,36	63,84	1224,50	1052,00	172,60	77,90				
130	41,70	40,60	54,40	0,4540	18,40	310,00	71,90	4,2840	1326,00	10,20	4,90	28,09	83,46	63,55	1280,80	1120,80	160,00	73,60				
140	42,30	41,40	56,50	0,4530	18,80	291,00	72,80	4,7020	1366,00	9,80	4,00	29,72	86,08	63,32	1327,70	1176,50	150,90	69,60				
150	42,80	42,00	58,30	0,4530	19,00	276,00	73,50	5,0700	1398,00	9,30	3,20	31,13	88,29	63,12	1366,00	1221,80	144,00	66,10				
160	43,20	42,50	59,70	0,4520	19,20	264,00	74,00	5,3900	1424,00	8,90	2,50	32,33	90,13	62,97	1397,00	1258,00	139,00	63,10				

Рисунок 2.2. Параметры еловых древостоев из раздела «Основное» с закладками классов диаметра, теоретических частот распределения деревьев по классам толщины и другим таксационным показателям.

Активирование каждой закладки позволяет получить таблицу значений таксационных показателей по десяти классам в диапазоне от минимального до максимальных диаметров в текущем и актуализируемом возрасте древостоев. Для наглядного представления табличных данных в справочнике имеется функция «График», активирование которой выводит рисунки 3.3, 3.4, 3.5 и 3.6 - распределения для выбранных возрастов.

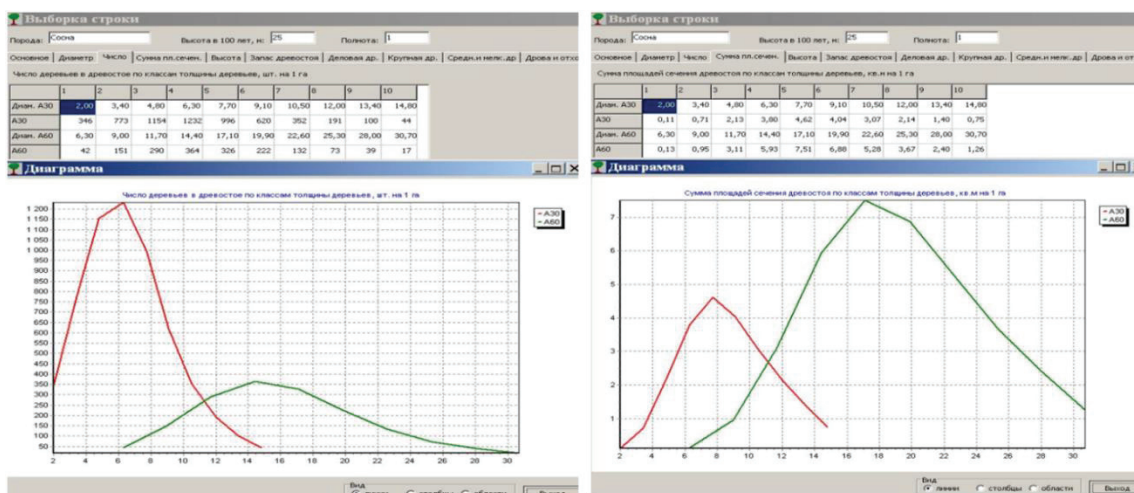


Рисунок 2.3. Диаграммы распределения числа деревьев (слева) и сумм площадей сечения (справа) по классам толщины деревьев при $H_{100}=25$ м и $\Pi=1,0$ сосновых древостоев

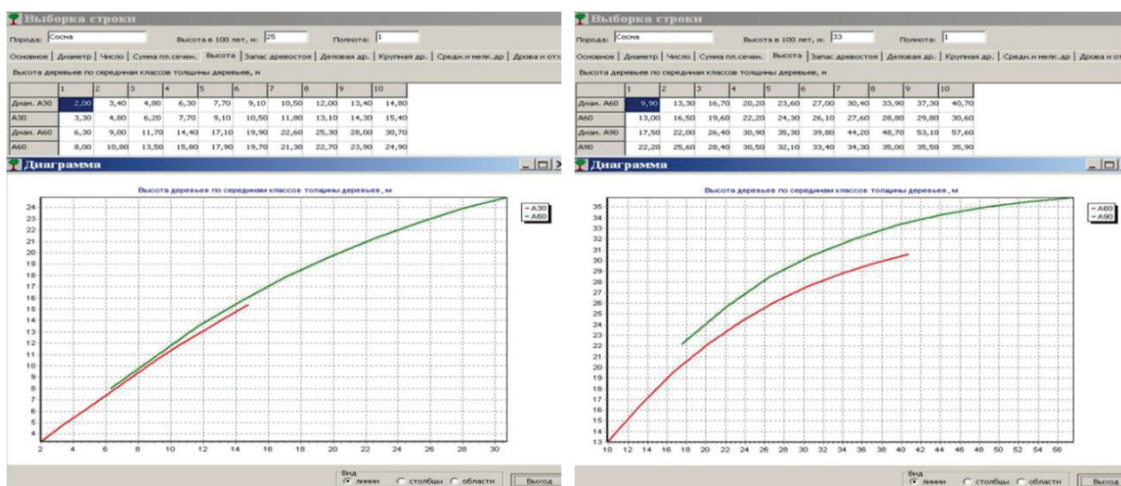


Рисунок 2.4. Изменение графиков высот в текущем и актуализируемом возрасте для 30 и 60 лет при $H_{100}=25$ м (слева) и в 60 и 90 лет при $H_{100}=33$ м (справа) в сосновых древостоях при $\Pi=1$

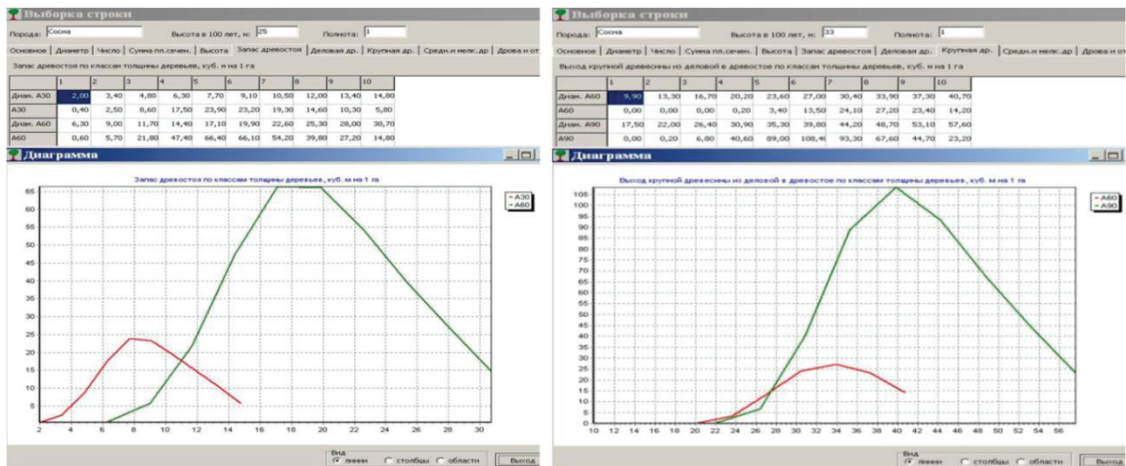


Рисунок 2.5. Кривые распределения запаса сосновых древостоев в возрасте 30 и 60 лет при $H_{100}=25$ м и $\Pi=1,0$ и выхода крупной древесины в возрасте 60 и 90 лет

Функция перехода в электронную таблицу «MS Excel» дает возможность пользователю производить необходимые расчеты в заданных параметрах ввода данных по средней высоте в базовом возрасте (H_{100} и H_{50}) и полноте древостоев в диапазоне полноты от 0,4 до 1,0 ед. в выбранных возрастах.

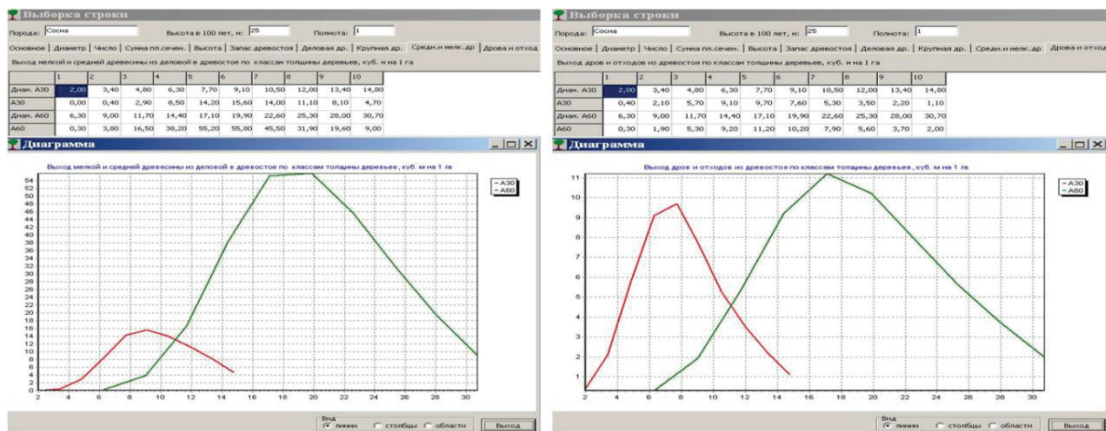


Рисунок 2.6. Кривые распределения выхода мелкой и средней древесины (слева), выхода дров и отходов (справа) в сосновых древостоях в возрасте 30 и 60 лет при $H_{100}=25$ м и $\Pi=1,0$

Была произведена производственная проверка справочника в сосновых, еловых, дубовых, березовых и осиновых древостоях при примеси других пород в составе не более 40%.

Материалом для оценки адекватности статистических моделей, заложенных в справочник, послужили данные 14916 лесотаксационных выделов лесничеств Нижегородской, Рязанской, Костромской областей и Национального парка «Марий Чодра».

Таблица 2.1. Среднеквадратические отклонения данных по нормативам от данных производственной инвентаризации лесов

Хозяйствующий субъект	Древесная порода/кол-во выделов	Запас		Средний диаметр	
		систематическое, %	случайное, ± %	систематическое, %	случайное, ± %
Лукояновское л-во Нижегородской обл.	дуб/680	-0,8	10,2	-0,83	12,9
Клепиковское л-во Рязанской обл.	сосна/4442	-0,12	6,8	-0,15	11,8
Клепиковское л-во Рязанской обл.	береза/3216	-0,01	7,58	-0,02	12,2
Нейское л-во Костромской обл	сосна/1383	0,04	4,97	-0,01	8,63
Нейское л-во Костромской обл	ель/613	-0,06	5,43	-0,01	7,46
Нейское л-во Костромской обл	береза/1811	-0,46	6,72	-0,61	8,61
НП «Марий Чодра»	сосна/567	-0,09	6,2	-0,03	10,8
НП «Марий Чодра»	ель/211	-0,07	10,0	0,07	8,3
НП «Марий Чодра»	береза/1520	0,80	10,4	-0,13	9,2
НП «Марий Чодра»	осина/384	-1,73	10,0	-0,12	6,9
НП «Марий Чодра»	дуб/89	0,09	14,15	-1,57	11,4

После незначительной корректировки (адаптации) моделей запаса и среднего диаметра древостоев к конкретному региону были полностью исключены систематические отклонения. Результаты проверки приведены в таблице и свидетельствуют о достаточно высокой точности предложенных нормативов. Работа с электронным справочником проста и позволяет существенно ускорить решение многих практических и научных задач в лесоинвентаризации, лесоустройстве, экономике лесного хозяйства и лесной промышленности.

2.3. Моделирование возрастной динамики средних и верхних высот древостоев с разной энергией роста в высоту

Одной из основных задач прогнозирования таксационных показателей роста является моделирование возрастной динамики средних и верхних высот древостоев.

Появившиеся впервые в конце XIX века в Германии (A.Schwarbach) шкалы классов бонитета (Standortklasse) были адаптированы к условиям российских лесов и получили название общепонитеровочных шкал профессора М.М. Орлова для древостоев семенного и порослевого происхождения.

Критическая оценка этих нормативов была приведена в исследованиях ВНИИЛМ [13]. В результате были предложены новые бонитеровочные шкалы, учитывающие энергию роста древесных пород в высоту. В результате чего было сформировано учение о типах роста, которое позволило систематизировать кривые хода роста основных таксационных показателей древостоев.

Полученная В.В. Загреевым система типов кривых роста была подвергнута тщательному анализу с позиций подбора функций, наиболее точно отображающих возрастную динамику таксационных показателей.

Большую работу в этом направлении провел А.К. Кивисте [20, 21], систематизировавший 75 функций роста выделив IV группы моделей по числу параметров, определяющих особенности ростовых функций. Лучшие результаты по аппроксимации типов кривых роста были получены при использовании функции роста с пятью и шестью параметрами, а именно функции:

- Yoshida II

$$y = A^{C_0} / (b_0 + b_1 A^{C_0-1} + b_2 A^{C_0}) - C_1 \quad (2.1)$$

-Todorovic IX

$$y = c_0 (A/100)^{b_0 + b_1 x + b_2 x^{c_1}}, \quad (2.2)$$

где $x=2A/(100+A)$

- Pearl-Reed

$$y = c_0 / [1 + \exp(b_0 + b_1 A + b_2 A^2 + b_3 A^3)] \quad (2.3)$$

где: y - таксационный показатель роста (H_{cp} , м; D_{cp} , см;

M , куб. м/га);

A -возраст древостоя, лет;

b, c – численные коэффициенты уравнения.

Теоретические исследования А.К. Кивисте были ограничены отдельными типами роста.

При математической интерпретации закономерностей роста важным является построение системы кривых во всем диапазоне уровней продуктивности.

При этом важно отображать закономерности не порядковой (ординальной) шкале, а высотой в конкретно заданном базовом возрасте древостоя. Таким возрастом для сосновых, еловых, дубовых древостоев был принят возраст 100 лет, для березовых и осиновых древостоев – 50 лет. Градация по средней высоте в указанных возрастах была 1 м, в диапазоне измерений для сосновых древостоев от 6 до 39 м ($H_{100} = 6$ м и $H_{100} = 39$ м), для еловых древостоев от 37 до 10 м, для дубовых от 37 м до 17 м, для березовых от 27 м до 13 м и для осиновых от 26 м до 10 м.

2.3.1. Возрастная динамика средних высот древостоев с замедленной энергией роста

В результате построения статистических моделей возрастной динамики средних высот древесных пород с замедленной энергией роста (ель, пихта) была получена регрессия вида:

$$H = \exp(9,91689 - 16,7699 \ln A + 6,31196 \ln^2 A - 0,85811 \ln^3 A + 0,03837 \ln^4 A - 0,80249 \ln H_{100} + 2,32681 \ln A \ln H_{100} - 0,67674 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,055693 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.4)$$

$$R^2=1,0; t_p > t_{05}=2,0$$

где:

H – средняя высота древостоя, м;

A – возраст, лет;

H_{100} – средняя высота в 100-летнем возрасте, м;

R^2 – коэффициент детерминации;

t_p – критерий значимости численных коэффициентов уравнения.

t_{05} – критерий теоретический на 5 % уровне значимости.

Функциональная взаимосвязь средних высот с возрастом ($R^2=1,0$) указывает на высокую точность предложенной модели. Статистическая значимость численных коэффициентов $t_p > t_{05} = 2,0$ свидетельствует о правильном выборе структуры регрессии. Графическая интерпретация модели (2.4), представленная на рисунке 2.7 подтверждает её высокую точность.

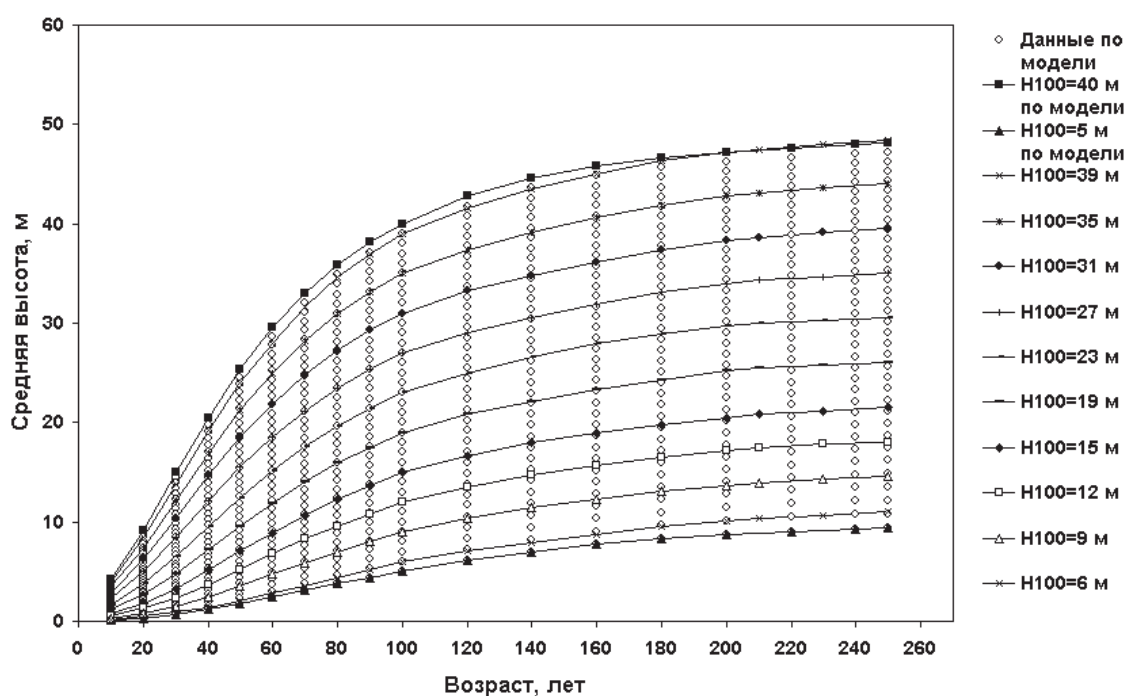


Рисунок 2.7. Графическое сопоставление бонитетной шкалы ВНИИЛМ для древесных пород замедленного роста (ель, пихта) с данными, полученными по модели (2.4)

Во всех случаях изображенные на рисунке данные по модели в диапазоне от 5 до 40 метров в 100-летнем возрасте укладываются в порядковую (ординальную) шкалу классов бонитета для древесных пород замедленного роста. При дальнейшей графической интерпретации достоверности модельных построений регрессии представляются только в разрезе принятых бонитетных шкал.

2.3.2. Возрастная динамика средних высот древостоев с умеренной энергией роста

Статистическое моделирование хода роста древесных пород с умеренной энергией роста по высоте (сосна, лиственница, дуб семенной, кедр, бук) позволило получить регрессию вида:

$$H = \exp(2,65326 - 7,89432 \ln A + 3,22338 \ln^2 A - 0,44199 \ln^3 A + 0,01888 \ln^4 A + 1,37279 \ln A \ln H_{100} - 0,410958 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,03481 \ln^3 A \ln H_{100})$$

$$R^2=0,999; t_p > t_{05}=2,0$$
(2.5)

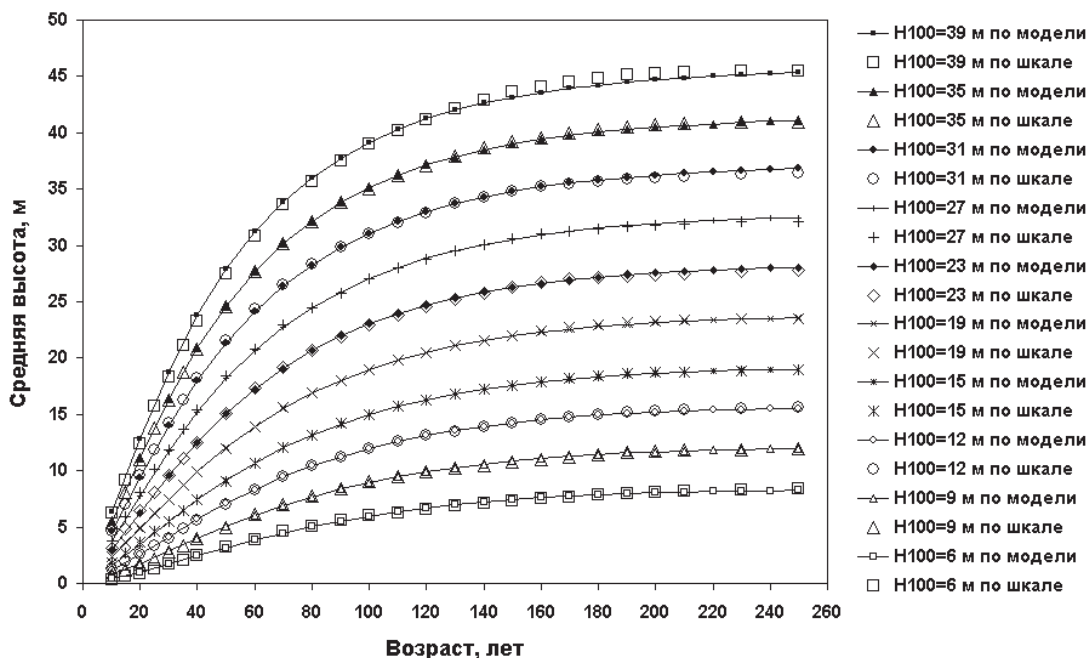


Рисунок 2.8. Графическое сопоставление бонитетной шкалы ВНИИЛМ для древесных пород умеренного роста (сосна, лиственница, дуб семенной, кедр, бук) с данными, полученными по модели (2.5)

Очень высокий показатель детерминации ($R^2=0,999$), значимость численных коэффициентов модели указывают на правильную выбранную структуру регрессии, позволяющую получить достоверные результаты моделирования. Сопоставление модельных кривых и линий изменения средних высот в бонитетной шкале свидетельствует о достаточно точной аппроксимации рассматриваемой закономерности.

2.3.3. Возрастная динамика средних высот древостоев с ускоренной энергией роста

Статистическое моделирование возрастной динамики древесных пород с ускоренной энергией роста по высоте (береза, осина, ольха, дуб порослевой, липа) проведено в соответствии с принятой структурой регрессии. В результате была получена модель роста, в диапазоне средних высот в 100-летнем возрасте от 12 до 35 м.

$$H = \exp(-0,63213 - 9,15539 \ln A + 4,06062 \ln^2 A - 0,48716 \ln^3 A + 0,00954 \ln^4 A + 2,86315 \ln A \ln H_{100} - 1,05365 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,10391 \ln^3 A \ln H_{100})$$

$$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$$
(2.6)

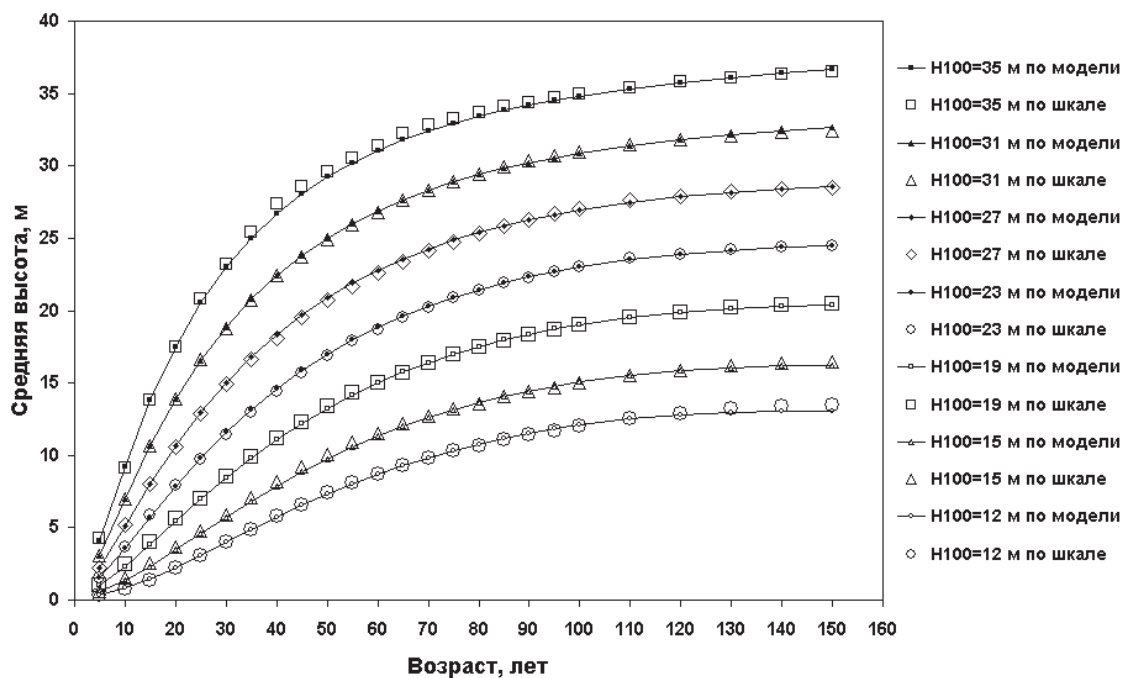


Рисунок 2.9. Графическое сопоставление бонитетной шкалы ВНИИЛМ для древесных пород ускоренного роста (береза, осина, ольха, дуб порослевой, липа) с данными, полученными по модели (2.6)

Очень высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,999$), значимость численных коэффициентов $t > t_{05}=2,0$ подтверждают надежность модели. Графическое сопоставление данных бонитетной шкалы с результатами, полученными по уравнению регрессии подтверждают достоверность модельных построений (Рис. 2.9).

Практическое использование предложенной модели позволяет построить кривые роста при любой заданной средней высоте древостоев в 50-летнем возрасте.

2.3.4. Возрастной динамики средних высот древостоев с замедленной энергией роста

Четвертая группа древесных пород, представленная тополем, ивой, акацией белой характеризуется быстрой энергией роста по высоте. Моделирование возрастной динамики средних высот указанных древесных пород позволило получить уравнение регрессии вида:

$$\begin{aligned}
 H = \exp(-9,717049 - 2,581092 \ln A + 2,253874 \ln^2 A - \\
 - 0,268139 \ln^3 A + 2,856792 \ln H_{100} + 0,989683 \ln A H_{100} - \\
 - 0,625806 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,070158 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.7) \\
 R^2=0,999; t_p \gg t_{05}=2,0
 \end{aligned}$$

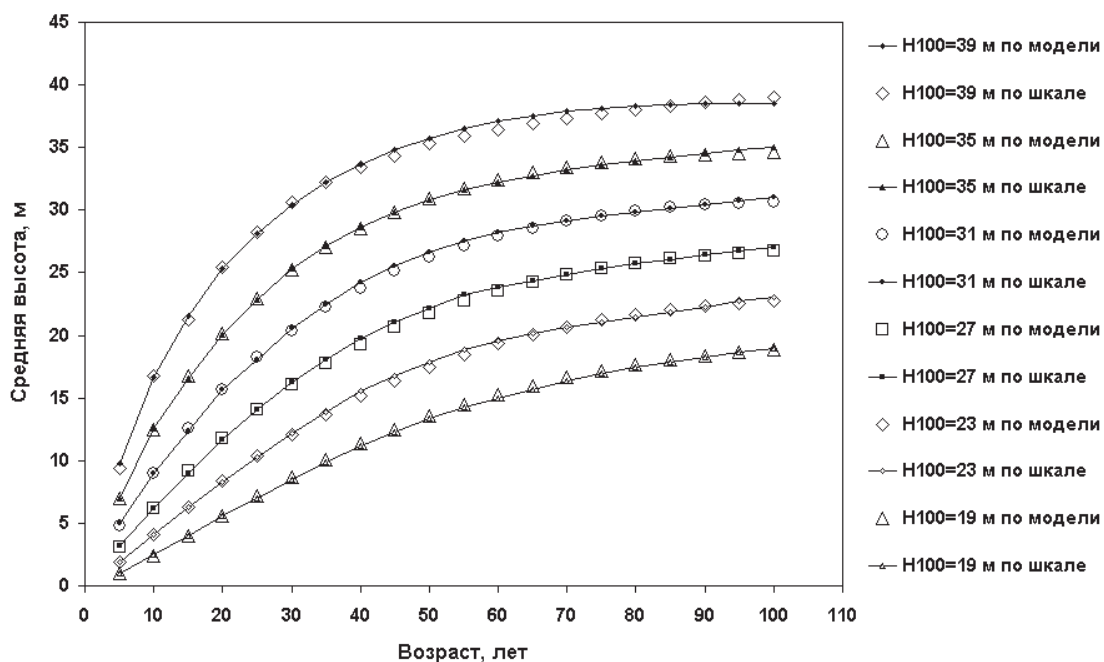


Рисунок 2.10. Графическое сопоставление бонитетной шкалы ВНИИЛМ для древесных пород быстрого роста (тополь, акация белая, ива) с данными, полученными по модели (2.7)

Наличие почти функциональной зависимости средней высоты от возраста и средней высоты в 50-летнем возрасте и статистической значимости численных коэффициентов указывают на высокую надежность результатов моделирования.

Графическое представление рассматриваемой взаимосвязи подтверждает совпадение кривых роста средних высот по модели и бонитероочной шкале (Рис. 2.10).

Итак, располагая по каждой группе древесных пород моделям, отображающими возрастную динамику средних высот для любой заданной средней высоты древостоев в 100-летнем (I и II группы) или 50-летнем возрасте (III и IV группы) получаем возможность детализации лесотаксационных нормативов независимо от классов бонитета при любой градации средней высоты в базовом возрасте.

Несмотря на высокую надежность полученных статистических моделей следует признать их ограниченность одним базовым возрастом 100 и 50 лет, что ограничивает их использование при решении задач прогнозирования роста и оценки ретроспективы роста в прошлом.

Устранение этого недостатка показано в следующем разделе.

2.3.5. Взаимосвязь возрастной динамики роста древостоев по верхней и средней высоте

Внедрение выборочной формы ведения хозяйства с интенсивно проводимыми рубками в средневозрастных, приспевающих и спелых древостоях требует разработки лесотаксационных нормативов и моделей лесопользования, включающих не среднюю, а верхнюю

высоту. Поэтому актуальными следует считать статистически достоверные параметры средних высот из 100-150 наиболее крупных деревьев в древостое [2].

Методически верное решение этой задачи должно базироваться на достоверной динамике строения древостоев по толщине деревьев.

Итак, принимая во внимание достоверное определение 100-150 самых крупных деревьев в ряду распределения, были рассчитаны верхние высоты для каждого возраста по формуле Лорея:

$$H_L = \sum (g_i \cdot h_i) / G$$

где:

g_i – площадь сечения деревьев ряда распределения по классам толщины самых крупных деревьев (до 100-150 шт./га), м²;

h_i – высота деревьев, снятая с графика высот, соответствующая диаметру деревьев соответствующего класса толщины деревьев, м;

G – площадь сечения 100-150 самых крупных деревьев на 1 га, м²,

Специфика раздела заключается в определении соотношений между средней и верхней высотами. Поэтому по результатам строения древостоев и графиков высот в разных возрастах и уровнях продуктивности были получены значения верхних высот. Эти данные позволили построить модель взаимосвязи верхней высоты с возрастом и средней высотой древостоя, которые напрямую связаны с уровнями продуктивности древостоев. Для сосновых древостоев модель верхней высоты представлена регрессией вида:

$$H_{\text{верх}} = \exp(1,85239 \ln N - 0,47199 \ln^2 N + 0,09086 \ln^3 N - 0,00573 \ln^4 N - 0,19110 \ln A + 0,133395 \ln^2 A - 0,03672 \ln^3 A + 0,00318 \ln^4 A) \quad (2.8)$$

$$R^2=0,999; t_p > t_{05}=2,0$$

где:

$H_{\text{верх}}$ – верхняя высота деревьев, м;

N – средняя высота деревьев, м;

A – возраст, лет.

Очень высокий показатель детерминации ($R^2=0,999$), значимость численных коэффициентов ($t_p > t_{05}=2,0$) указывают на высокую надежность полученных результатов моделирования.

Графически расхождение верхних и средних высот в разном возрасте сосновых древостоев представлена на рисунке 2.11.

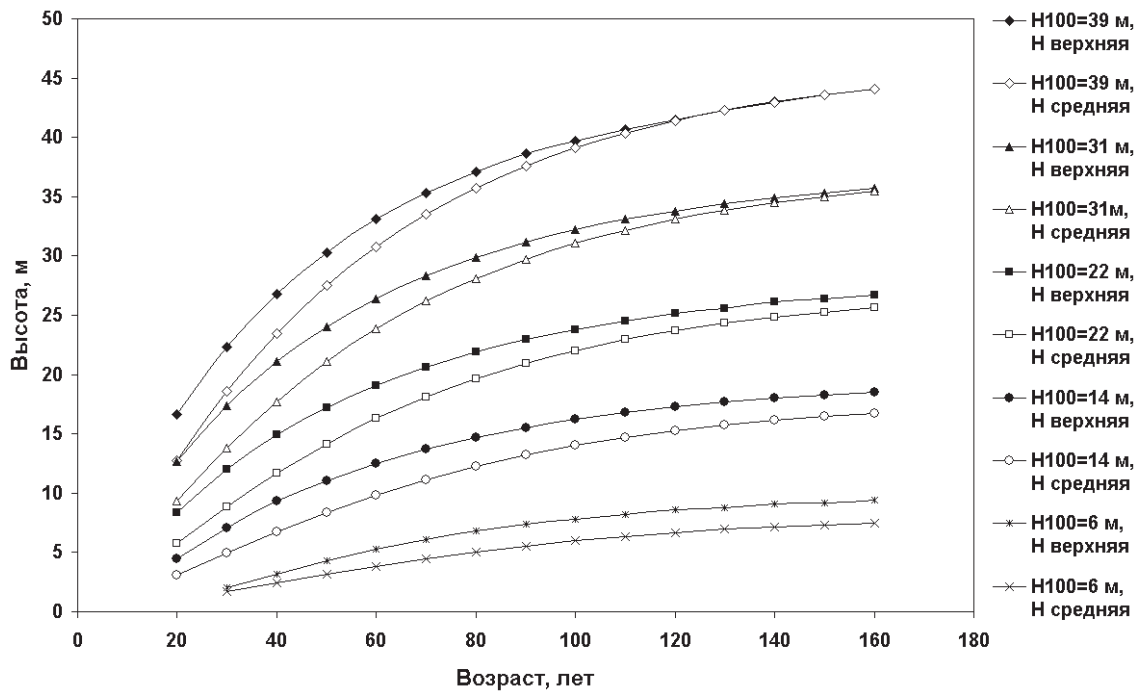


Рисунок 2.11. Возрастная динамика верхней и средней высот сосновых древостоев при различной средней высоте древостоев в 100-летнем возрасте

Расхождение параметров средних и верхних высот естественно связано с возрастом древостоев и типом условий местообитания. Чем жестче условия, тем больше дифференциация деревьев по высоте. К возрасту спелости в высоко продуктивных древостоях, произрастающих в лучших условиях местообитания средние и верхние высоты становятся очень близкими. В худших условиях сильная дифференциация сохраняется в течение всего периода роста древостоя. Конкретный вид моделей представлен регрессиями (2.8) - (2.12)

Ель

$$H_{\text{верх}} = \exp(1,68755 \ln N - 0,12444 \ln^2 N - 0,04552 \ln^3 N + 0,00985 \ln^4 N - 0,03796 \ln^2 A + 0,00472 \ln^3 A) \quad (2.9)$$

$$R^2=0,999; t_p > t_{05}=2,0$$

Дуб

$$H_{\text{верх}} = \exp(1,77312 \ln N - 0,36369 \ln^2 N + 0,04615 \ln^3 N - 0,00520 \ln^3 A + 0,00070 \ln^4 A) \quad (2.10)$$

$$R^2=0,999; t_p > t_{05}=2,0$$

Береза

$$H_{\text{верх}} = \exp(0,91061 \ln N + 0,68117 \ln A - 0,29966 \ln^2 A + 0,04870 \ln^3 A - 0,00259 \ln^4 A) \quad (2.11)$$

$$R^2=0,999; t_p > t_{05}=2,0$$

Осина

$$H_{\text{верх}} = \exp(-3,28228 + 0,85952 \ln H + 4,82376 \ln A - 2,16757 \ln^2 A + 0,41936 \ln^3 A - 0,02982 \ln^4 A) \quad (2.12)$$

$R^2=0,999$; $t_p > t_{05}=2,0$

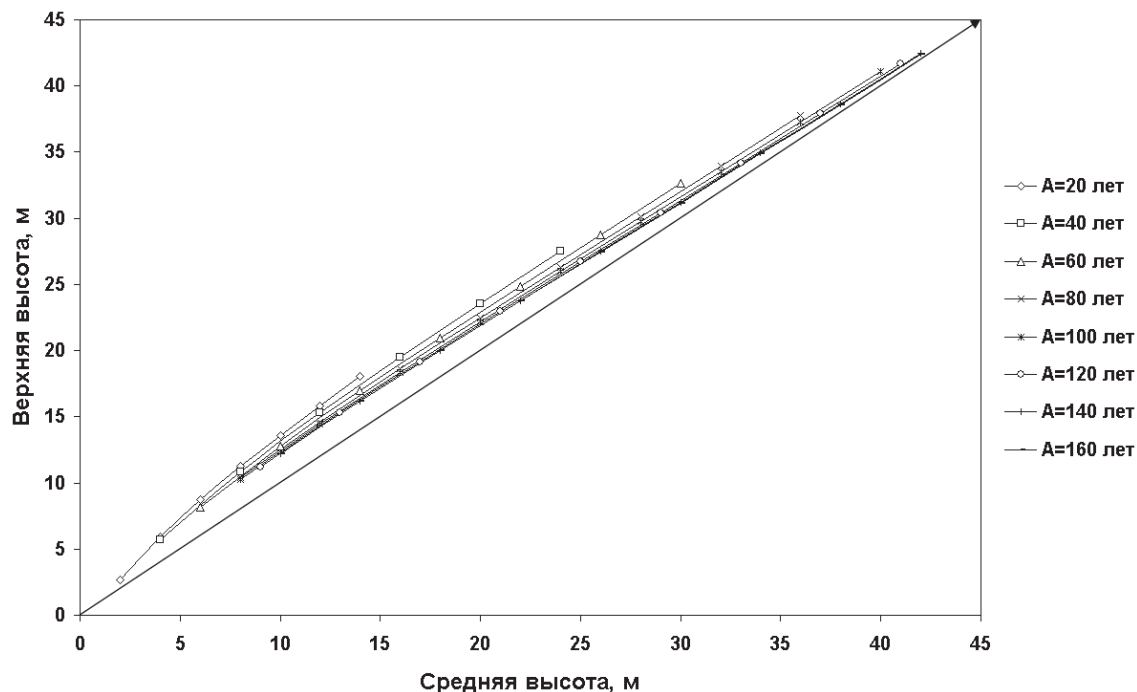


Рисунок 2.12. Взаимосвязь верхней и средней высоты сосновых древостоев разного возраста

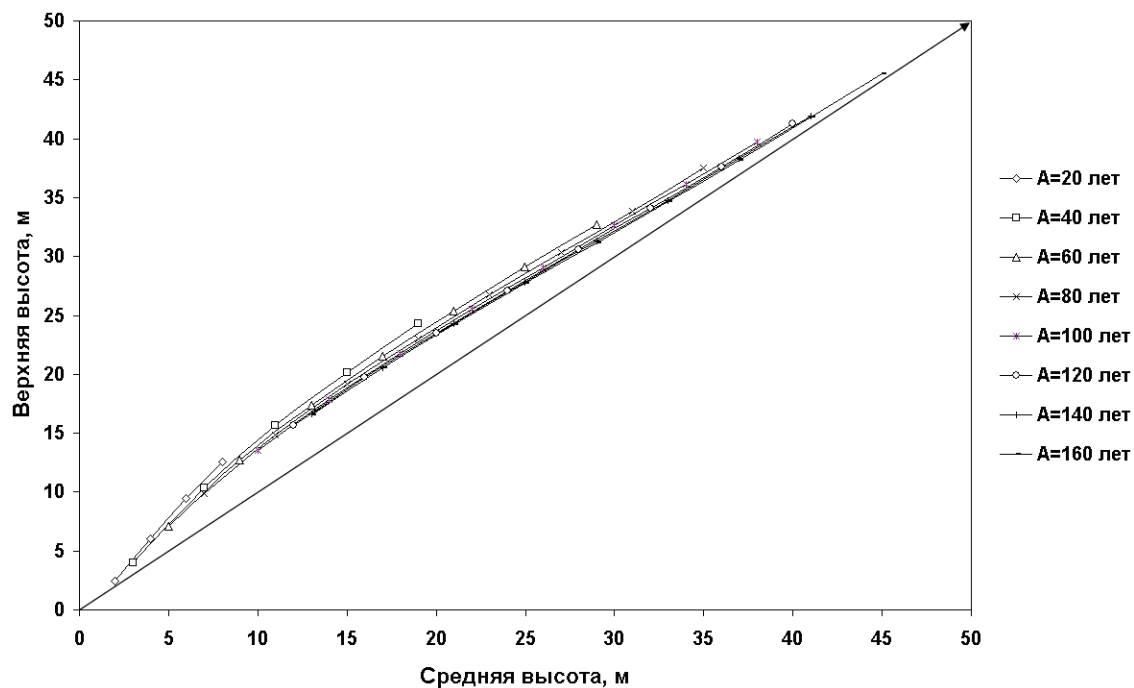


Рисунок 2.13. Взаимосвязь верхней и средней высоты еловых древостоев разного возраста

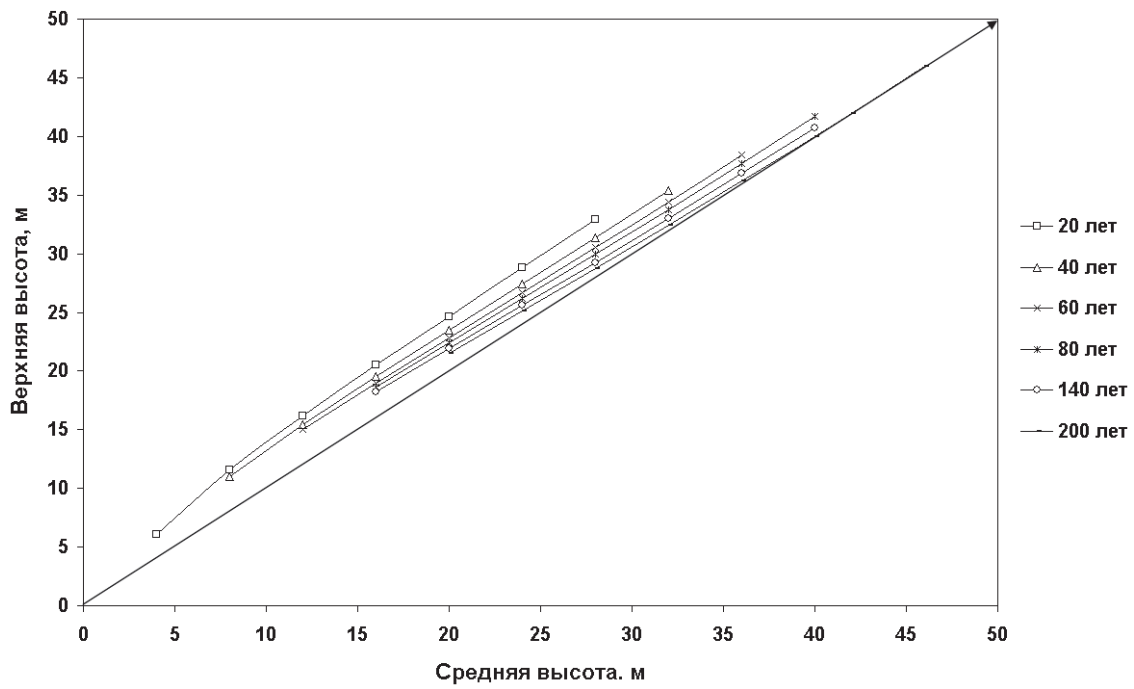


Рисунок 2.14. Взаимосвязь верхней и средней высоты дубовых древостоев разного возраста

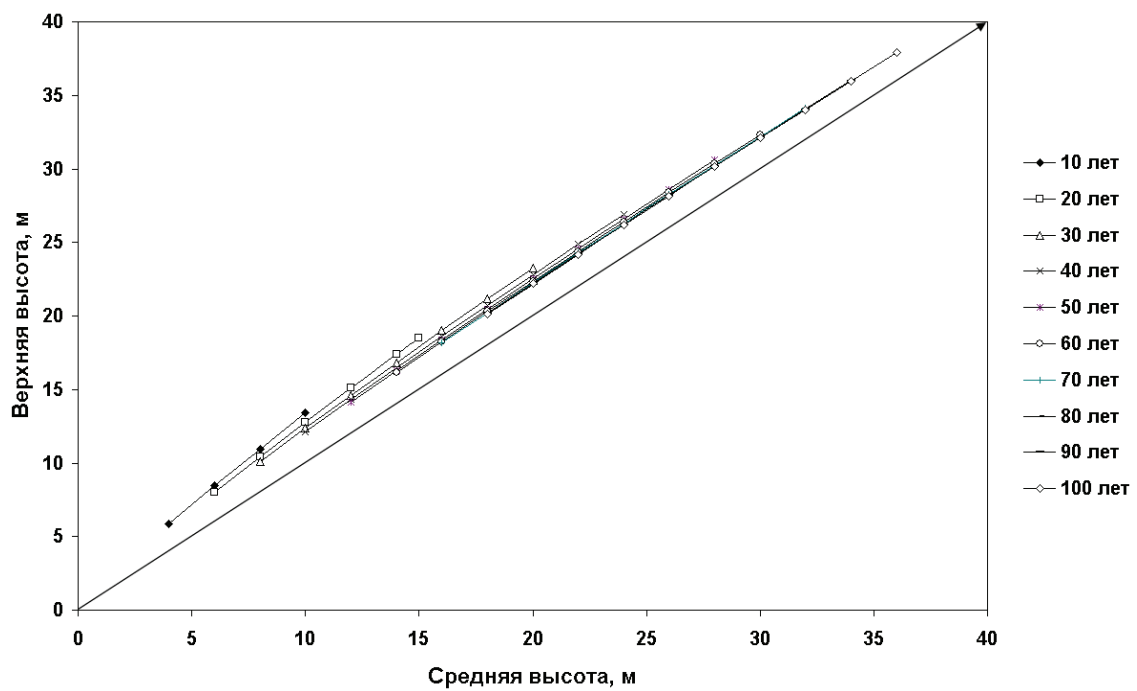


Рисунок 2.15. Взаимосвязь верхней и средней высоты березовых древостоев разного возраста

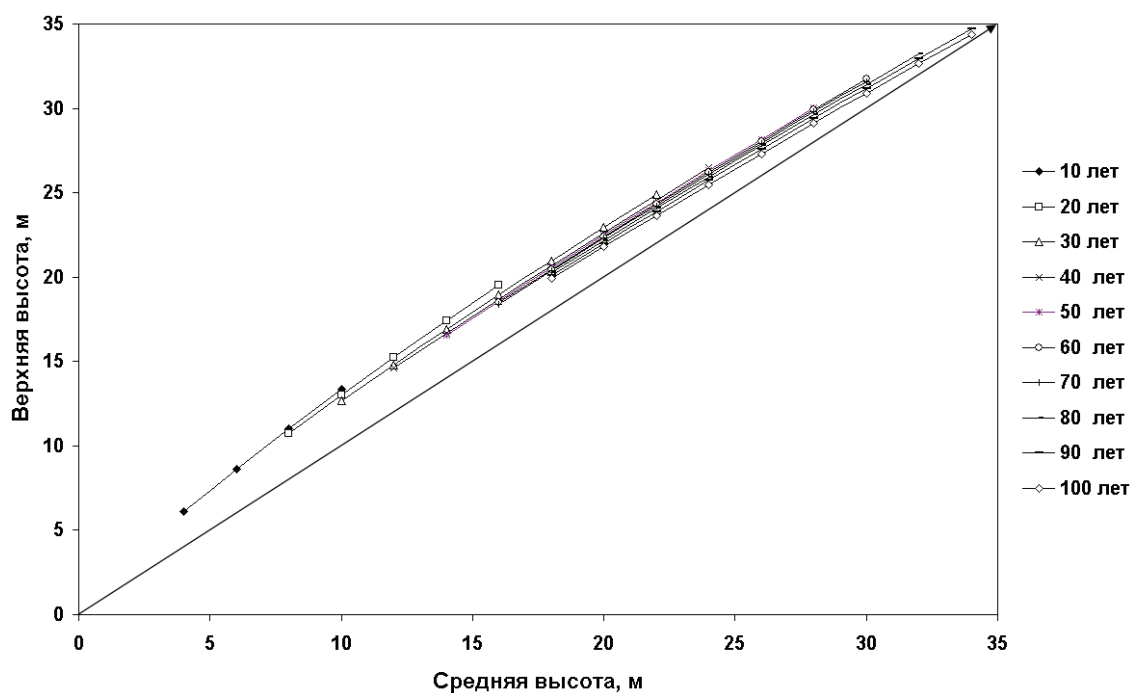


Рисунок 2.16. Взаимосвязь верхней и средней высоты осиновых древостоев разного возраста

Представленные рисунки взаимосвязи верхней и средней высот древостоев разного возраста свидетельствуют о ясно выраженных закономерных отклонениях верхней высоты от прямой редукции, представленной диагональю прямоугольника. При этом наибольшее отклонение верхней высоты наблюдается в молодняках и средневозрастных древостоях, что следует учитывать при таксации насаждений, задействованных выборочными рубками и рубками ухода.

2.4. Моделирование возрастной динамики верхней высоты древостоев по классам высот

По аналогии с моделированием возрастной динамики средних высот были получены множественные регрессии верхней высоты с зафиксированной высотой в 100-летнем возрасте для сосновых, еловых и дубовых древостоев. Для березовых и осиновых древостоев уровень продуктивности фиксировался верхней высотой в 50-летнем возрасте.

Для каждой древесной породы получена регрессия с коэффициентом детерминации близком к 1,0 при статистической значимости численных коэффициентов.

Сосна

$$H_{\text{верх}} = \exp(-6,23455 + 0,83779 \ln^2 A - 0,14578 \ln^3 A + 0,00601 \ln^4 A + 1,90531 \ln H_{100} - 0,09716 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,01183 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.13)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Ель

$$H_{\text{верх}} = \exp(-48,70623 + 22,29011 \ln A - 3,14572 \ln^2 A + 0,13076 \ln^3 A + 12,67344 \ln H_{100} - 5,44606 \ln A \ln H_{100} + 0,7924 \ln^2 A \ln H_{100} - 0,03480 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.14)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Дуб

$$H_{\text{верх}} = \exp(9,6601 - 13,71834 \ln A + 5,13244 \ln^2 A - 0,70045 \ln^3 A + 0,02911 \ln^4 A - 1,32604 \ln H_{100} + 2,50653 \ln A \ln H_{100} - 0,75528 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,069583 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.15)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Береза

$$H_{\text{верх}} = \exp(-15,32866 + 5,74057 \ln A - 0,35824 \ln^2 A - 0,03235 \ln^3 A + 0,00124 \ln^4 A + 4,89961 \ln H_{50} - 1,581924 \ln A \ln H_{50} + 0,149564 \ln^2 A \ln H_{50}) \quad (2.16)$$

$R^2=1,0; t > t_{05}=2,0$

Осина

$$H_{\text{верх}} = \exp(-3,809146 + 1,002503 \ln A - 0,527587 \ln^2 A + 0,249653 \ln^3 A + 0,029824 \ln^4 A + 1,487559 \ln A \ln H_{50} - 0,502674 \ln^2 A \ln H_{50} + 0,047997 \ln^3 A \ln H_{50}) \quad (2.17)$$

$R^2=1,0; t > t_{05}=2,0$

где:

H_{100} – верхняя высота древостоя в 100-летнем возрасте, м

H_{50} – верхняя высота древостоя в 50-летнем возрасте

Очевидно, что верхняя высота имеет преимущество перед средней высотой в древостоях, подлежащих разреживанию, а также при определении высот при дистанционном зондировании Земли. Поэтому следует заняться разработкой лесотаксационных нормативов с входом по верхней высоте.

2.5. Моделирование возрастной динамики роста и продуктивности древостоев разной полноты и классов высот

2.5.1. Возрастная динамика средней высоты древостоев по классам высот

Построение единой системы лесотаксационных нормативов начинается с моделирования возрастной динамики средней высоты. В их основу следует положить проверенные и принятые практикой региональные кривые хода роста по бонитетам. Так для статистического моделирования были взяты таблицы, составленные В.В. Загреевым для сосновых и еловых, А.Д. Дударевым для дубовых, Н.Я Саликовым для березовых и В.С. Чернявским для осиновых древостоев [13].

Конкретный вид статистических моделей представлен регрессиями (2.18)-(2.23)

Сосна

$$H = \exp(2,65325 - 7,89431 \ln A + 3,22338 \ln^2 A - 0,44198 \ln^3 A + 0,01887 \ln^4 A + 1,37279 \ln A \ln H_{100} - 0,41095 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,03481 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.18)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Ель

$$H = \exp(13,941234 - 20,967909 \ln A + 7,443924 \ln^2 A - 0,920834 \ln^3 A + 0,032642 \ln^4 A - 2,188299 \ln H_{100} + 3,795522 \ln A \ln H_{100} - 1,118883 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,09664 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.19)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Дуб семенной

$$H = \exp(18,454484 - 21,43709 \ln A + 7,411212 \ln^2 A - 0,976319 \ln^3 A + 0,041011 \ln^4 A - 3,341409 \ln H_{100} + 3,940237 \ln A \ln H_{100} - 1,074416 \ln^2 A \ln H_{100} + 0,091972 \ln^3 A \ln H_{100}) \quad (2.20)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Дуб порослевой

$$H = \exp(-2,851912 - 3,153483 \ln A + 1,867964 \ln^2 A - 0,222901 \ln^3 A + 1,967169 \ln A \ln H_{50} - 0,752318 \ln^2 A \ln H_{50} + 0,080177 \ln^3 A \ln H_{50})$$

(2.21)

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Береза

$$H = \exp(-14,725938 + 4,875621 \ln A - 0,08901 \ln^3 A + 0,004213 \ln^4 A + 4,891293 \ln H_{50} - 1,57924 \ln A \ln H_{50} + 0,14931 \ln^2 A \ln H_{50})$$

(2.22)

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Осина

$$H = \exp(-0,612972 - 3,4518898 \ln A + 1,572163 \ln^2 A - 0,165382 \ln^3 A + 1,46489 \ln A \ln H_{50} - 0,495014 \ln^2 A \ln H_{50} + 0,047265 \ln^3 A \ln H_{50})$$

(2.23)

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

где:

H – средняя высота древостоя, м

A – возраст древостоя, лет;

H₁₀₀ – средняя высота древостоя в 100-летнем возрасте, м;

H₅₀ – средняя высота древостоя в 50-летнем возрасте, м.

2.5.2. Возрастная динамика запаса древостоев разной полноты и классов высот

Раздел посвящен рассмотрению, анализу и моделированию изменения средних для древостоев средних объемообразующих морфометрических показателей, среднего дерева древостоя, густоты, суммы площадей сечения и запаса растущей части древостоев различной полноты и уровней продуктивности.

Методическая сторона существующих моделей хода роста древостоев базировалась на теории нормального насаждения, согласно которой опытный материал систематизировался с позиций максимальной сомкнутости с последующей его стандартизацией. Именованные с этой позиции стандартные таблицы и таблицы хода роста дублируют друг друга в зависимости суммы площадей сечений и запасов от средней высоты древостоев. Наряду со средней высотой в некоторые стандартные таблицы добавлялся класс бонитета, что делало их более дробными и детальными.

Стандартными с этих позиций были взаимосвязи суммы площадей сечений и запасов независимо от возраста древостоев. Использование этого норматива для таксации древостоев с полнотой (сомкнутостью) ниже нормальной основывалось на прямой редукации запасов и сумм площадей сечения от относительной полноты.

Сосна

$$M = \exp(3,966895 - 1,12127 \ln H_{100} + 0,14614 \ln^2 H_{100} + 0,15503 \ln H_{100} \ln H + 0,52751 \ln H + 0,19836 \ln^2 H - 0,03263 \ln^3 H + 0,99999 \ln \Pi) \quad (2.24)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Ель

$$M = \exp(1,05289 + 0,59531 \ln H_{100} - 0,108427 \ln^2 H_{100} + 0,86801 \ln H + 0,14198 \ln H_{100} \ln H + 0,02089 \ln^2 H + 0,99999 \ln \Pi) \quad (2.25)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Дуб семенной

$$M = \exp(1,78524 - 0,02076 \ln H_{100} + 1,16790 \ln H + 0,05750 \ln^2 H + 0,99999 \ln \Pi) \quad (2.26)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Береза

$$M = \exp(0,642489 + 0,062024 \ln H_{100} + 1,75016 \ln H - 0,16512 \ln^2 H + 0,03013 \ln^3 H + 0,99999 \ln \Pi) \quad (2.27)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Осина

$$M = \exp(2,4975726 - 0,75476819 \ln H_{100} + 0,16260394 \ln^2 H_{100} + 1,154121 \ln H + 0,0557995 \ln^2 H + 0,99999 \ln \Pi) \quad (2.28)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

где:

M – запас древостоя, куб. м на 1 га;

H_{100} – средняя высота древостоя в 100-летнем возрасте, м;

Π – относительная полнота древостоя, ед.

Другие показатели в действующих нормативах хода роста не рассматривались. Этот пробел требуется заполнить, основываясь на новых методических принципах и приемах, изложенных ниже.

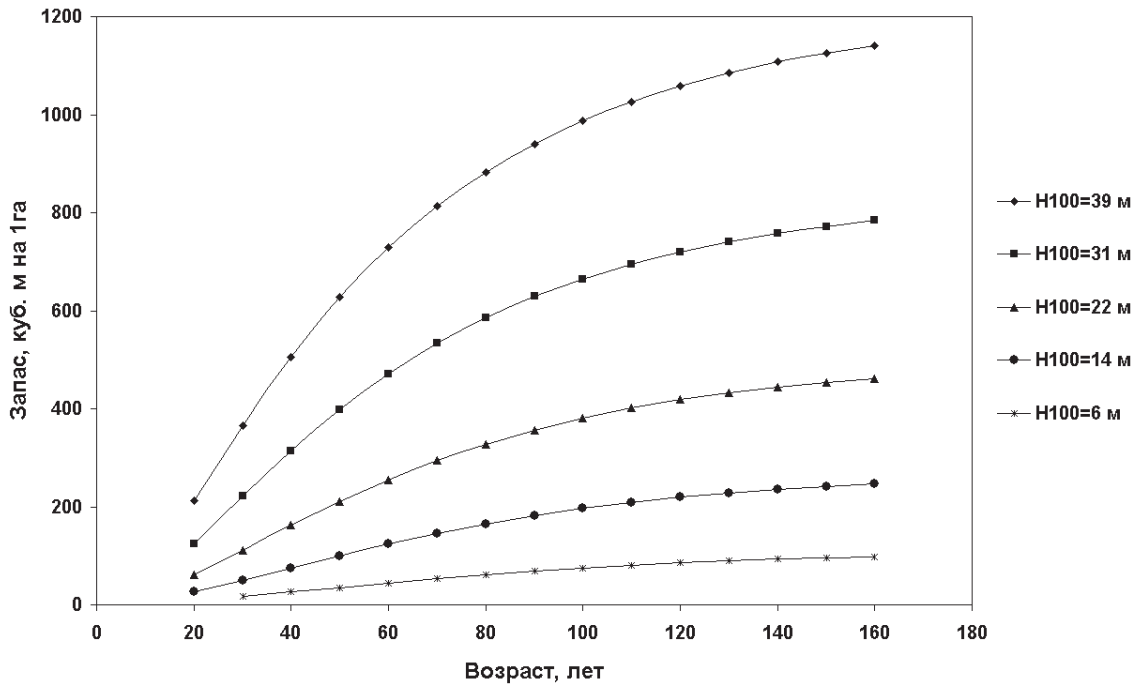


Рисунок 2.17. Возрастная динамика запаса при различных уровнях продуктивности сомкнутых сосновых древостоев

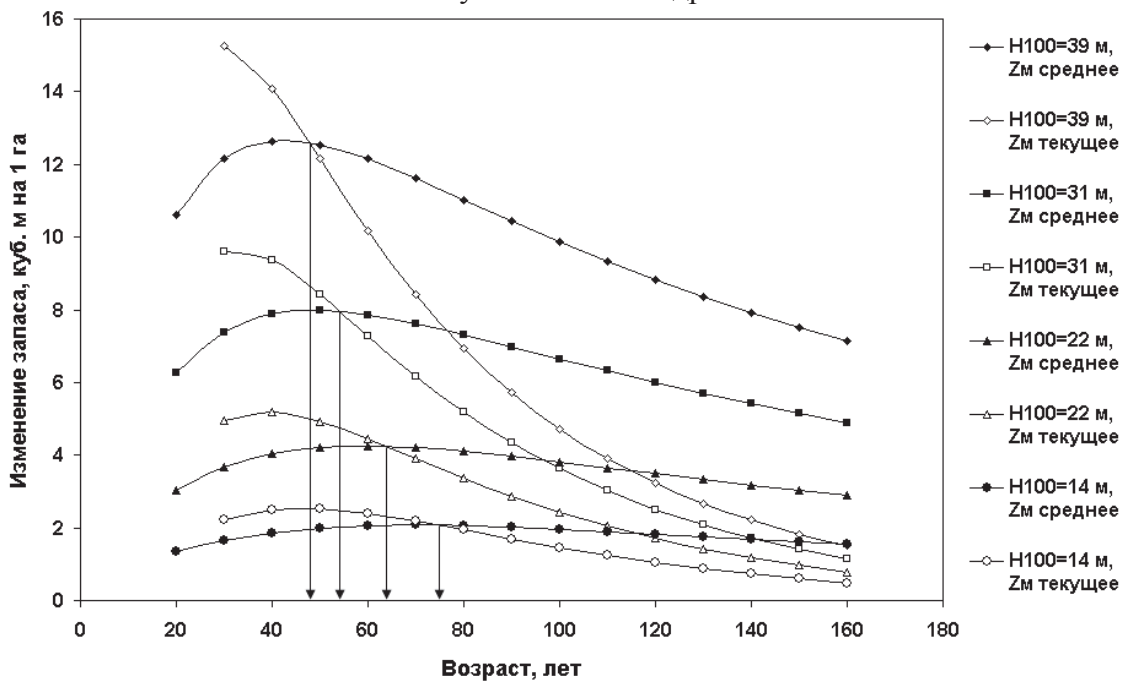


Рисунок 2.18. Возрастная динамика текущего и среднего изменения запаса при различных уровнях продуктивности сомкнутых сосновых древостоев

2.5.3. Возрастная динамика среднего диаметра древостоев разной полноты и классов высот

Важной задачей лесной таксации является выявление закономерностей и построение моделей изменения с полнотой древостоев таких показателей как число деревьев, средний диаметр,

видовое число, средний объем ствола. Если средняя и верхняя высоты менее всего реагируют на снижение полноты, то взаимосвязь с ней среднего диаметра и числа стволов является довольно тесной, требующей всесторонней оценки.

Анализ массового материала по выдельного банка данных естественно-формирующихся древостоев основных лесообразующих пород, произрастающих на Лесной опытной даче и ряда лесхозов Московской и Нижегородской области, позволили построить статистические модели изменения среднего диаметра от возраста, средней высоты, полноты, а для смешанных древостоев дополнительно от долевого участия древесной породы в составе древостоя.

Так, анализ массового материала древостоев анализируемых древесных пород позволил выявить зависимость среднего диаметра с относительной полнотой.

Статистическая значимость численных коэффициентов множественной регрессии позволяет судить о наличии закономерных изменений среднего диаметра. Так, статистически достоверная аллометрическая постоянная уравнения при полноте, равная -0,263 для сосновых древостоев, -0,082 для еловых, -0,196 для дубовых, -0,223 для березовых, -0,128 для осиновых древостоев указывает на выгнутую, спадающую зависимость среднего диаметра от полноты. Это естественнонаучное положение в сочетании с моделью изменения среднего диаметра с возрастом, средней высотой и уровнями продуктивности, выраженными средней высотой древостоя в 100-летнем возрасте позволило получить окончательную регрессию вида:

Сосна

$$D = \exp(2,66723 - 0,48111 \ln H_{100} - 0,87718 \ln A + 0,09964 \ln^2 A + 1,45920 \ln H - 0,15709 \ln^2 H + 0,03395 \ln^3 H - 0,26300 \ln \Pi) \quad (2.29)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Ель

$$D = \exp(-2,637381 + 0,15621 \ln H_{100} + 1,13367 \ln A - 0,09548 \ln^2 A + 0,87236 \ln H - 0,17759 \ln^2 H + 0,03972 \ln^3 H - 0,0815 \ln \Pi) \quad (2.30)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Дуб семенной

$$D = \exp(-6,78088 + 3,31217 \ln H_{100} - 0,55587 \ln^2 H_{100} - 0,52865 \ln A + 0,08415 \ln^2 A + 3,76909 \ln H - 1,01005 \ln^2 H + 0,13103 \ln^3 H - 0,19645 \ln \Pi) \quad (2.31)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2$

Дуб порослевой

$$D = \exp(4,47107 - 1,04107 \ln H_{50} - 1,12927 \ln A + 0,11864 \ln^2 A + 1,09259 \ln H + 0,12109 \ln^2 H - 0,19645 \ln \Pi) \quad (2.32)$$

$$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$$

Береза

$$D = \exp(-3,87593 + 0,938638 \ln H_{50} - 0,14439 \ln^2 H_{50} + 1,245605 \ln A - 0,12534 \ln^2 A + 0,890026 \ln H - 0,11068 \ln^2 H + 0,025415 \ln^3 H - 0,2227 \ln \Pi) \quad (2.33)$$

$$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$$

Осина

$$D = \exp(-3,86399 + 1,04807 \ln H_{50} + 0,48982 \ln A + 0,17887 \ln^2 A - 0,0247 \ln^3 A + 0,24009 \ln H - 0,02385 \ln^2 H - 0,12801 \ln \Pi) \quad (2.34)$$

$$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$$

где:

H_{50} – средняя высота древостоя в 50-летнем возрасте, м;

Графически возрастная динамика средних диаметров сосновых древостоев по уровням продуктивности при различной полноте представлена на рисунках.

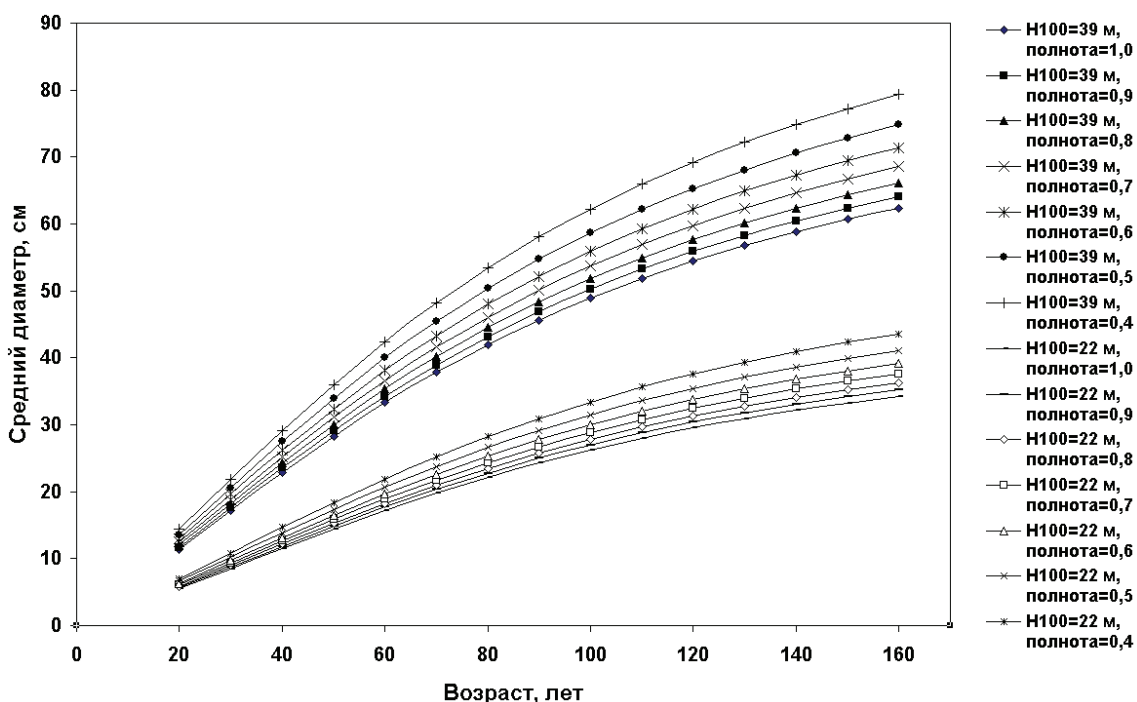


Рисунок 2.19. Возрастная динамика среднего диаметра сосновых древостоев с различной полнотой при $H_{100}=39$ м, $H_{100}=22$ м

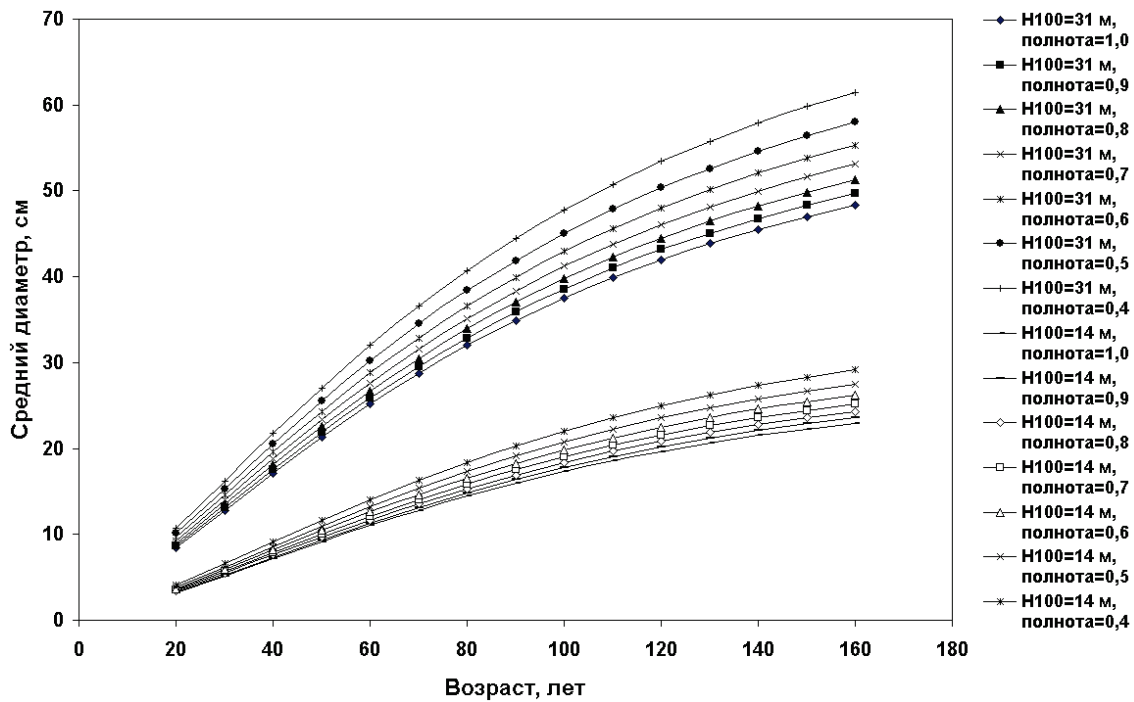


Рисунок 2.20. Возрастная динамика среднего диаметра сосновых древостоев с различной полнотой при $H_{100}=31$ м, $H_{100}=14$ м

Взяв за базовую величину средний диаметр сомкнутых древостоев для различных возрастов наблюдается закономерное превышение диаметра для разных уровней полноты. Эту закономерность следует считать общей, так как включение в модель синергизма АП и НП оказалось не значимым ($t < t_{05}=2,0$). Изложенное позволяет включить модель в общую систему нормативов возрастной динамики роста, строения и товарной продуктивности древостоев.

2.5.4. Возрастная динамика объема ствола среднего дерева и его полндревесности в древостоях разной полноты и классов высот

Основные объёмобразующие показатели древесного ствола высота, диаметр и видовое число. Наличие моделей изменения средней высоты и среднего диаметра древостоя позволяет определить средний объем по моделям, описывающим зависимость объема стволов от высоты и диаметра деревьев. Получить такие модели позволяют данные объемов из региональных сортиментных таблиц, составленных по разрядам высот. Так, для Центрального лесотаксационного района были использованы сортиментные таблицы, составленные В.В. Загреевым, А.Ф. Барановым [14] на основе графического сглаживания данных.

Статистическое моделирование взаимосвязи объема с высотой и диаметром стволов во всем диапазоне полндревесности позволило получить уравнения регрессии вида:

Сосна

$$V_{\text{ств}} = \exp(-9,05836 + 1,27293 \ln D + 0,15127 \ln^2 D - 0,01083 \ln^3 D + 1,02465 \ln H - 0,01139 \ln^2 H) \quad (2.35)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Ель

$$V_{\text{ств}} = \exp(-8,9490016 + 1,022046 \ln D + 0,2475941 \ln^2 D - 0,0208316 \ln^3 D + 1,0853298 \ln H - 0,023735 \ln^2 H) \quad (2.36)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Дуб

$$V_{\text{ств}} = \exp(-9,01488 + 2,0061777 \ln D + 0,39504 \ln H + 0,07037 \ln^2 H) \quad (2.37)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Береза

$$V_{\text{ств}} = \exp(-9,61901 + 1,481755 \ln D + 0,156446 \ln^2 D - 0,015289 \ln^3 D + 1,046262 \ln H - 0,021692 \ln^2 H) \quad (2.38)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Осина

$$V_{\text{ств}} = \exp(-9,394355 + 1,3302715 \ln D + 0,1695947 \ln^2 D - 0,01324498 \ln^3 D + 1,0347424 \ln H - 0,009084 \ln^2 H) \quad (2.39)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

где:

$V_{\text{ств}}$ – объем ствола среднего дерева, куб. м;

D – средний диаметр древостоя, см;

H – средняя высота древостоя, м.

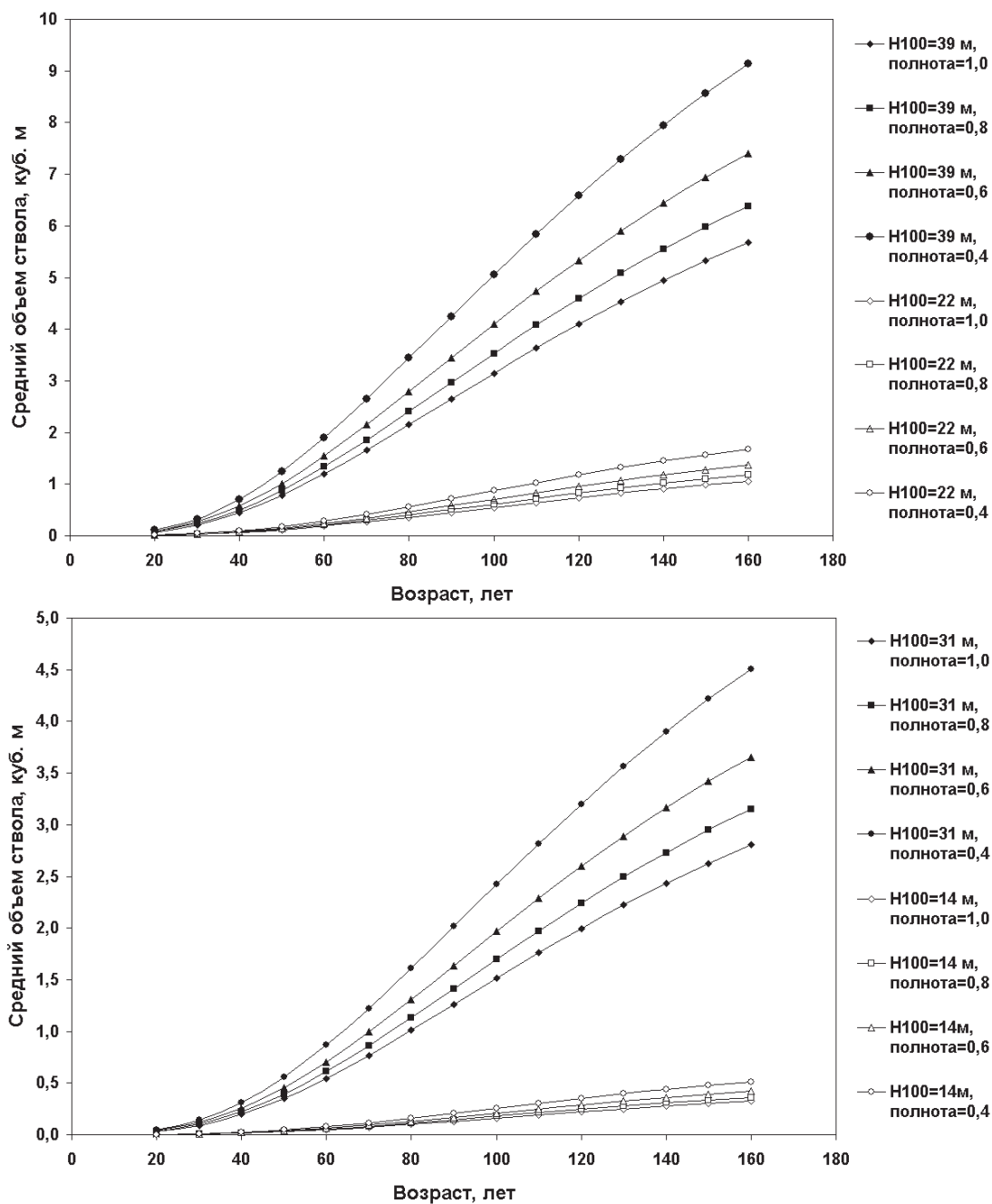


Рисунок 2.21. Возрастная динамика среднего объема древесного ствола в древостоях разной полноты и класса высот

Показатель детерминации ($R^2=0,999$) близкий к 1,0, значимость численных коэффициентов уравнения ($t>t_{05}=2,0$) указывают на надежность выявленных взаимосвязей и о возможности использования модели для определения объема среднего дерева древостоя.

Наличие возрастной динами роста среднего объема древесного ствола при известной средней высоте и среднем диаметре позволяет определить значения среднего видового числа в зависимости от

возраста древостоя при различной полноте и уровнях продуктивности древостоев.

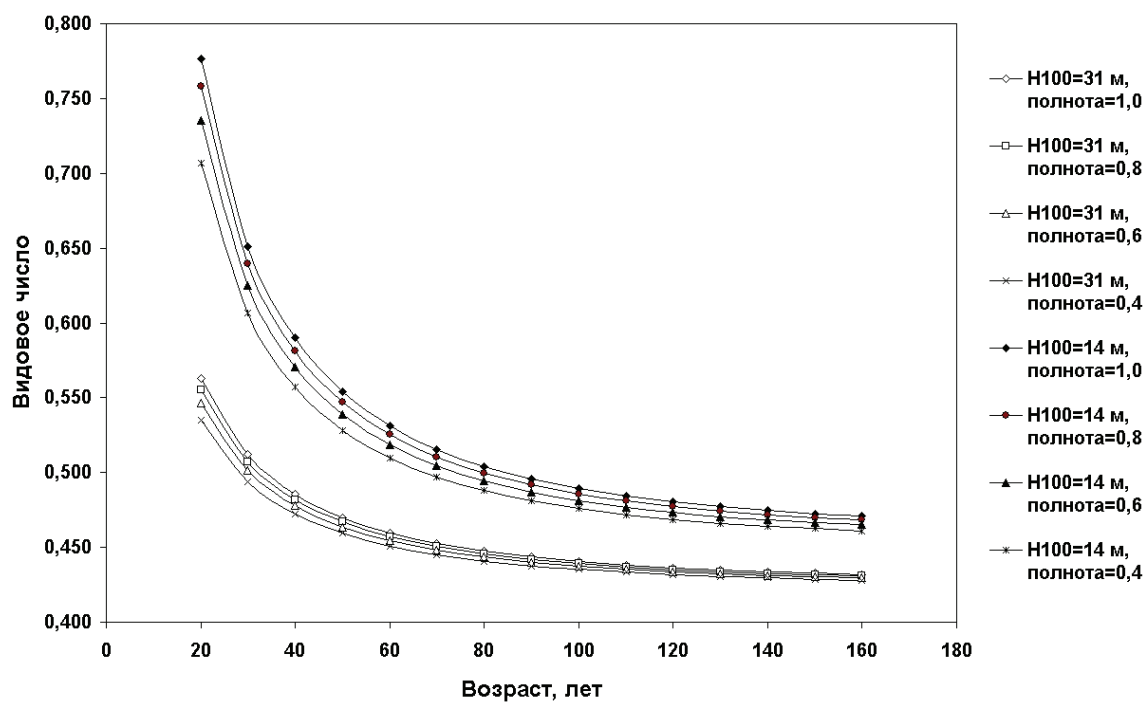
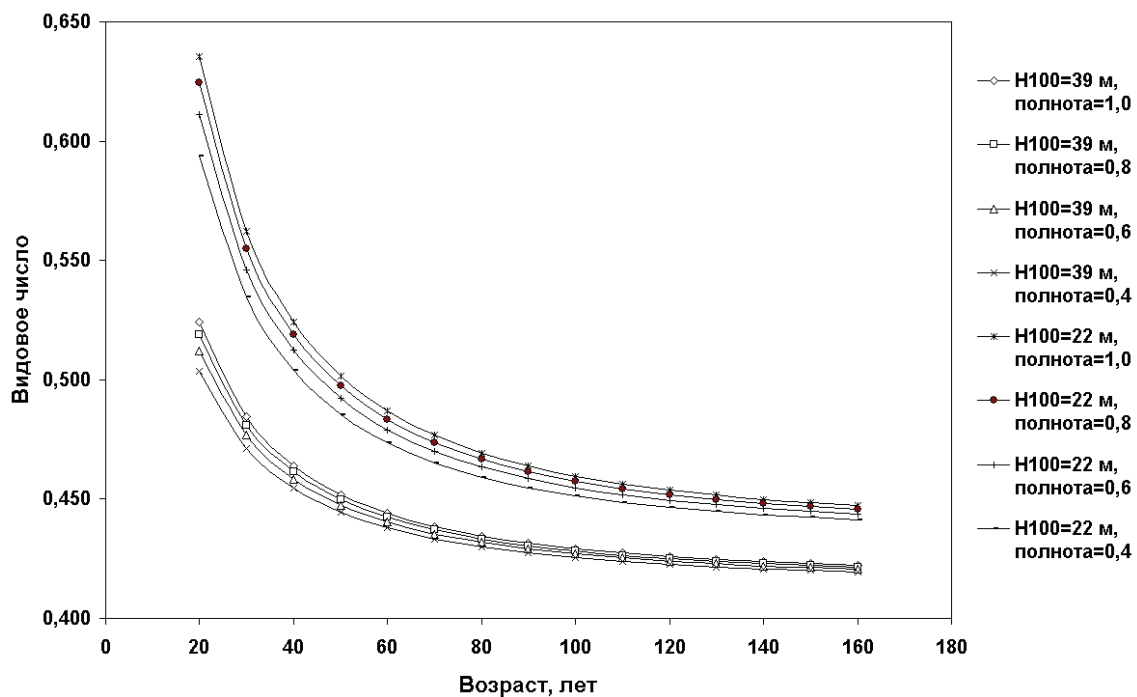


Рисунок 2.22. Возрастная динамика полнодревесности среднего дерева древостоев разной полноты и класса высот

2.6. Возрастная динамика самоизреживания древостоев разной полноты и классов высот

Теория среднего дерева в древостое указывает на возможность определения числа деревьев, как отношения запаса древостоя по моделям (2.24) - (2.28) и среднего объема древесного ствола (2.35) - (2.39):

$$N=M/V_{cp}$$

Наглядно процесс самоизреживания с возрастом древостоев разных уровней продуктивности и полноты представлен на рисунках 2.23– 2.25.

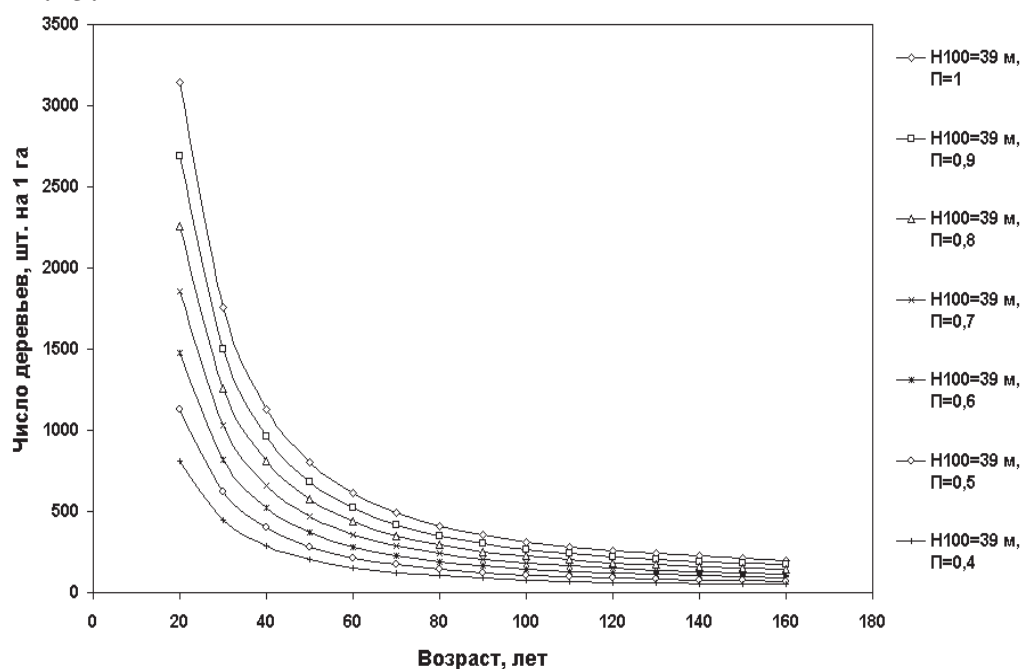


Рисунок 2.23. Изменение с возрастом числа деревьев в древостоях разной полноты при $H_{100}=39$ м

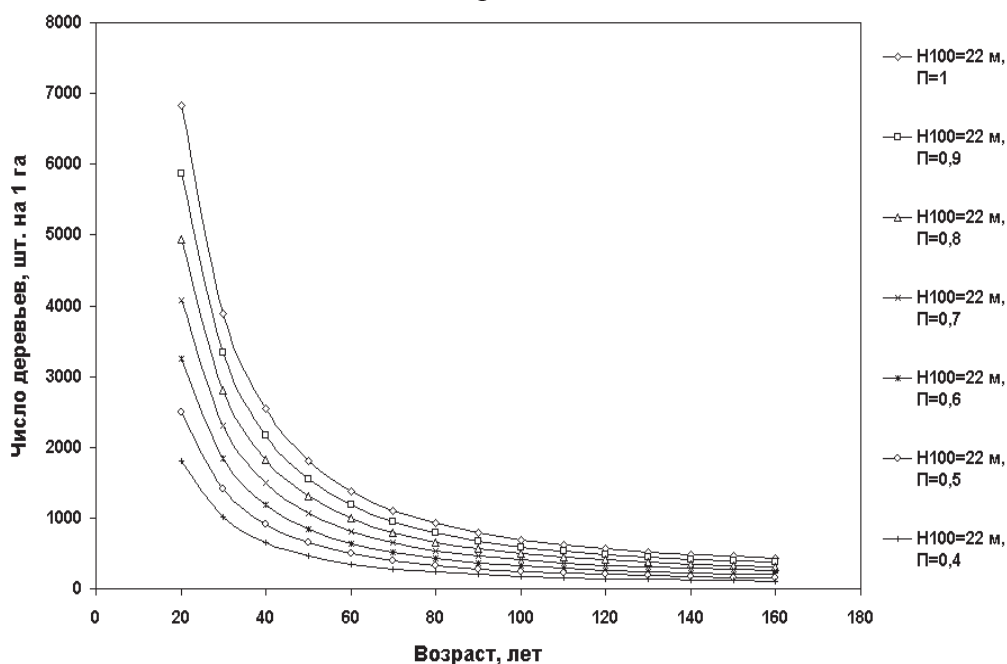


Рисунок 2.24. Изменение с возрастом числа деревьев в сосновых древостоях разной полноты при $H_{100}=22$ м

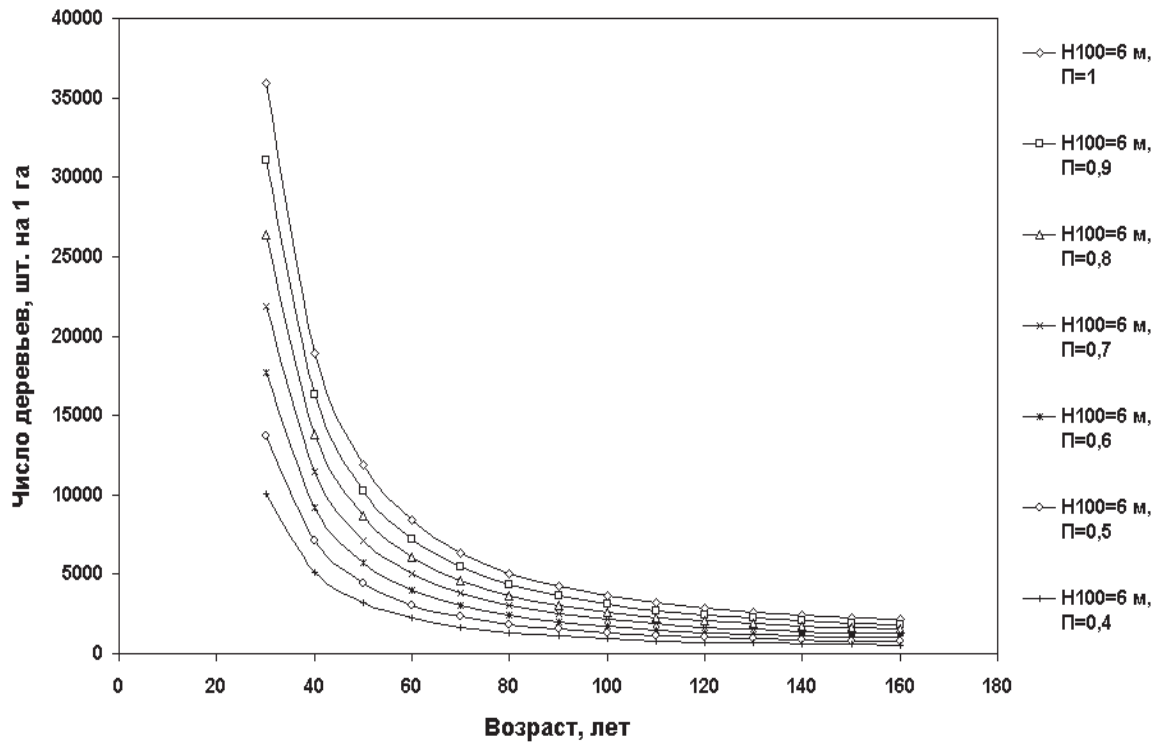


Рисунок 2.25. Изменение с возрастом числа деревьев в сосновых древостоях разной полноты при $H_{100} = 6$ м

2.6.1. Модели возрастной динамики самоизреживания древостоев разной полноты при разном среднем диаметре, средней высоте по классам высот

В предыдущем разделе показано изменение числа деревьев в древостоях разных уровней продуктивности с возрастом при разной полноте. Дополнительное включение в модель средних высот и диаметров позволило получить регрессии для сосновых, еловых, дубовых, березовых и осиновых древостоев.

Сосна

$$N = \exp(11,8965 + 0,95219 \ln \Pi - 1,40777 \ln H_{100} + 0,27002 \ln^2 H_{100} + 0,63436 \ln A - 0,07016 \ln^2 A + 0,67959 \ln H - 2,18176 \ln D) \quad (2.40)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Ель

$$N = \exp(9,44750 + 0,97712 \ln \Pi + 0,21408 \ln H_{100} + 0,02592 \ln^2 H_{100} + 0,43631 \ln A - 0,03569 \ln^2 A + 0,80503 \ln H - 2,28076 \ln D) \quad (2.41)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Дуб семенной

$$N = \exp(14,63069 + 1,15072 \ln \Pi - 2,55884 \ln H_{100} + 0,42645 \ln^2 H_{100} + 0,40695 \ln A - 0,06456 \ln^2 A - 0,31279 \ln H - 1,23277 \ln D) \quad (2.42)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Дуб порослевой

$$N = \exp(11,19954 + 0,97441 \ln \Pi + 0,040398 \ln A + 0,70610 \ln H - 0,01752 \ln^2 H - 2,13028 \ln D) \quad (2.43)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Береза

$$N = \exp(15,27684 + 1,26402 \ln \Pi - 1,11676 \ln H_{50} + 0,17119 \ln^2 H_{50} - 1,47674 \ln A + 0,14860 \ln^2 A - 0,21416 \ln H - 0,02017 \ln^2 H - 0,81444 \ln D) \quad (2.44)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Осина

$$N = \exp(10,97234 + 0,97866 \ln \Pi - 1,11793 \ln H_{50} + 0,28173 \ln^2 H_{50} + 0,77334 \ln^2 A + 0,39936 \ln H + 0,00514 \ln^2 H - 2,16681 \ln D) \quad (2.45)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

где:

N – число деревьев, шт. на 1 га

H_{100} – средняя высота древостоя в 100-летнем возрасте, м;

H_{50} – средняя высота древостоя в 50-летнем возрасте, м;

H – средняя высота древостоя, м;

D – средний диаметр древостоя, см.

Наличие в нормативе возрастной динамики роста среднего диаметра и числа деревьев позволило найти взаимосвязь между этими признаками при естественном формировании древостоя. Сочетание показателей D и N в зависимости от возраста для соответствующего класса высот позволяет получить кривые возрастной динамики сумм площадей сечения древостоев.

2.7. Моделирование возрастной динамики распределения таксационных показателей по толщине деревьев в древостоях разной полноты и класса высот

2.7.1. Новый метод определения частоты встречаемости деревьев по классам толщины

Строение древостоев по диаметру в лесной таксации является ведущей темой при переходе от средних морфометрических показателей к их структуре, т.е. распределению частот по классам толщины деревьев от минимального до максимального диаметра.

Существующая теория строения базируется на параметрических и непараметрических методах сглаживания (аппроксимации) эмпирических распределений.

Параметрические распределения в вариационной статистике представлены двухпараметрическими кривыми нормального распределения (σ , X_{cp}) и четырех параметрическими кривыми Шарлье тип А (As , E , X_{cp} , σ) и более совершенными типами распределения К. Пирсона (r_3 , r_4 , X_{cp} , σ).

Непараметрические кривые представлены моделями, построенными автором на основе квантилей вариационного ряда [56, 59, 66].

Сложные математические интерпретации указанных распределений, хотя зачастую и демонстрирует положительные результаты аппроксимации эмпирических распределений назвать их вполне приемлемыми для прогнозирования нельзя. Существующие нормативы распределения частот оторваны от возрастной динамики древостоя, а, следовательно, не позволяют решать задачи, связанные с аппроксимацией товарной продуктивности древостоев в динамике. Теория лесной таксации располагает фрагментами успешного решения этой задачи [58].

Поставленная задача может быть решена принципиально новыми системными методами моделирования. Для этого следовало отказаться от параметрических методов моделирования строения древостоев и

перейти на простые и более надежные оценки рядов по параметрам масштаба и формы. В качестве масштабной составляющей были приняты не ступени толщины, а средний (D), максимальный (d_{max}) и минимальный (d_{min}) диаметр древостоев, с 10 классовыми промежутками.

Сосна

$$d_{max}=3,8157D^{0,7766}; R^2=0,986 \quad (2.46)$$

$$d_{min}=0,0896D^{1,323}; R^2=0,947 \quad (2.47)$$

Ель

$$d_{max}=3,8678D^{0,7885}; R^2=0,986 \quad (2.48)$$

$$d_{min}=0,1051D^{1,294}; R^2=0,947 \quad (2.49)$$

Дуб

$$d_{max}=2,4914D^{0,927}; R^2=0,979 \quad (2.50)$$

$$d_{min}=0,1415D^{1,1505}; R^2=0,739 \quad (2.51)$$

Береза

$$d_{max}=4,20537D^{0,7565}; R^2=0,985 \quad (2.52)$$

$$d_{min}=0,1063D^{1,2776}; R^2=0,932 \quad (2.53)$$

Осина

$$d_{max}=3,4994D^{0,7963}; R^2=0,977 \quad (2.53)$$

$$d_{min}=0,0760D^{1,3507}; R^2=0,906 \quad (2.55)$$

В качестве показателя формы были приняты не асимметрия (As или r_3) и не эксцесс (E или r_4), а процент накопленной частоты в 5-м классе толщины деревьев (R_V). Для определения показателя формы рядов распределения следует воспользоваться моделями вида:

Сосна

$$R_V = \exp(5,24472 + 0,17793 \ln d_{min} - 0,29143 \ln^2 D - 0,87059 \ln d_{max} + 0,33622 \ln^2 d_{max}) \quad (2.56)$$

$$R^2=0,995; t > t_{05}=2,0; F=632,0$$

Ель

$$R_V = \exp(4,83859 + 0,03206 \ln d_{min} - 0,17938 \ln d_{max}) \quad (2.57)$$

$$R^2=0,990; t > t_{05}=2,0; F=708,6$$

Дуб

$$R_V = \exp(2,77873 - 1,21244 \ln D - 0,07627 \ln^2 D + 0,03567 \ln d_{min} + 0,03996 \ln^2 d_{min} + 1,53294 \ln d_{max}) \quad (2.58)$$

$$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0; F=636,0$$

Береза

$$R_V = \exp(5,747898 - 0,27928 \ln^2 D + 0,187771 \ln d_{min} - 1,14912 \ln d_{max} + 0,363124 \ln^2 d_{max}) \quad (2.59)$$

$$R^2=0,997; t > t_{05}=2,0; F=2468,3$$

Осина

$$R_V = \exp(6,45514 + 1,53287 \ln D - 0,53886 \ln^2 D + 0,07286 \ln^2 d_{min} - 2,70621 \ln d_{max} + 0,57467 \ln^2 d_{max}) \quad (2.60)$$

$$R^2=0,994; t > t_{05}=2,0; F=718,9$$

где:

R_V – ранг деревьев в пятом классе, %;

D – средний диаметр древостоя, см;

d_{\min} – минимальный диаметр древостоя, см;

d_{\max} – максимальный диаметр древостоя, см.

Построением моделей изменения относительной накопленной частоты по классам толщины деревьев от ранга деревьев в 5-м классе были получены кривые изменения формы распределения (Рис. 2.26 – 2.34).

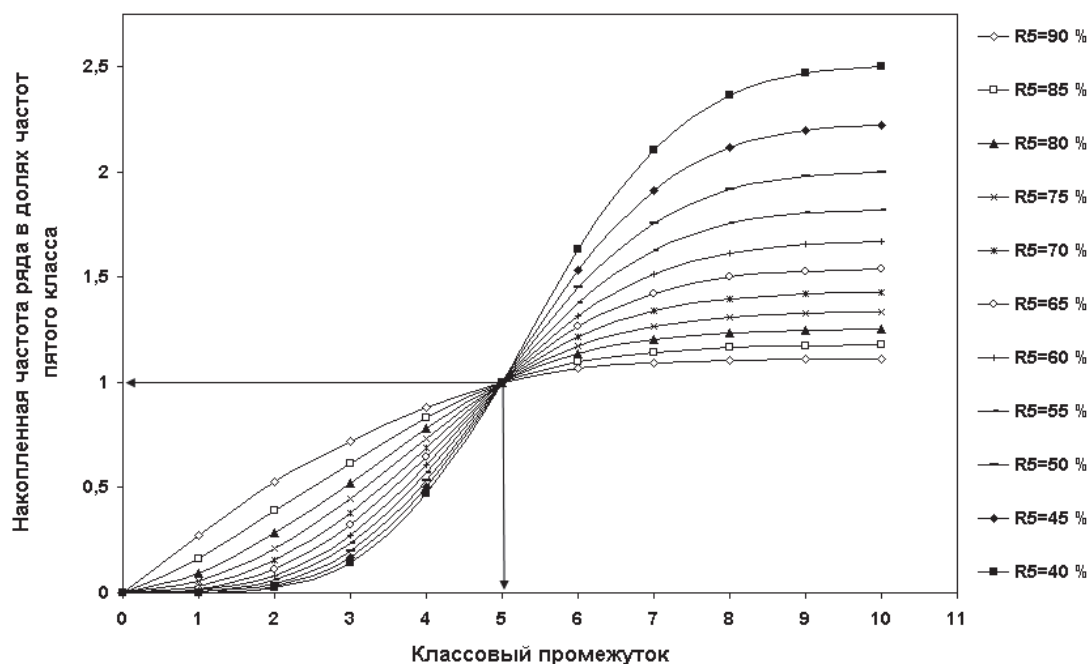


Рисунок 2.26. Изменение относительной накопленной частоты по классовым промежуткам сосновых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

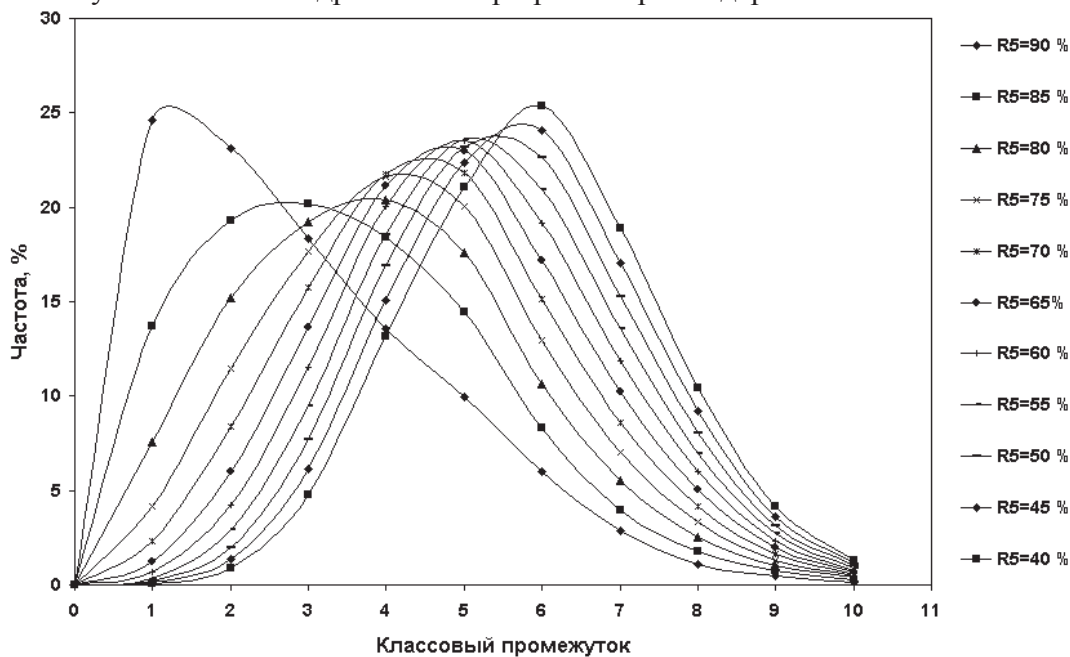


Рисунок 2.27. Распределение частот по классовым промежуткам сосновых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

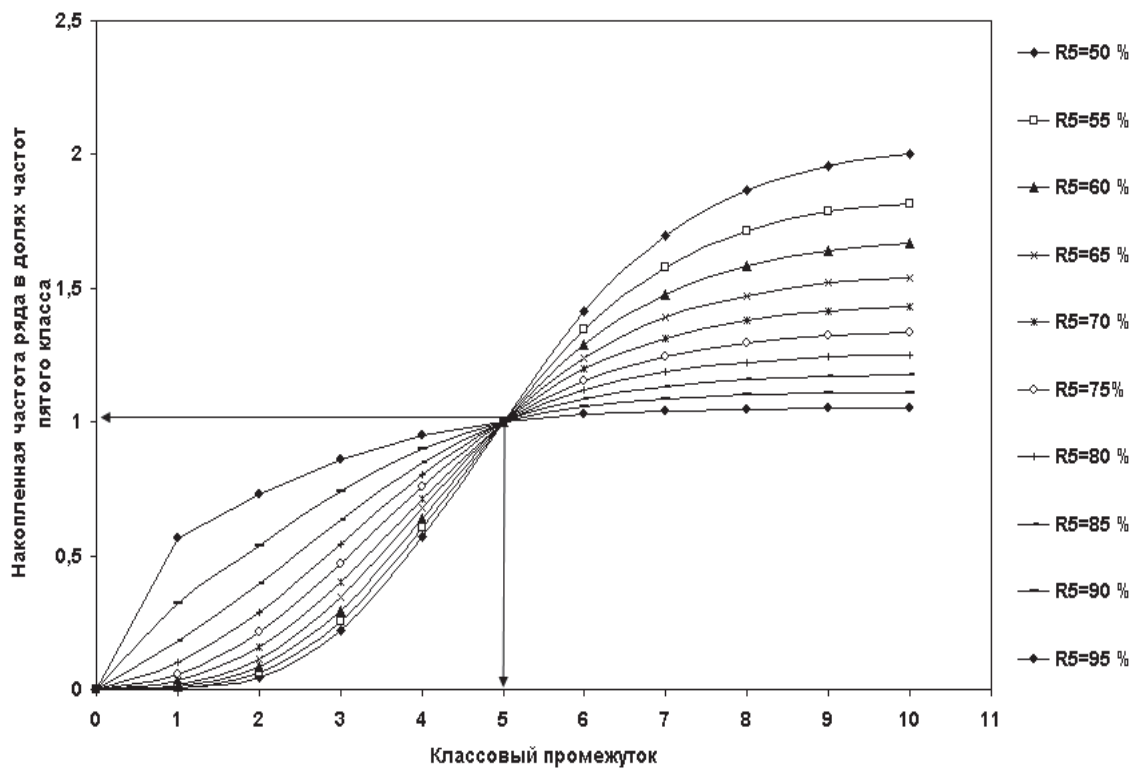


Рисунок 2.28. Изменение относительной накопленной частоты по классовой промежуток еловых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

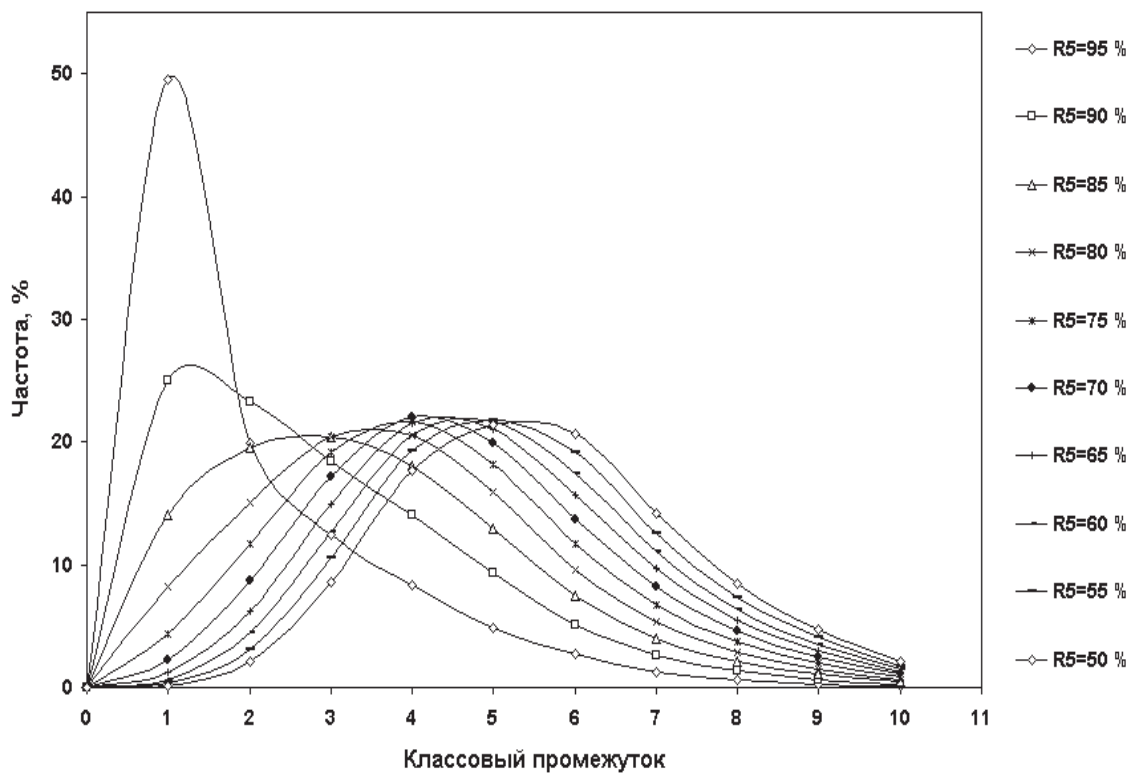


Рисунок 2.29. Распределение частот по классовой промежуток еловых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

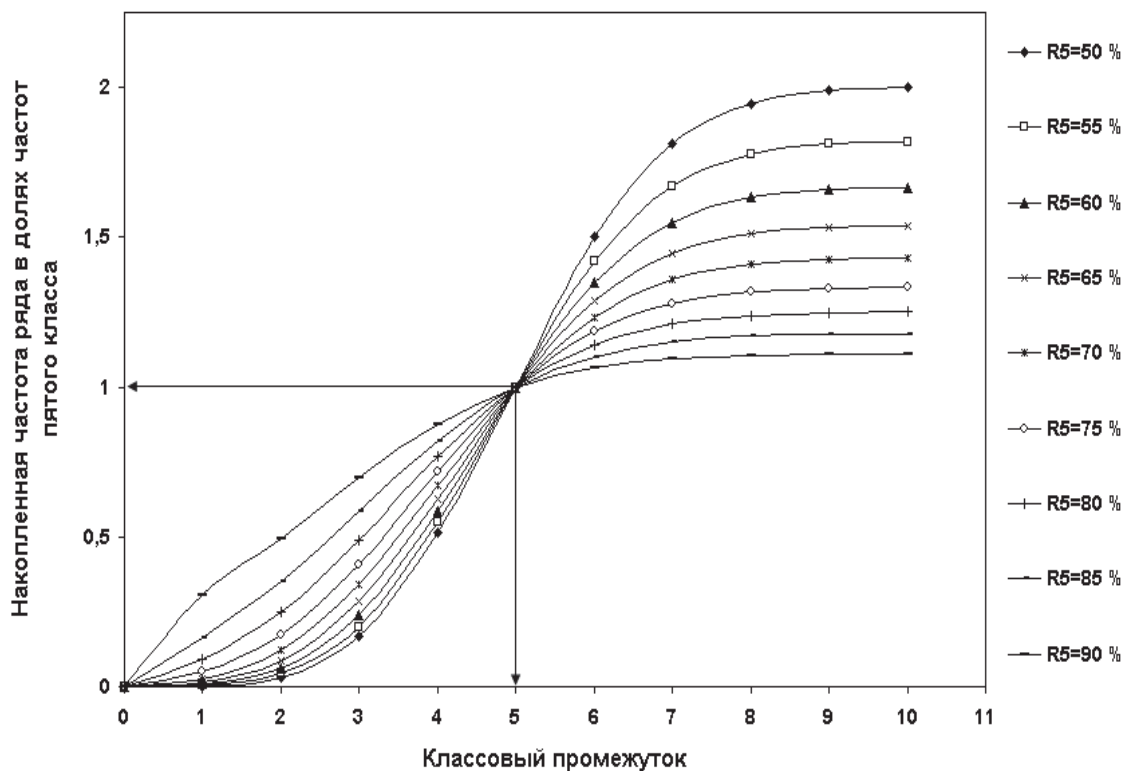


Рисунок 2.30. Изменение относительной накопленной частоты по классовым промежуткам дубовых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

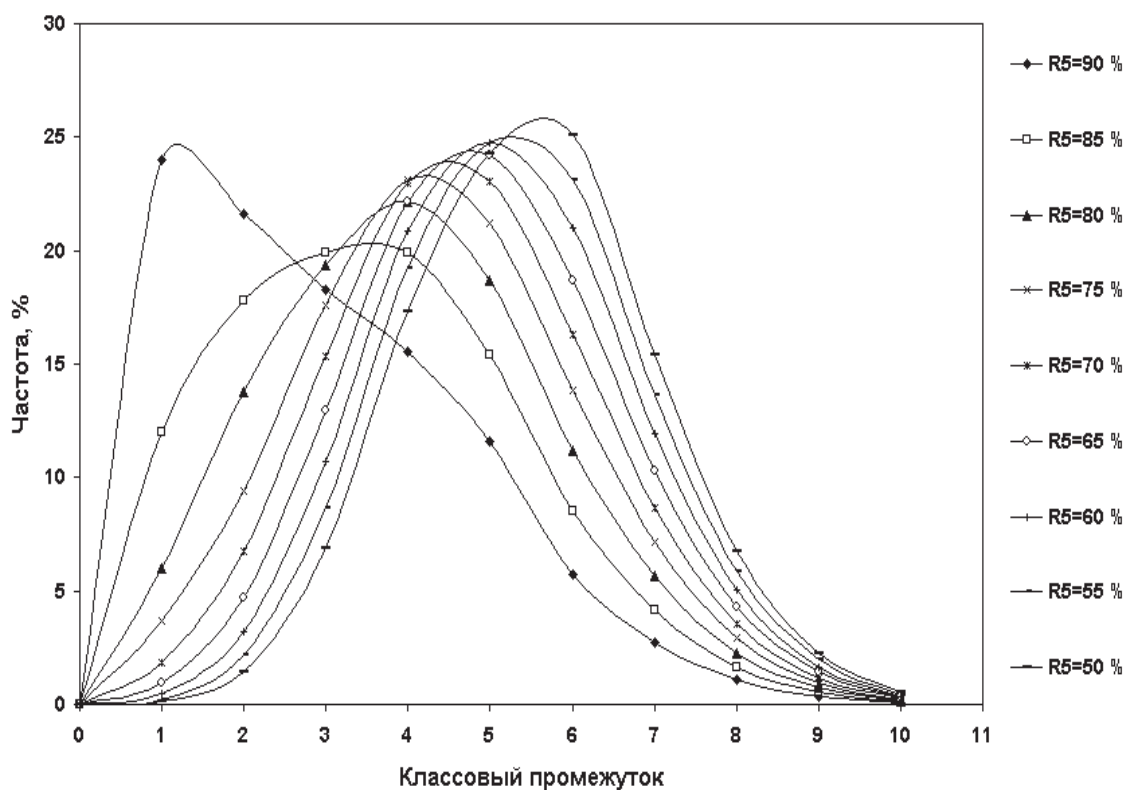


Рисунок 2.31. Распределение частот по классовым промежуткам дубовых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

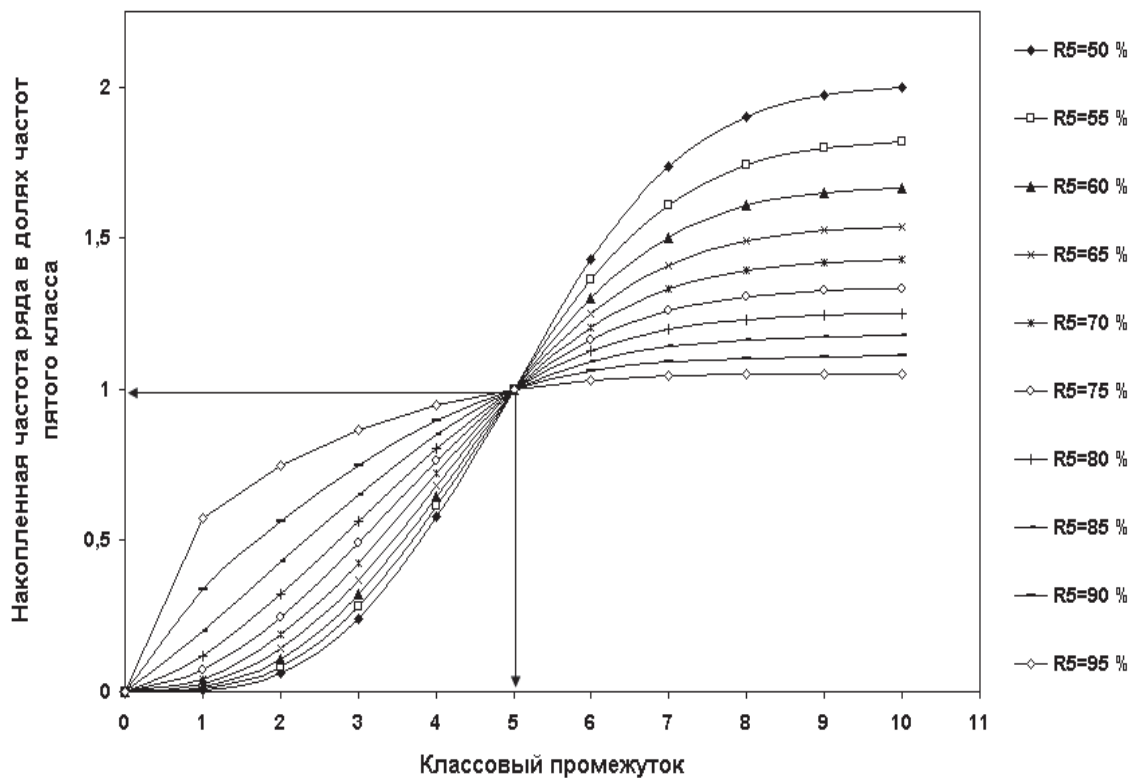


Рисунок 2.32. Изменение относительной накопленной частоты по классовой промежуток березовых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

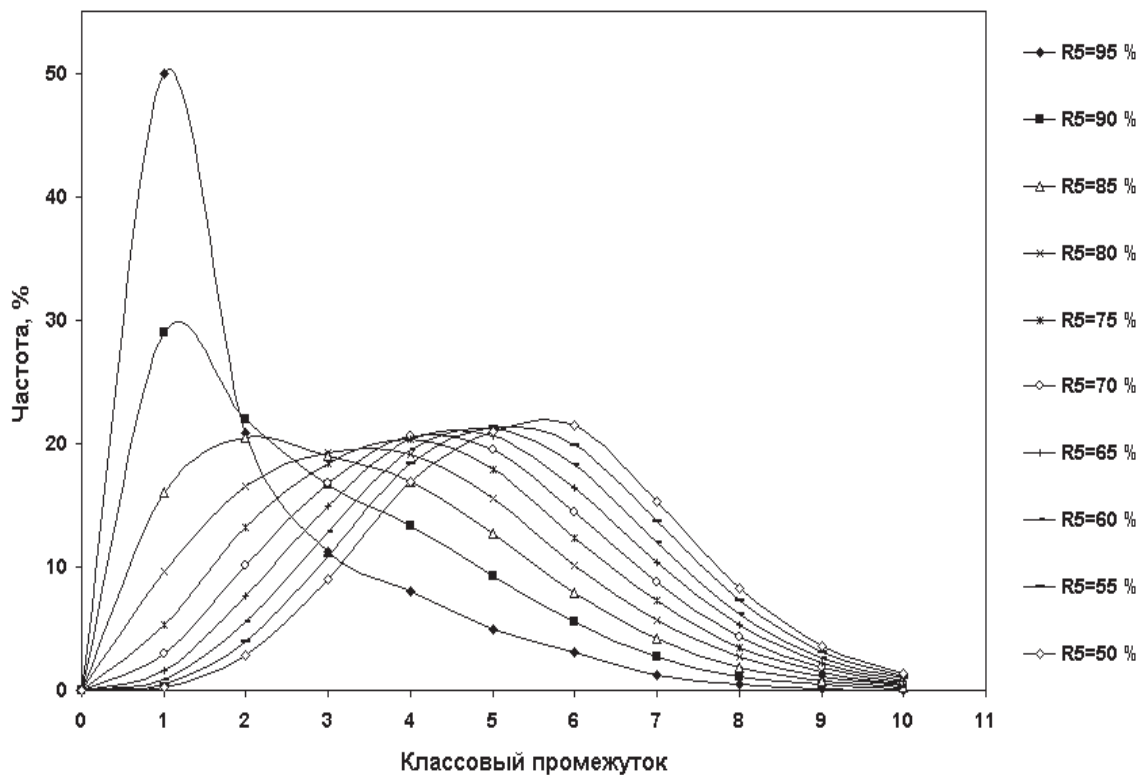


Рисунок 2.33. Распределение частот по классовой промежуток березовых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

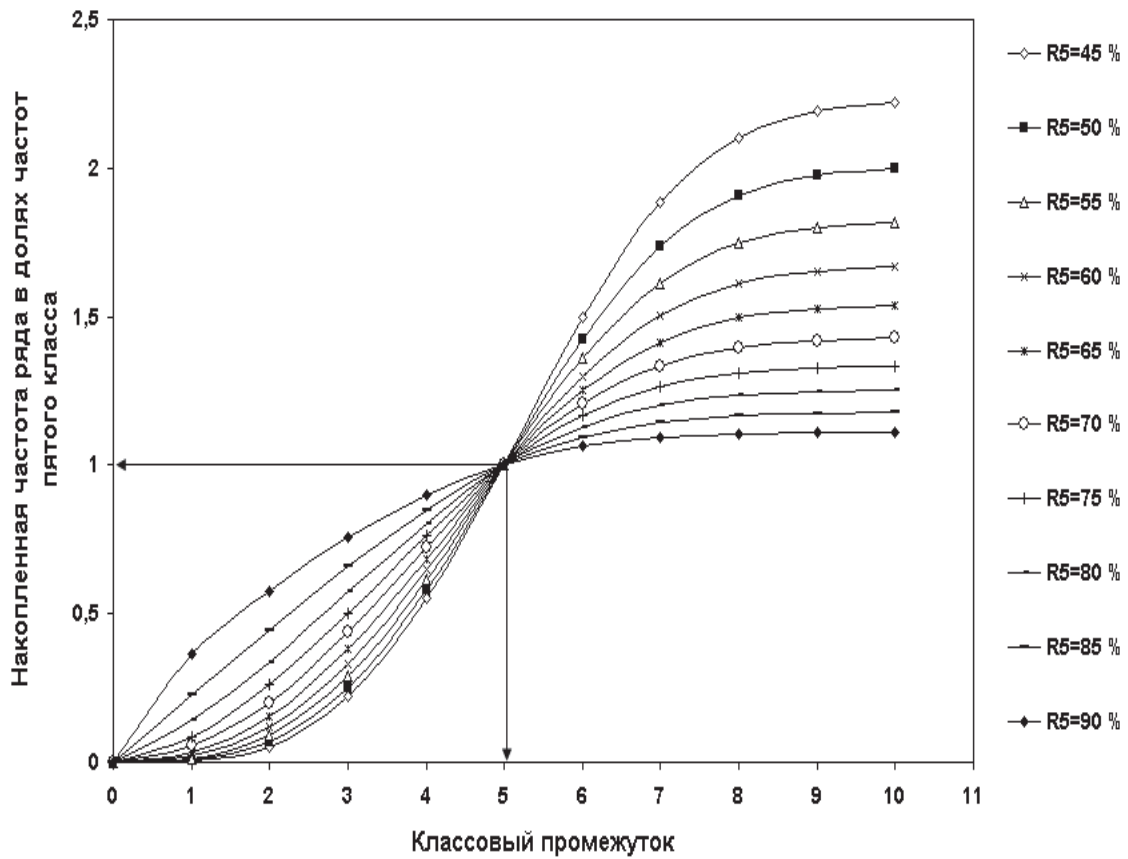


Рисунок 2.34. Изменение относительной накопленной частоты по классовым промежуткам осиновых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

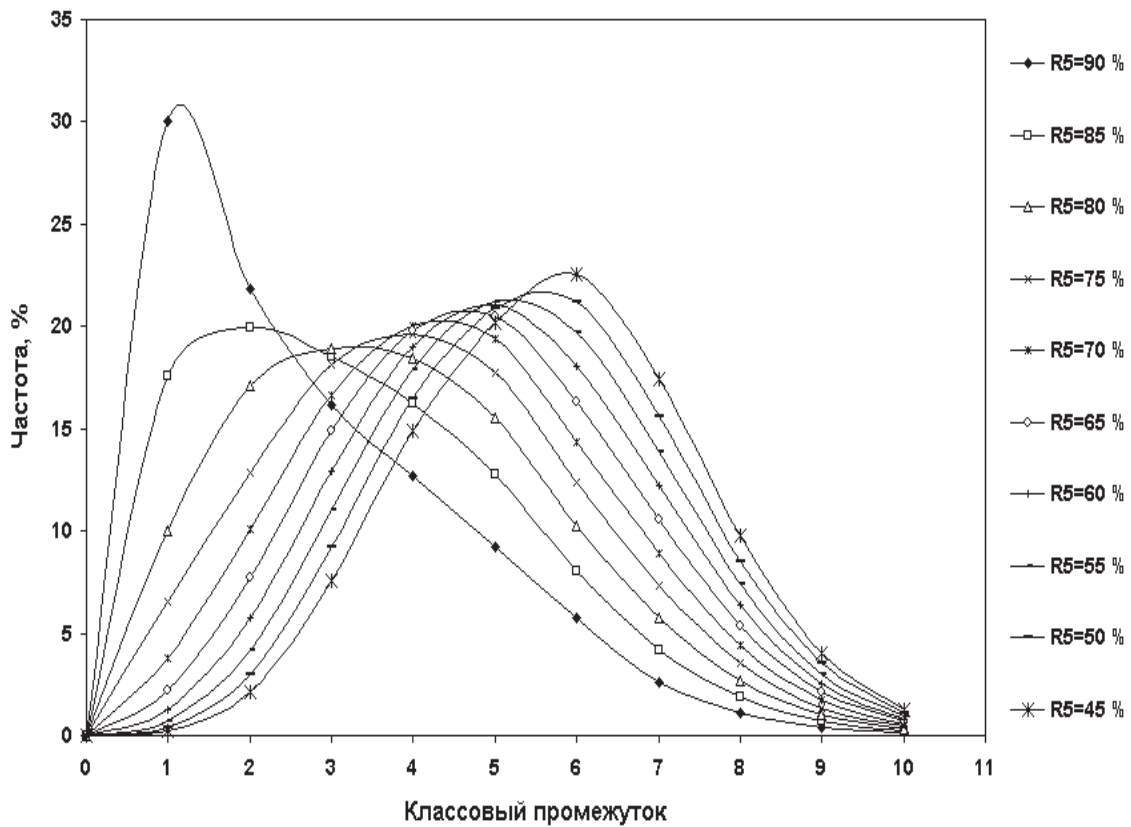


Рисунок 2.35. Распределение частот по классовым промежуткам осиновых древостоев при разном ранге деревьев в пятом классе.

Далее, моделированием взаимосвязей d_{\min} , d_{\max} со средним диаметром, а затем R_v с показателями масштаба рядов были получены кумуляты распределения частот в диапазоне 10 классов толщины деревьев.

Этот методический прием позволил состыковать модель, возрастной динамику среднего диаметра со строением по толщине во всем диапазоне продуктивности, полноты и возраста древостоев.

2.7.2. Возрастная динамика распределения числа деревьев по толщине в древостоях разных классов высот

Наличие рядов с распределением частот, выраженных в процентах позволяет в сочетании с динамикой самоизреживания древостоев из таблиц, получить ряды распределения числа деревьев на 1 гектар. Проследить наглядно закономерности изменения масштаба и формы распределения в древостоях разного возраста при полноте 1.0 можно на рисунках 2.36 – 2.37.

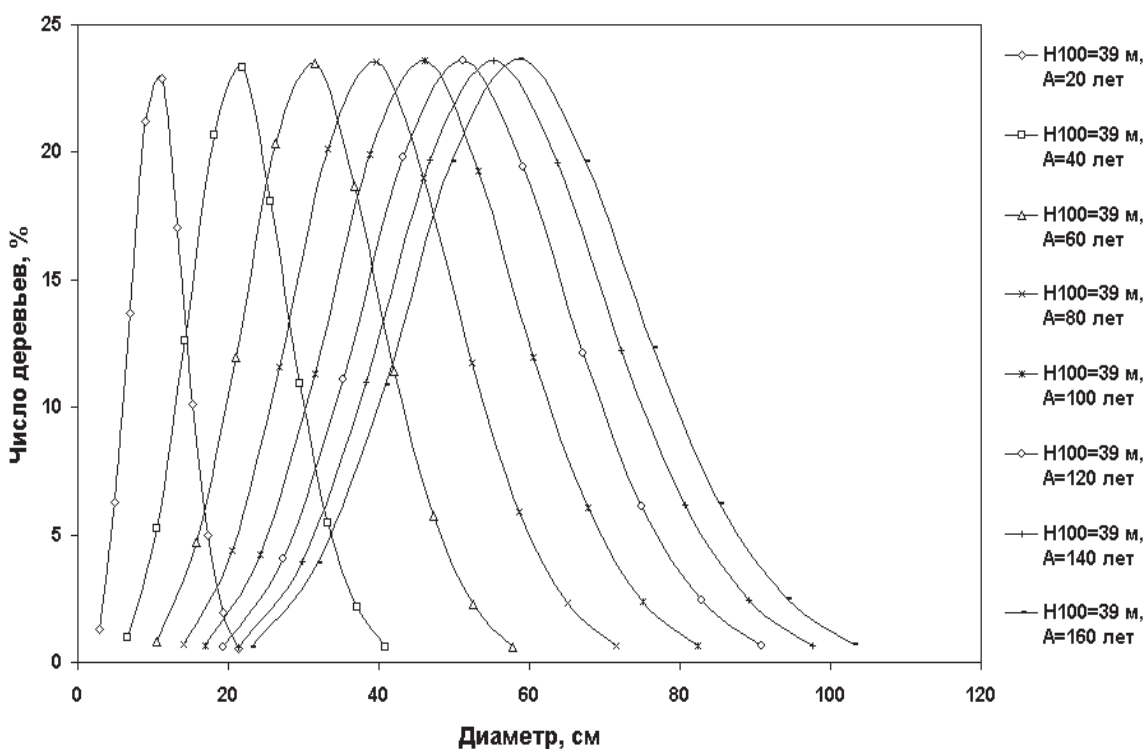


Рисунок 2.36. Распределение числа деревьев в процентах по классам диаметров в сосновых древостоях разного возраста при $H_{100}=39$ м.

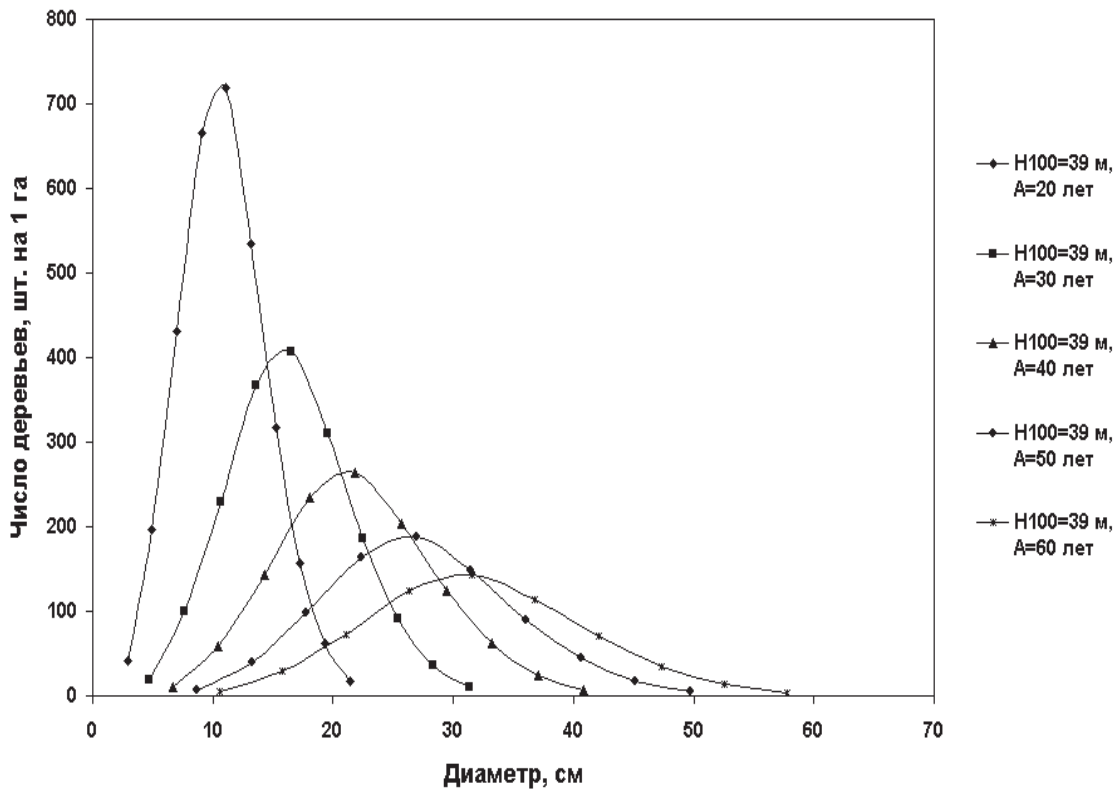


Рисунок 2.37. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сомкнутых сосновых древостоях разного возраста (20-60 лет) при $H_{100}=39$ м

Об изменении формы и масштаба кривых распределения в древостоях разных ровней продуктивности, возраста и полноты свидетельствуют рисунки 2.38 - 2.49.

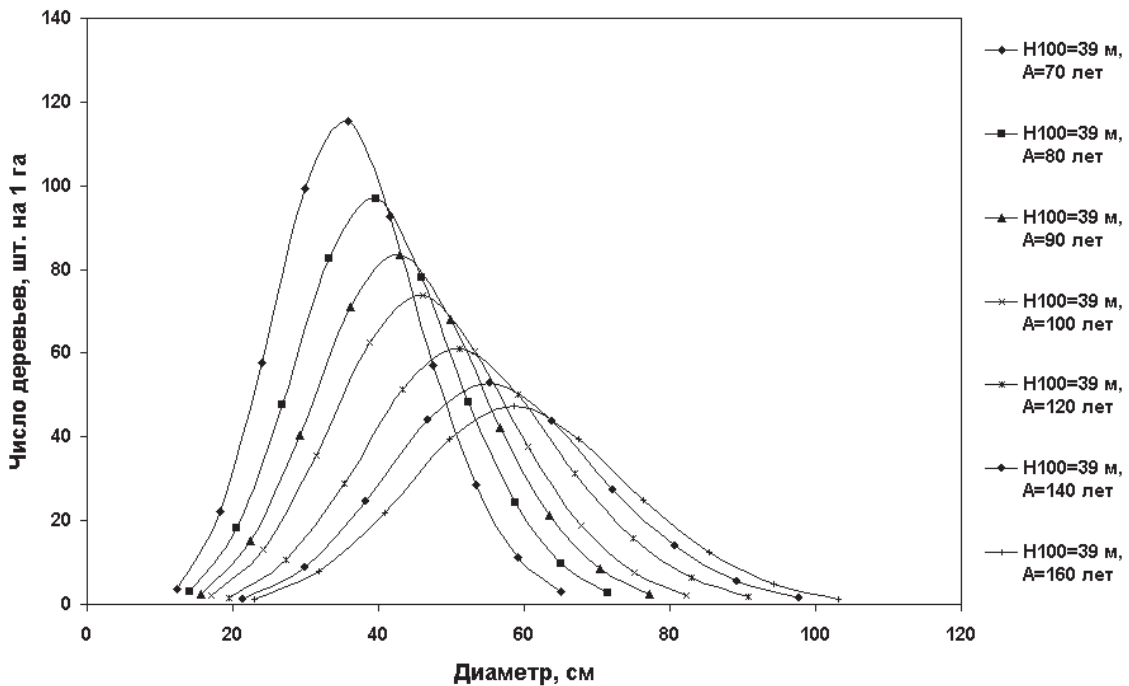


Рисунок 2.38. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сомкнутых сосновых древостоях разного возраста (70-160 лет) при $H_{100}=39$ м

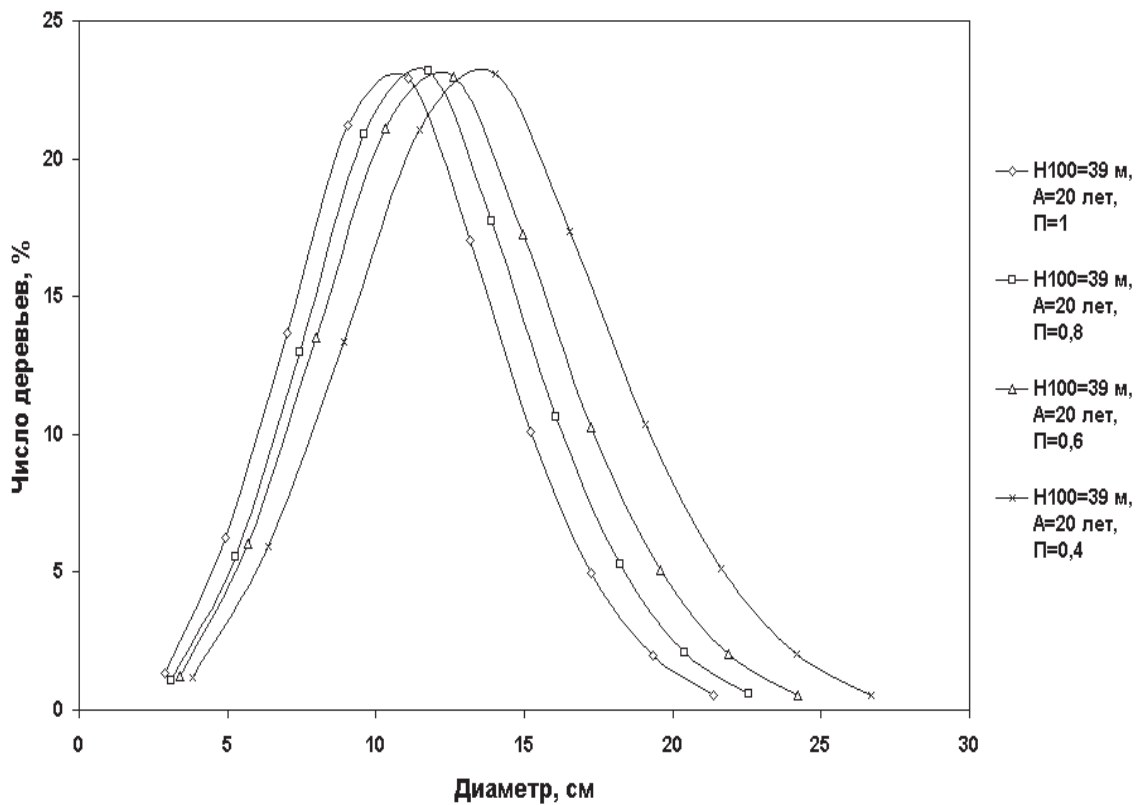


Рисунок 2.39. Распределение числа деревьев в процентах по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 20 –летнего возраста, разной полноты при $H_{100}=39\text{м}$

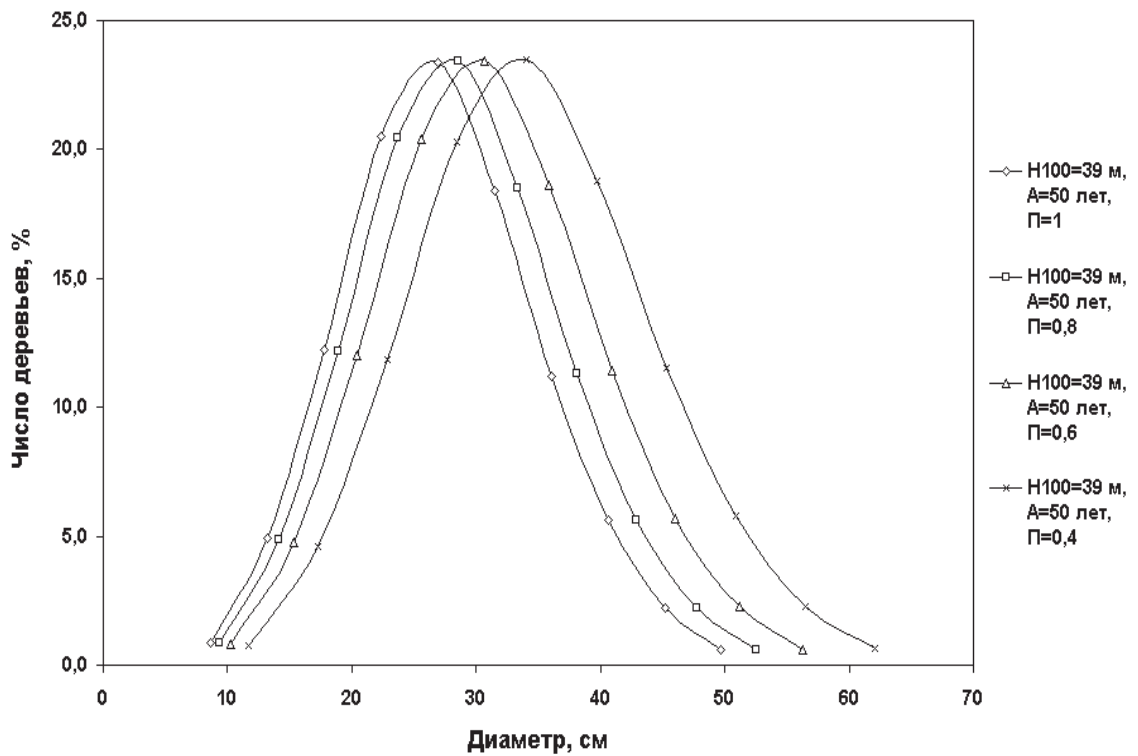


Рисунок 2.40. Распределение числа деревьев в процентах по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 50- летнего возраста, разной полноты при $H_{100}=39\text{м}$

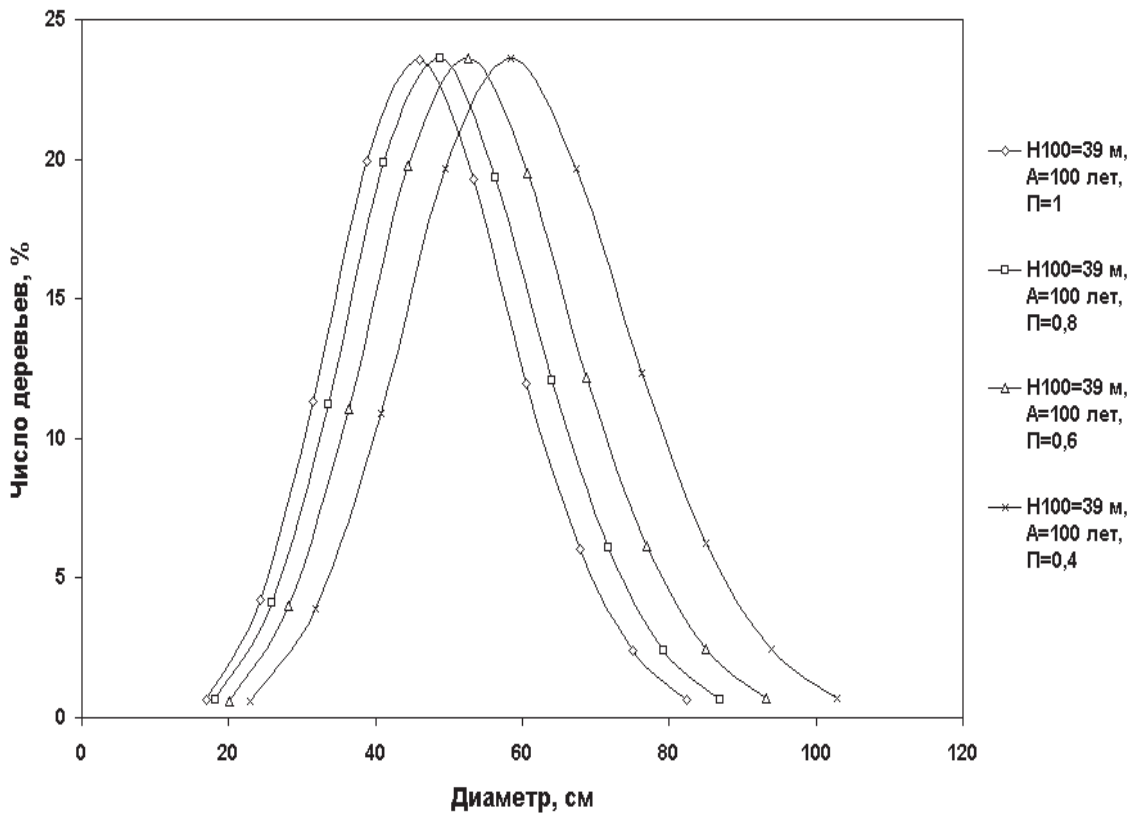


Рисунок 2.41. Распределение числа деревьев в процентах по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 100 –летнего возраста, разной полноты при $H_{100}=39$ м

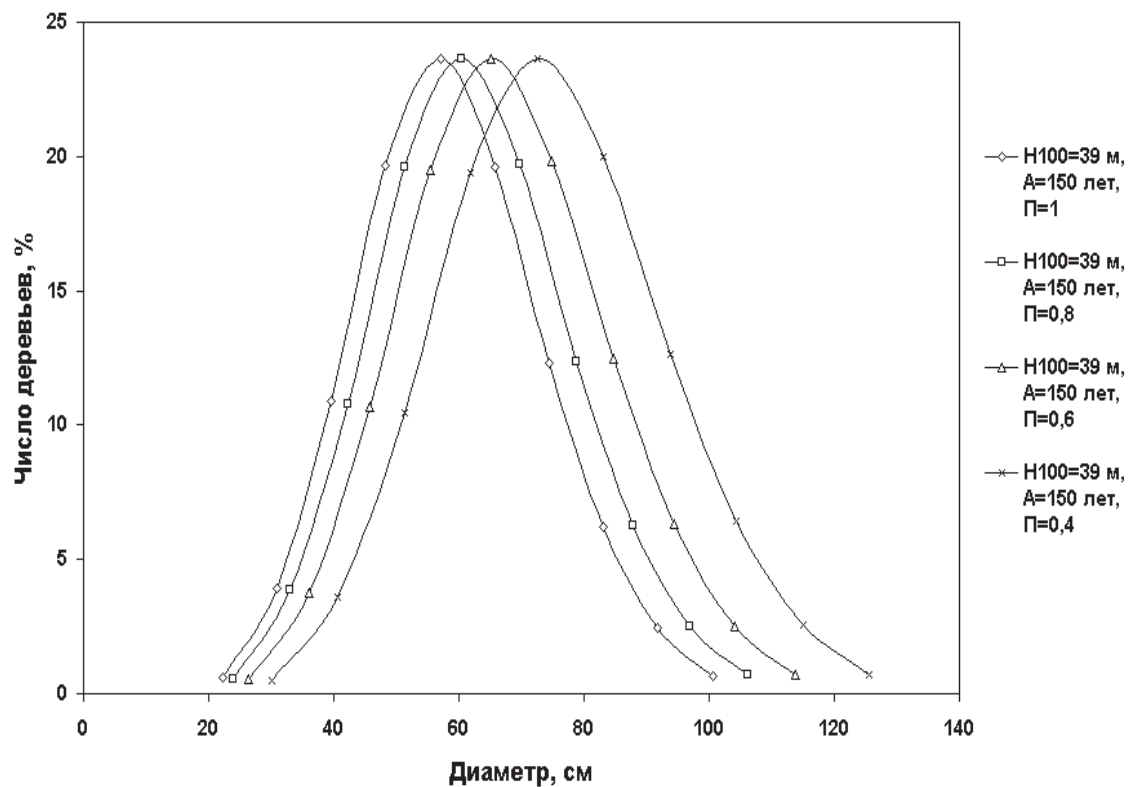


Рисунок 2.42. Распределение числа деревьев в процентах по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 150-летнего возраста, разной полноты при $H_{100}=39$ м

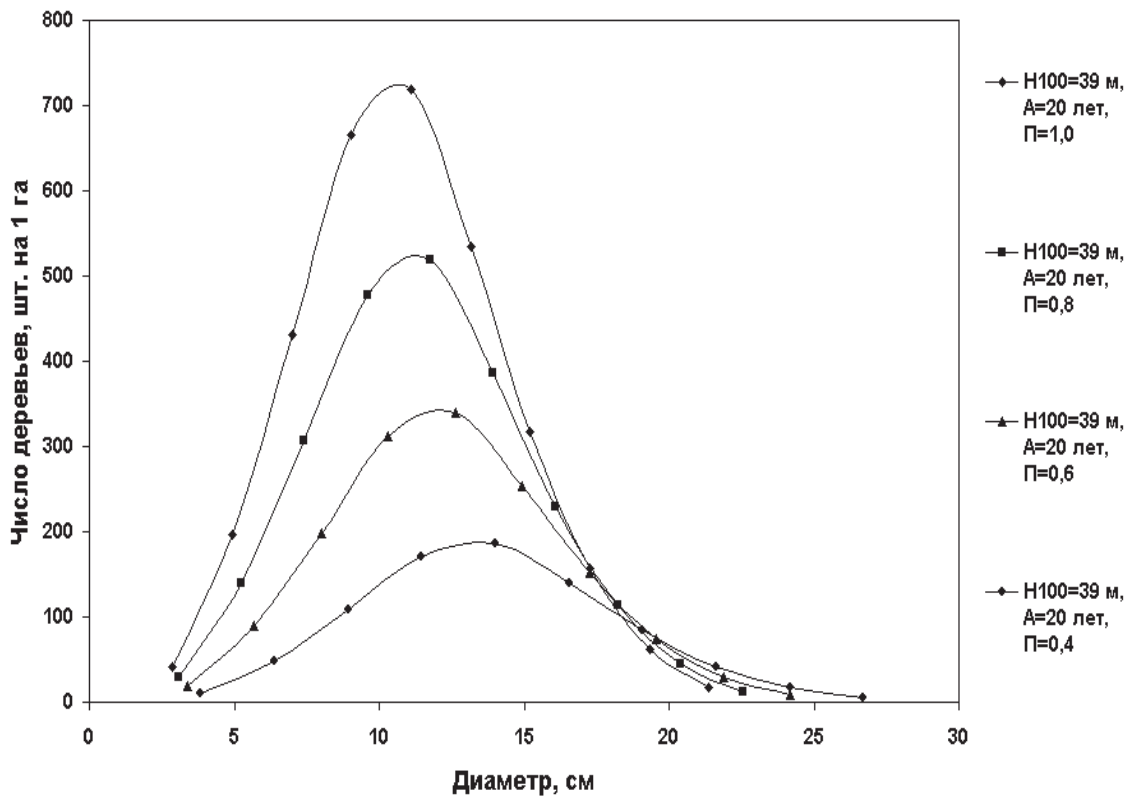


Рисунок 2.43. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 20-летнего возраста, разной полноты при $H_{100}=39$ м

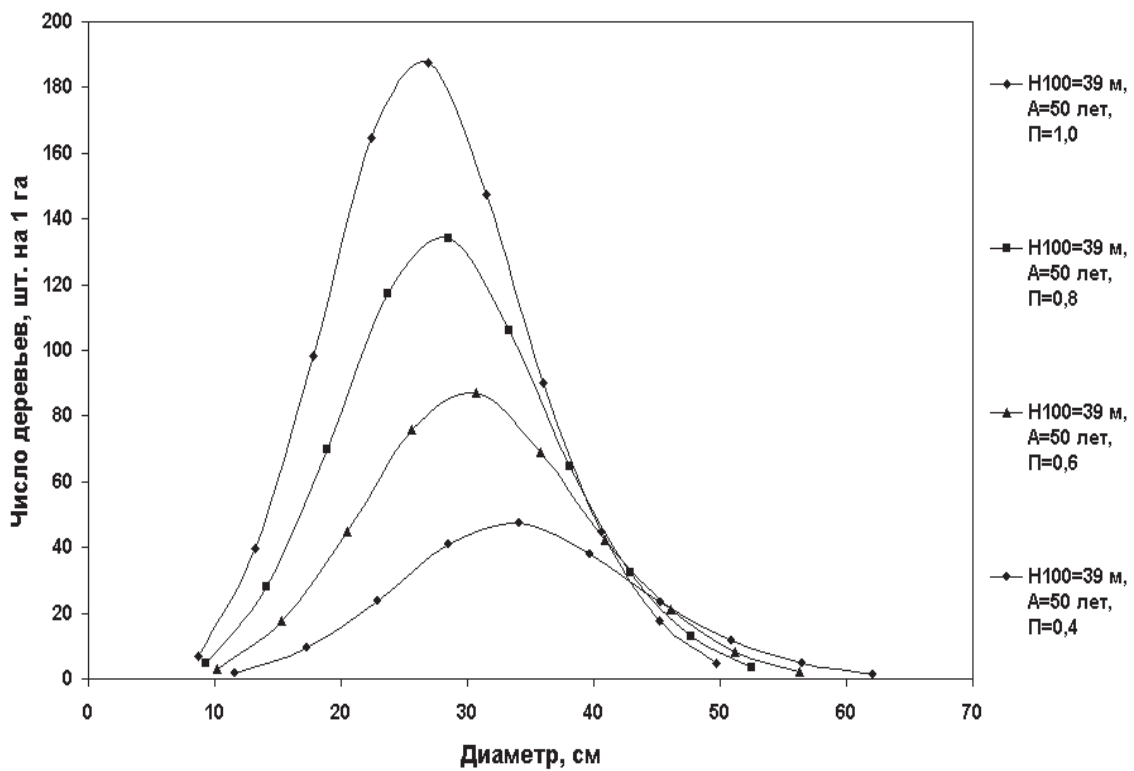


Рисунок 2.44. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 50-летнего возраста, разной полноты при $H_{100}=14$ м

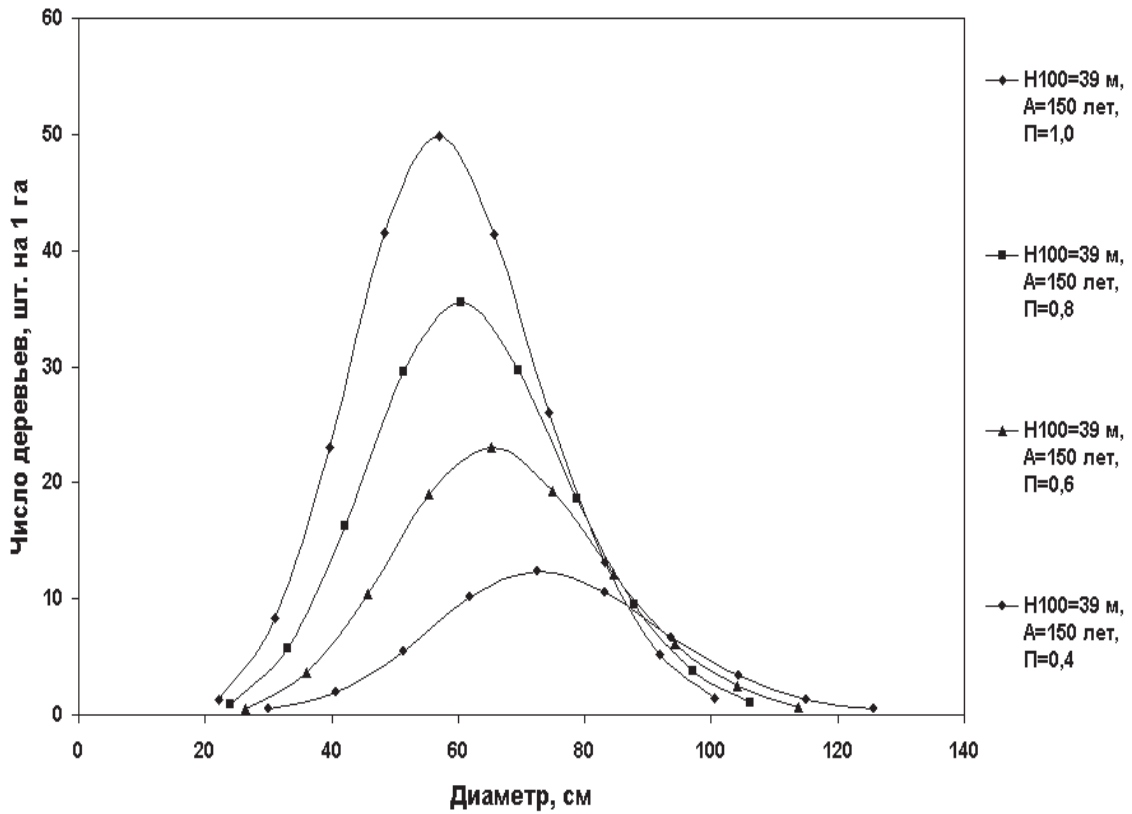


Рисунок 2.45. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 150-летнего возраста с разной полнотой при $H_{100}=39$ м

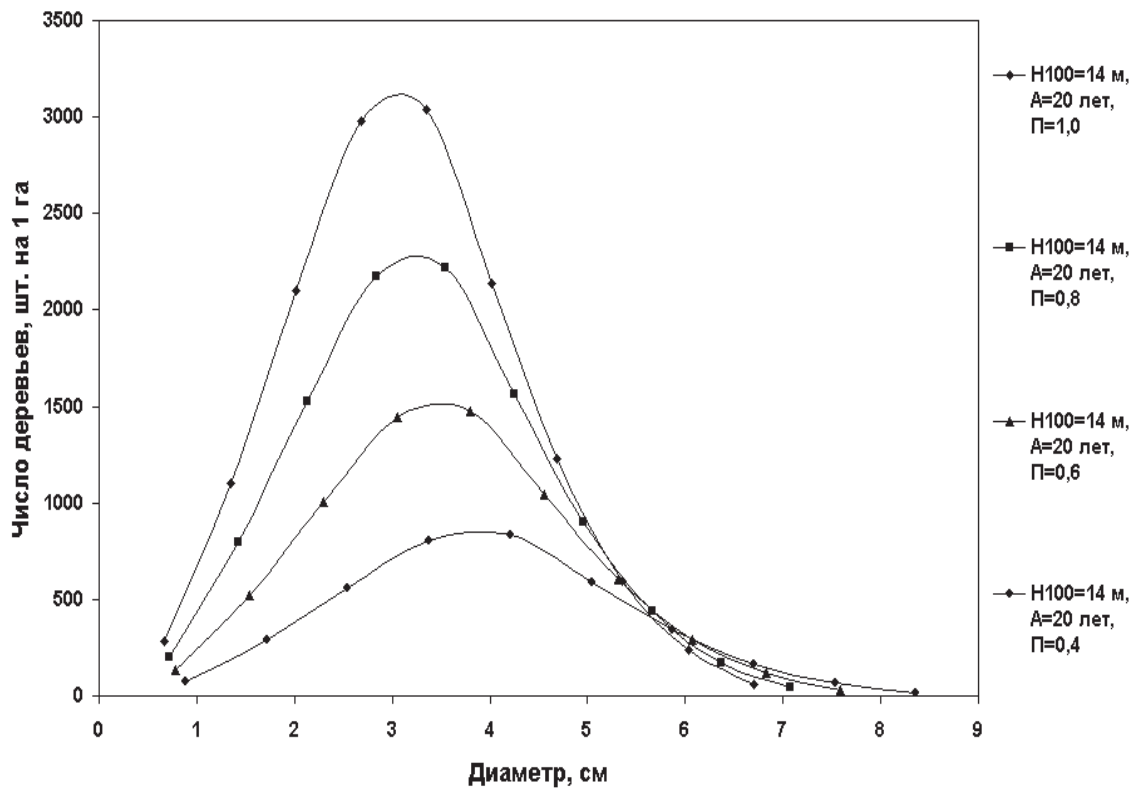


Рисунок 2.46. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 20-летнего возраста с разной полнотой при $H_{100}=14$ м

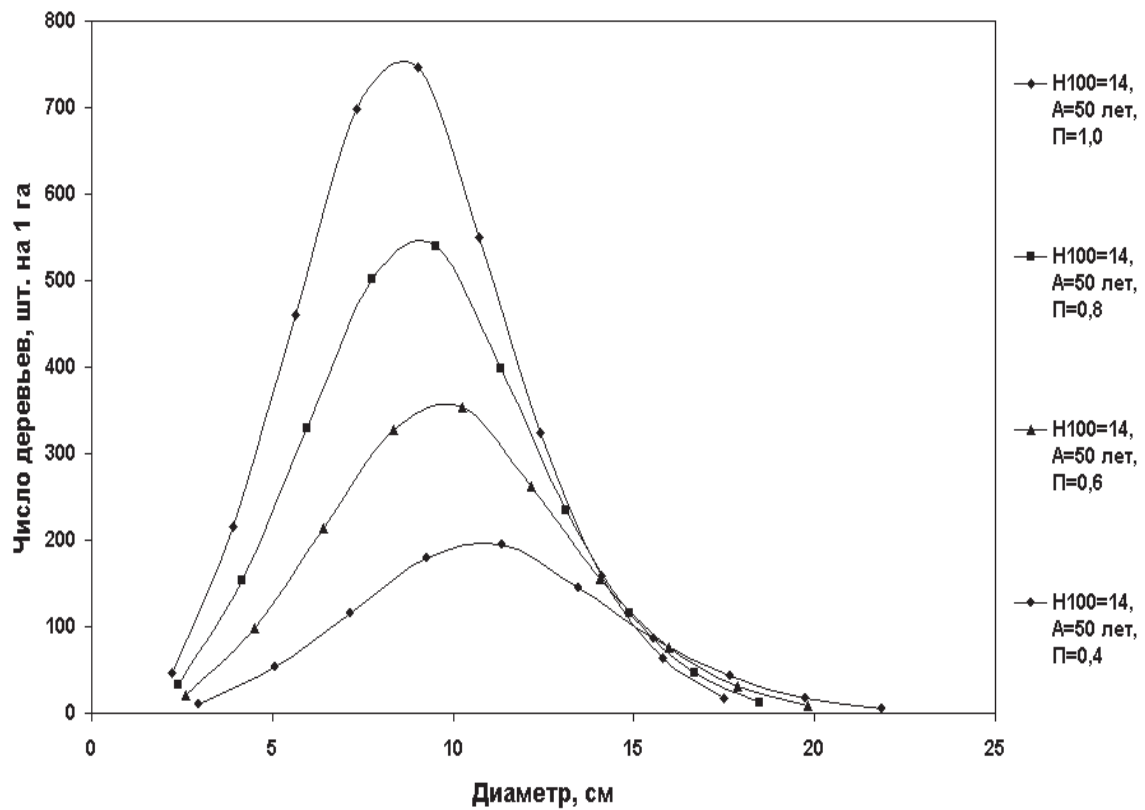


Рисунок 2.47. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 50-летнего возраста с разной полнотой при $H_{100}=14$ м

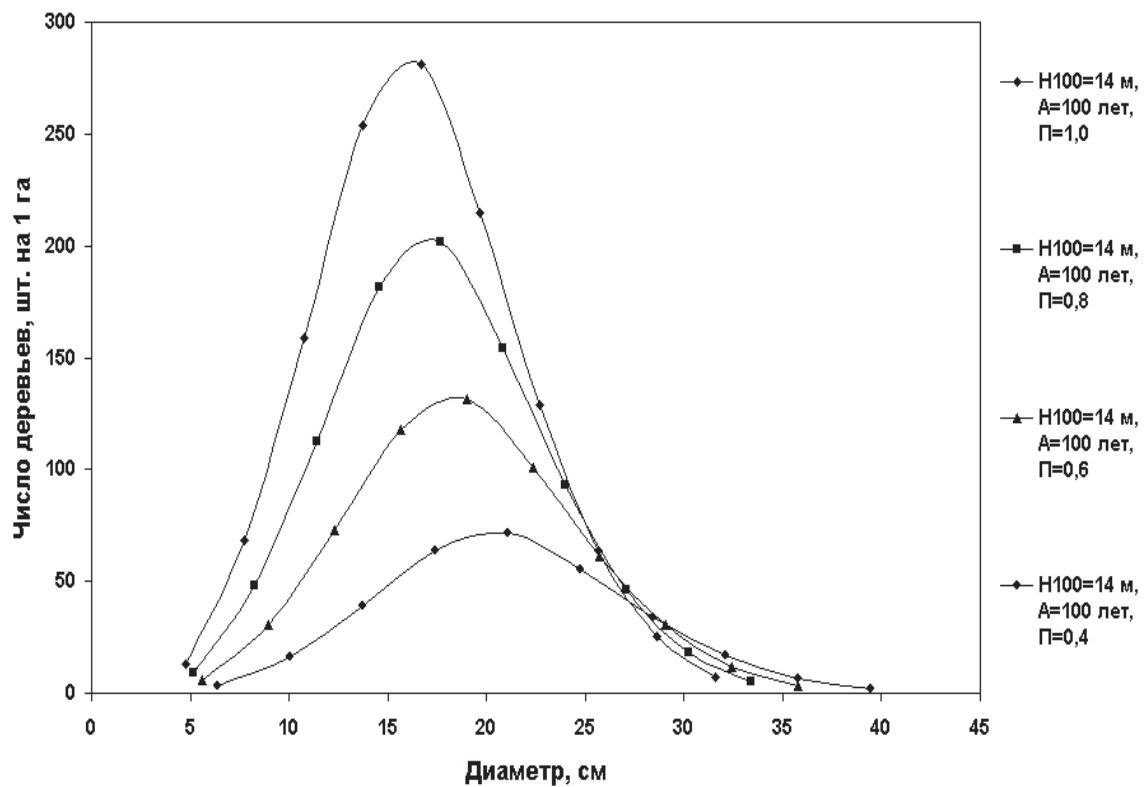


Рисунок 2.48. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 100-летнего возраста с разной полнотой при $H_{100}=14$ м

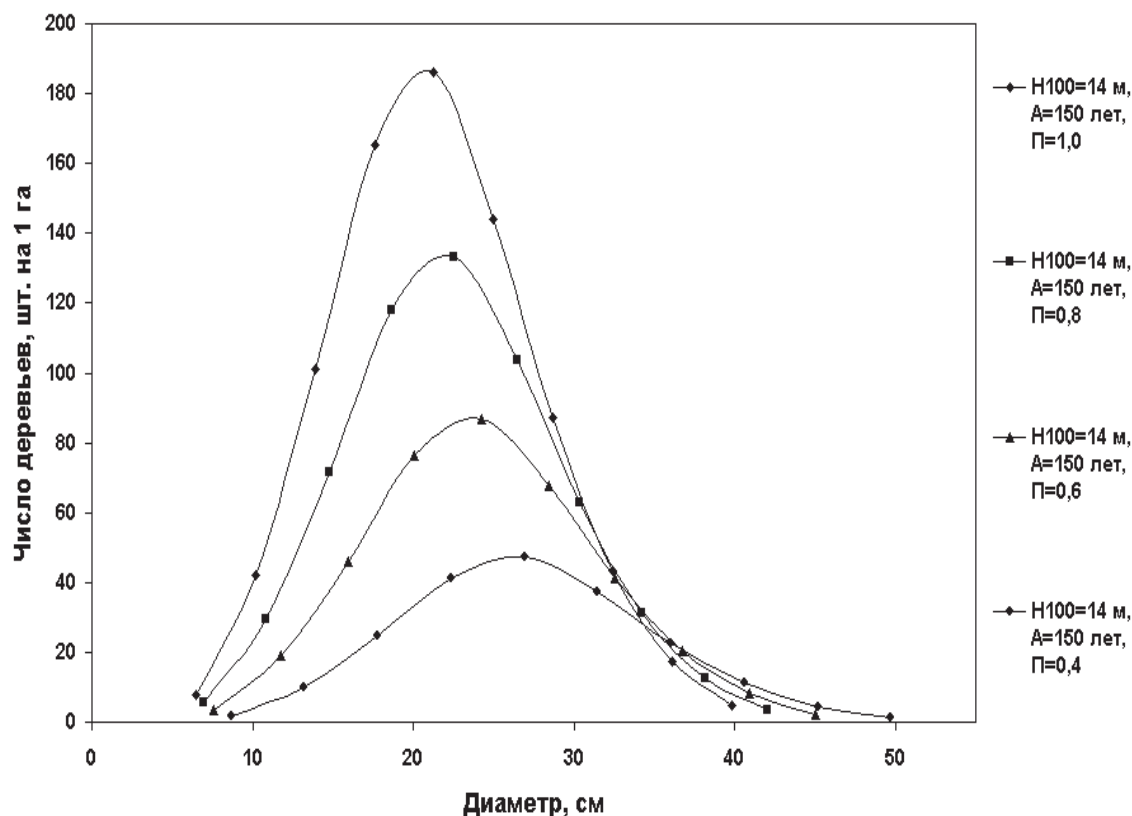


Рисунок 2.49. Распределение числа деревьев по классам толщины деревьев в сосновых древостоях 150-летнего возраста с разной полнотой при $H_{100}=14$ м

Итак, после процедуры распределения числа деревьев по толщине, увязанной с общим числом деревьев в древостоях различного возраста, продуктивности и полноты появляется возможность решать более сложные задачи, увязанные с теорией распределения деревьев по толщине и представленные ниже.

2.7.3. Возрастная динамика распределения суммы площадей сечения по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот

Так, одним из важных вопросов лесной таксации является распределение суммы площадей сечения деревьев, относящихся к разным классам толщины. Эта закономерность рассматривается впервые и наглядно представлена на рисунках 2.50, 2.51.

При её рассмотрении следует указать на изменение формы и масштаба распределения. С увеличением возраста происходит смещение кривой вправо по оси абсцисс при существенном увеличении суммы сечений деревьев в центральных классах толщины.

Рассмотренная закономерность может служить контролем суммы площадей сечений в модульных нормативах хода роста древостоев.

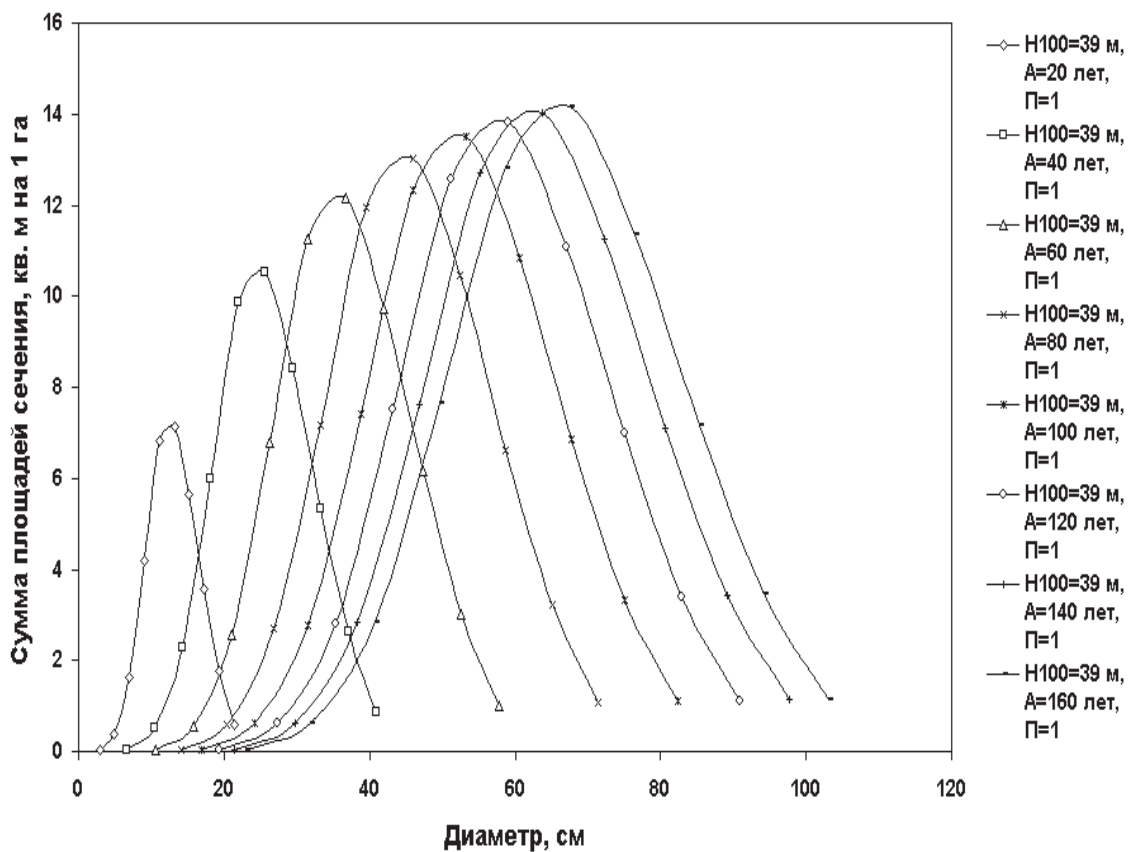


Рисунок 2.50. Распределение суммы площадей сечения по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м и $\Pi=1,0$

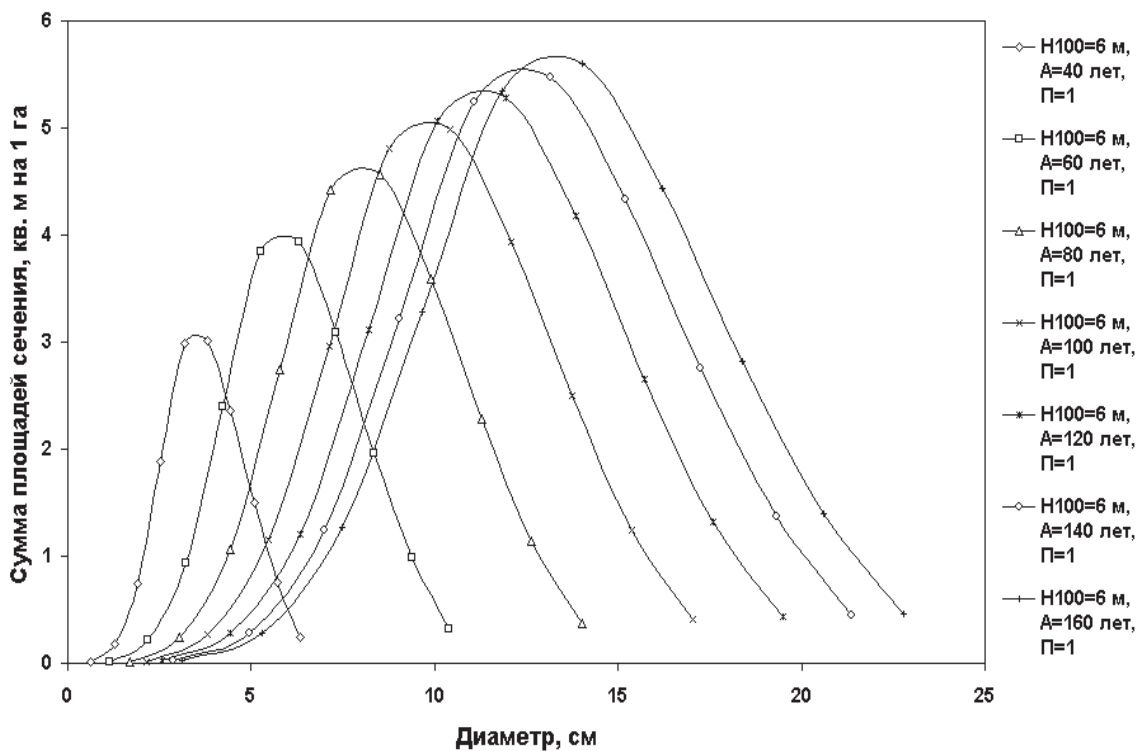


Рисунок 2.51. Распределение суммы площадей сечения по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=6$ м и $\Pi=1,0$

Так были рассчитаны отклонения сумм площадей сечений из моделей возрастной динамики и через распределение деревьев рассчитаны по формулам:

Абсолютная погрешность

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - y_j)^2} \quad (2.61)$$

Относительная погрешность

$$\Delta = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum [(y_i - y_j) / y_j]^2} \cdot 100 \quad (2.62)$$

Систематическая ошибка

$$O_p = \frac{1}{n} \sum [(y_i - y_j) / y_j] \cdot 100 \quad (2.63)$$

Случайная ошибка.

$$O_\sigma = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum \{[(y_i - y_j) / y_j] \cdot 100 - O_p\}^2} \quad (2.64)$$

где:

n – число наблюдений;

y_i – значение функции по модели;

y_j – фактическое значение.

Результаты сравнения сумм площадей сечений ($\sigma = \pm 0,34 \text{ м}^2/\text{га}$; $\Delta = \pm 2,59\%$; $O_p = 1,10\%$; $O_\sigma = \pm 2,35\%$) указывают на достаточно высокую точность моделей строения древостоев.

2.7.4. Возрастная динамика распределения запаса по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот

2.7.4.1 Новый метод моделирования взаимосвязи высот с диаметрами деревьев в древостоях разного возраста и классов высот

Выделение категорий крупности древесины производят у разных древесных пород в разное время. Уже в стадии молодняка, а вернее жердняка у хвойных начинает появляться мелкая древесина. Далее в соответствии с увеличением размерами деревьев выделяется средняя, крупная древесина и соответствующие им дрова и отходы. Для определения объемов выхода категорий крупности древесины из древесных стволов разработаны сортиментные таблицы по разрядам высот. Условное выделение разрядов высот построено на закономерностях соотношения высот и диаметров различных по

величине деревьев древостоя. Однако сортиментные таблицы служат в основном для материальной оценки деревьев в приспевающих, спелых и перестойных древостоях. Основанием принадлежности древостоя к тому или иному разряду высот служит график высот или средний диаметр и средняя высота.

Графики высот для конкретного древостоя – это не нечто застывшее постоянное явление, а динамическое, изменяющееся с возрастом соотношение высот и диаметров деревьев. В разных условиях местообитания с возрастом это соотношение так же меняется и зависит от темпа прироста по диаметру и высоте деревьев. Увязать эти соотношения с возрастной динамикой средних высот и диаметров позволяют статистические методы моделирования. При этом следует соблюдать обязательные условия построения линий регрессии, а именно:

1) иметь в моделях графиков высот компонент начального роста равный 1,3 м;

2) иметь в графиках кривых высот пересечение средней высоты со средним диаметром древостоя.

Соблюдение этих требований обеспечивает построение графиков высот в возрастной динамике древостоя.

Итак, статистическое моделирование соотношения высот и диаметров деревьев позволило получить регрессии вида:

Сосна

$$h_i = 1,3 + (H - 1,3) \exp(-1,63632 \ln D + 0,10761 \ln^2 D + 0,03318 \ln^3 D - 0,00583 \ln^4 D + 0,00041 \ln^5 D + 1,80933 \ln d_i - 0,35998 \ln^2 d_i + 0,09913 \ln^3 d_i - 0,02386 \ln^4 d_i + 0,002002 \ln^5 d_i) \quad (2.65)$$

$$R^2=1,0; t > t_{05} = 2,0$$

Ель

$$h_i = 1,3 + (H - 1,3) \exp(-1,98411 \ln D + 1,17971 \ln^2 D - 0,66757 \ln^3 D + 0,18393 \ln^4 D - 0,02201 \ln^5 D + 0,00090 \ln^6 D + 1,98411 \ln d_i - 1,17971 \ln^2 d_i + 0,66757 \ln^3 d_i - 0,18394 \ln^4 d_i + 0,02201 \ln^5 d_i - 0,00090 \ln^6 d_i) \quad (2.66)$$

$$R^2=1,0; t > t_{05} = 2,0$$

Дуб

$$h_i = 1,3 + (H - 1,3) \exp(-0,870178 \ln D - 0,1236 \ln^2 D + 0,01079 \ln^3 D + 0,012371 \ln^4 D - 0,00157 \ln^5 D + 0,871933 \ln d_i + 0,120663 \ln^2 d_i - 0,00918 \ln^3 d_i - 0,012731 \ln^4 d_i + 0,001598 \ln^5 d_i) \quad (2.67)$$

$$R^2=1,0; t > t_{05} = 2,0$$

Береза

$$h_i = 1,3 + (H - 1,3) \exp(-0,91797 \ln D + 0,05888 \ln^2 D + 0,00377 \ln^3 D + 0,91797 \ln d_i - 0,05888 \ln^2 d_i - 0,00377 \ln^3 d_i) \quad (2.68)$$

$$R^2=1,0; t > t_{05}=2,0$$

Осина

$$h_i = 1,3 + (H - 1,3) \exp(-1,06618 \ln D + 0,06619 \ln^2 D + 0,00845 \ln^3 D + 1,066181 \ln d_i - 0,066199 \ln^2 d_i - 0,00846 \ln^3 d_i) \quad (2.69)$$

$$R^2=1,0; t > t_{05}=2,0$$

где:

h_i - высота деревьев, м;

$H-1,3$ – средняя высота древостоя уменьшенная на высоту груди (1,3 м), м

D – средний диаметр древостоя;

d_i – диаметр деревьев на высоте груди.

Показатель детерминации имитационных построений ($R^2 = 1,0$), значимость численных коэффициентов ($t_p > t_{05} = 2,0$) указывает на достаточно высокую точность моделей графиков высот во всем диапазоне продуктивности древостоев. Графическая интерпретация теоретических построений графиков высот (Рис. 2.52 – 2.56) указывает на различное соотношение этих показателей в разных условиях местообитания.

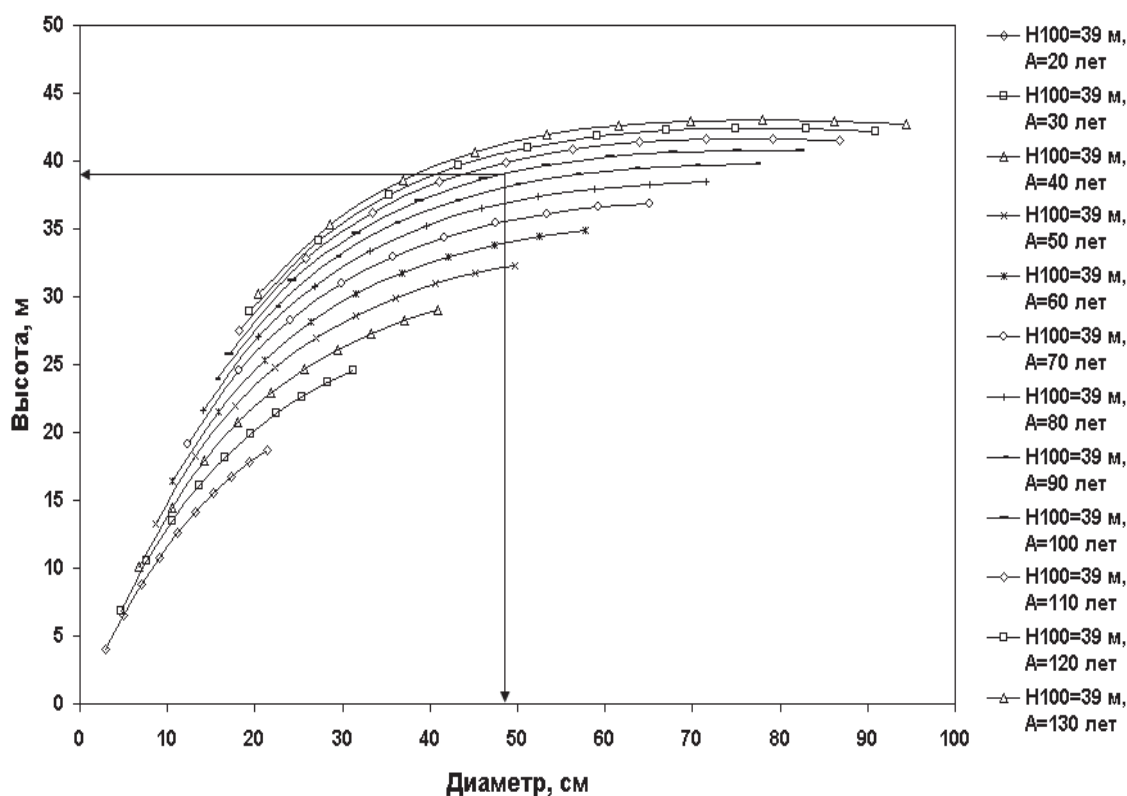


Рисунок 2.52. Взаимосвязь высоты и диаметров деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $N_{100}=39$ м

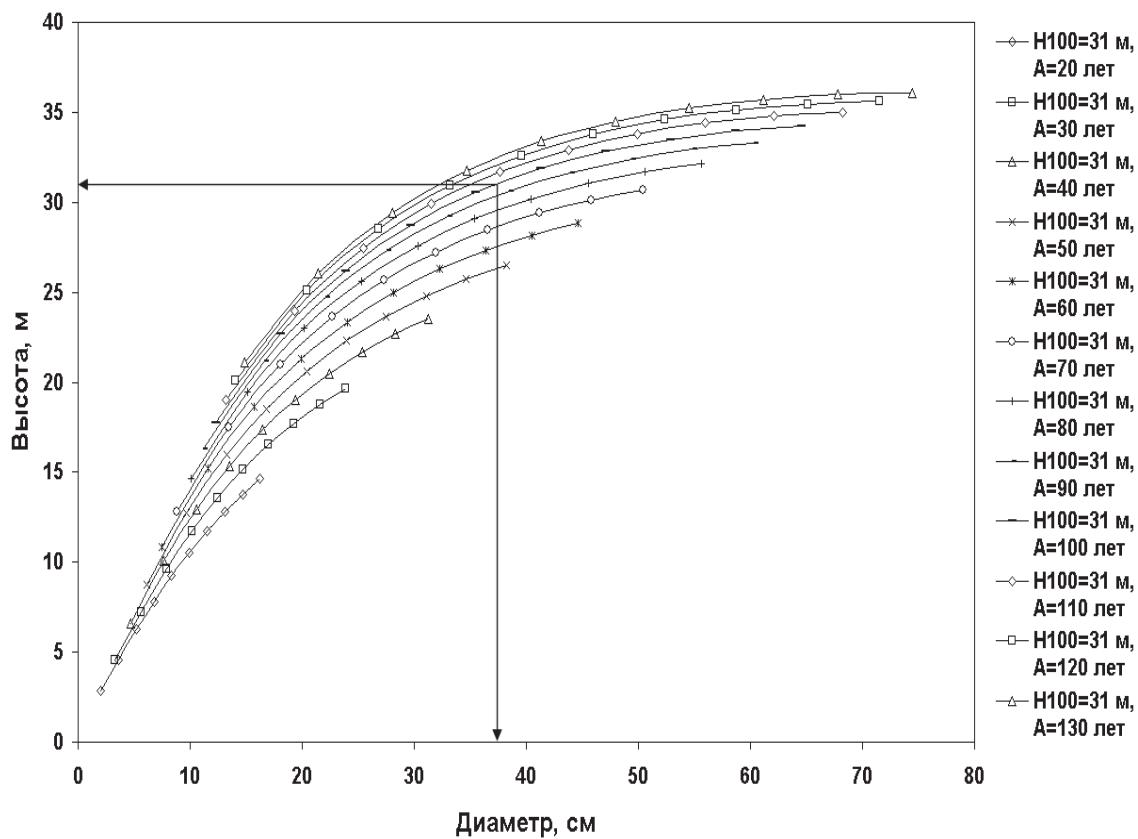


Рисунок 2.53. Взаимосвязь высоты и диаметров деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=31$ м

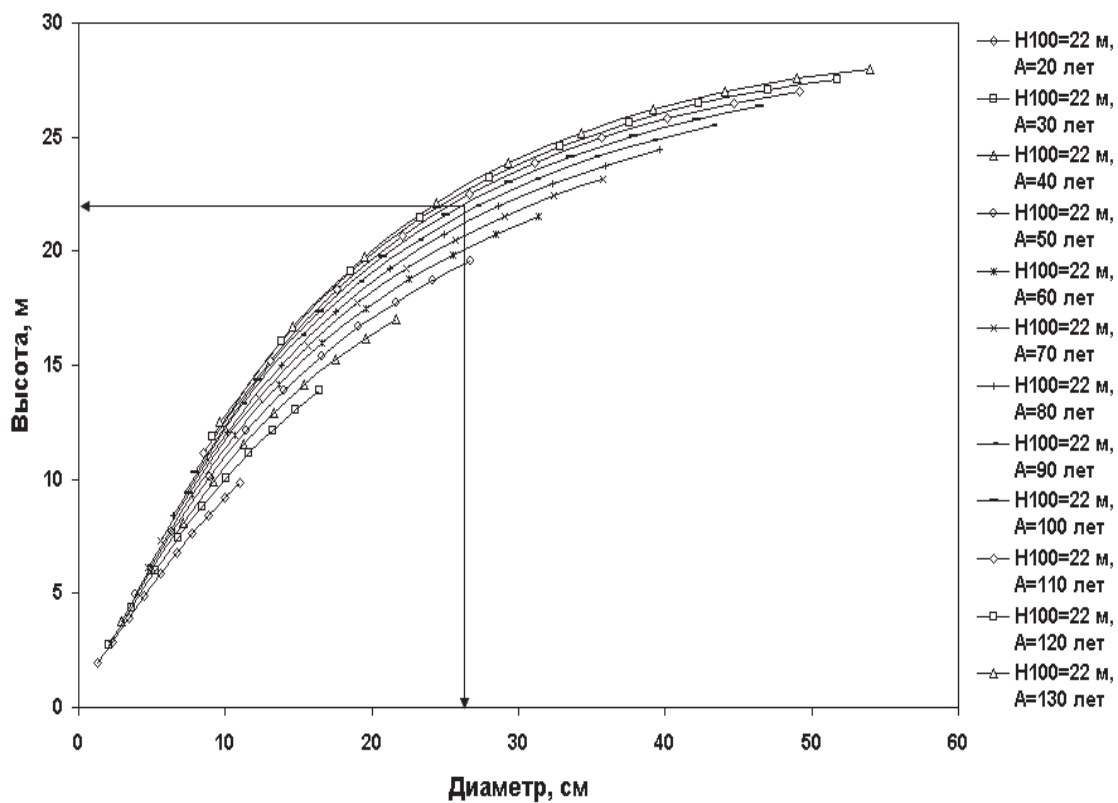


Рисунок 2.54. Взаимосвязь высоты и диаметров деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=22$ м

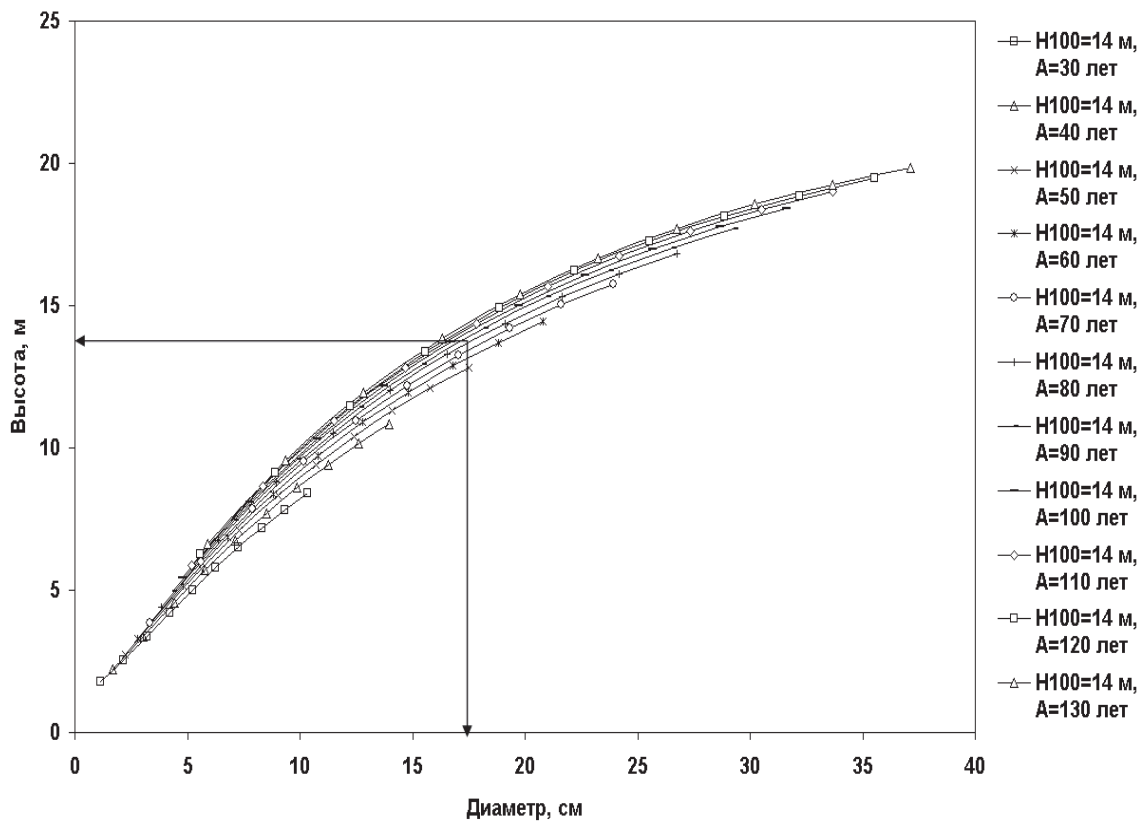


Рисунок 2.55. Взаимосвязь высоты и диаметров деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=14$ м

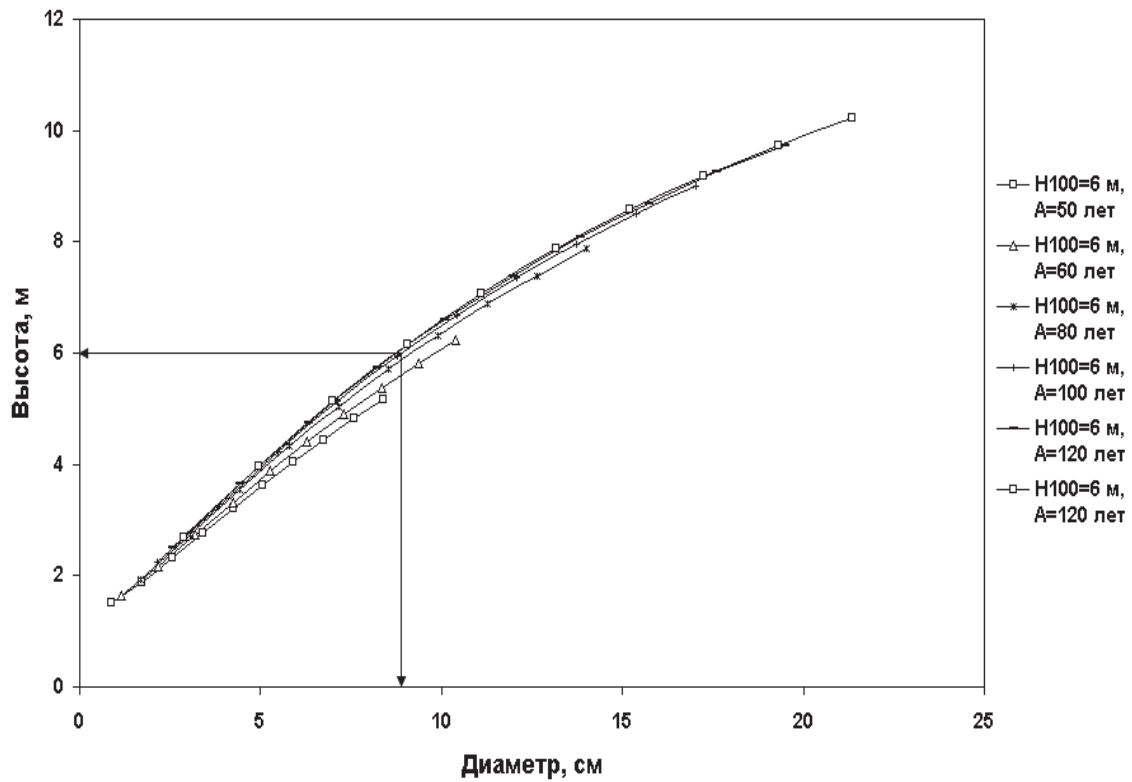


Рисунок 2.56. Взаимосвязь высоты и диаметров деревьев в сосновых древостоях различного возраста с уровнем продуктивности $H_{100}=6$ м
 Таким образом, при наличии этих соотношений появилась возможность проведения сортиментации деревьев по классам толщины.

2.7.5. Возрастная динамика объемов стволов в древостоях по классам высот

В основе моделей лежат два показателя – диаметр на высоте груди и высота деревьев, а соотношения между ними находят отражение в форме древесных стволов, которая изменяется с условиями местообитания, отраженными в уровнях продуктивности древостоев в 100 летнем возрасте (H_{100}) с возрастом и полнотой древостоев.

Итак, были получены производные регрессий возрастной динамики средних высот и диаметров в древостоях различной продуктивности и полноты, соотношений высот и диаметров деревьев. Сочетание этих моделей с моделью изменения объема стволов от диаметра и высоты деревьев позволяет получить возрастную динамику объемов древесных стволов.

Сосна

$$V_i = \exp(-9,05836 + 1,27293 \ln d_i + 0,1512 \ln^2 d_i - 0,01083 \ln^3 d_i + 1,02465 \ln h_i - 0,01139 \ln^2 h_i) \quad (2.70)$$

$R^2=0,999; t > t_{05}=2,0$

Ель

$$V_i = \exp(-8,94900 + 1,02204 \ln d_i + 0,24759 \ln^2 d_i - 0,02083 \ln^3 d_i + 1,08533 \ln h_i - 0,02373 \ln^2 h_i) \quad (2.71)$$

$R^2=0,999; t > t_{05} = 2,0$

Дуб

$$V_i = \exp(-9,01487 + 2,00618 \ln d_i + 0,39504 \ln h_i + 0,07037 \ln^2 h_i) \quad (2.72)$$

$R^2=0,999; t > t_{05} = 2,0$

Береза

$$V_i = \exp(-9,61901 + 1,481755 \ln d_i + 0,156446 \ln^2 d_i - 0,015289 \ln^3 d_i + 1,046262 \ln h_i - 0,021692 \ln^2 h_i) \quad (2.73)$$

$R^2=0,999; t > t_{05} = 2,0$

Осина

$$V_i = \exp(-9,39435 + 1,33027 \ln d_i + 0,16959 \ln^2 d_i - 0,01324 \ln^3 d_i + 1,03474 \ln h_i - 0,00908 \ln^2 h_i) \quad (2.74)$$

$R^2=0,999; t > t_{05} = 2,0$

где:

v_i – объем древесного ствола, куб. м;

d_i – диаметр дерева на высоте груди, см;

h_i – высота дерева, м.

Высокие показатели детерминации моделей ($R^2=0,999-1,0$), значимость численных коэффициентов ($t_p > t_{05}=2,0$) свидетельствуют о высокой степени достоверности полученных результатов моделирования.

Полученные по регрессиям значения объемов при толщине деревьев в древостоях разного уровня продуктивности (H_{100}), возраста и полноты, позволяют решить задачи, связанные со строением древостоев по запасу и выходом древесины и категориям крупности.

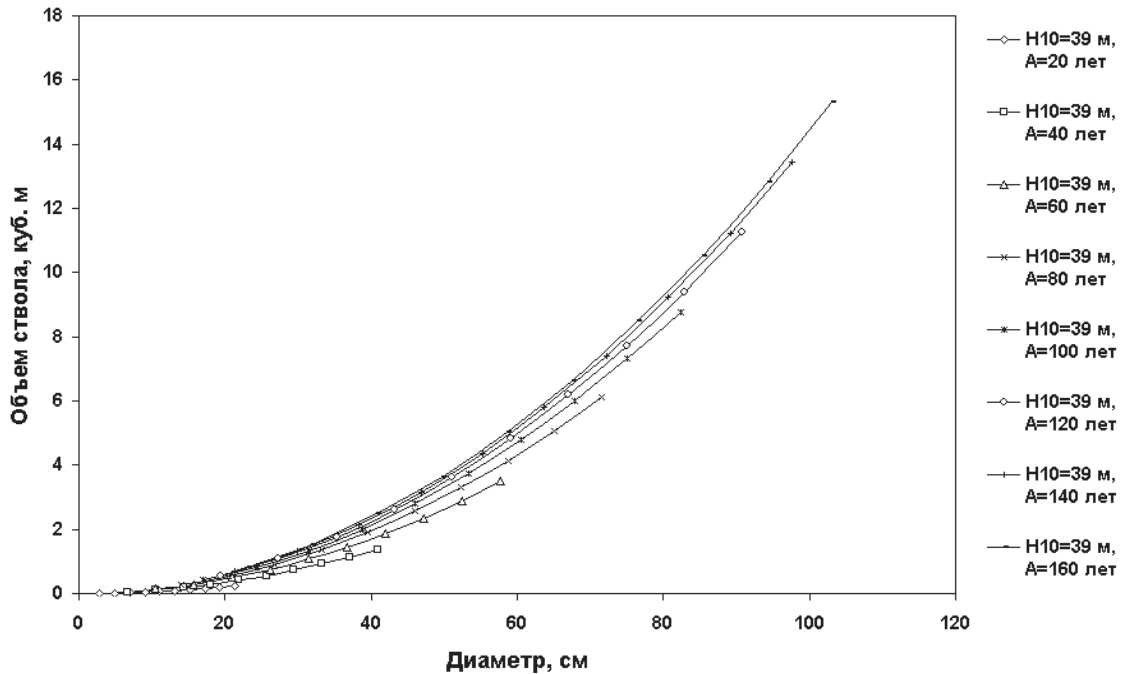


Рисунок 2.57. Взаимосвязь объема древесного ствола с диаметром деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м

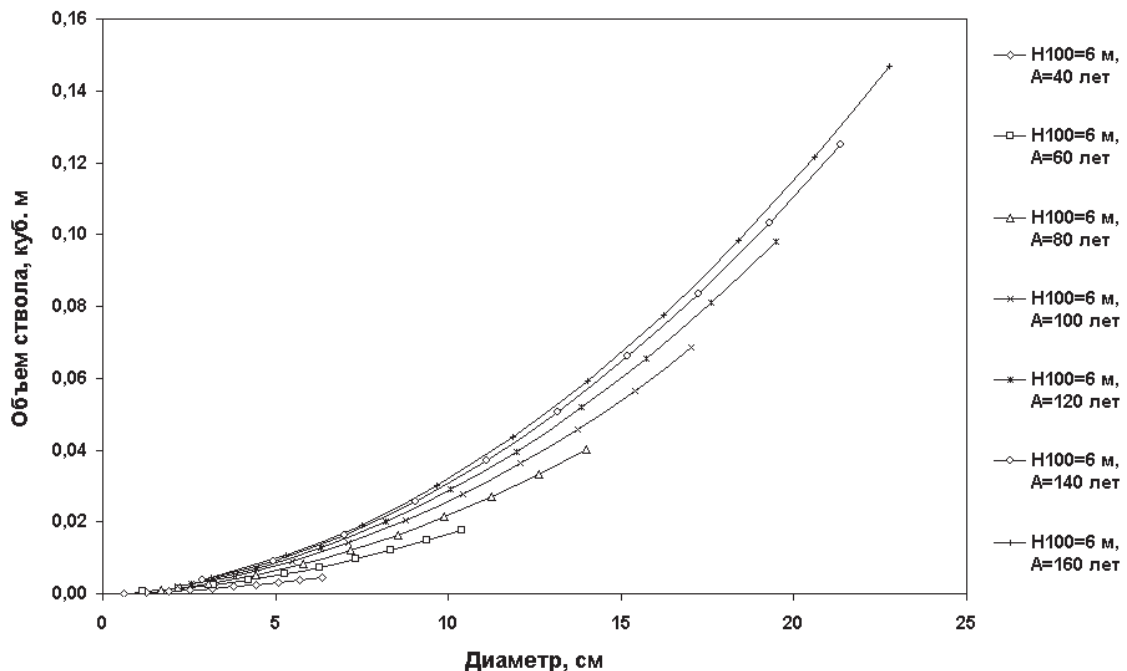


Рисунок 2.58. Взаимосвязь объема древесного ствола с диаметром деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=6$ м

Сочетание данных, полученных по регрессиям объемов стволов с распределением числа деревьев по классам толщины, позволяет получить структуру запаса по классам толщины деревьев. Графиче-

ски закономерности представлены на рисунках 2.59, 2.60 и показывают, как распределяется запас древостоя ранжировано по толщине деревьев при разных уровнях производительности древостоев при полноте 1.0.

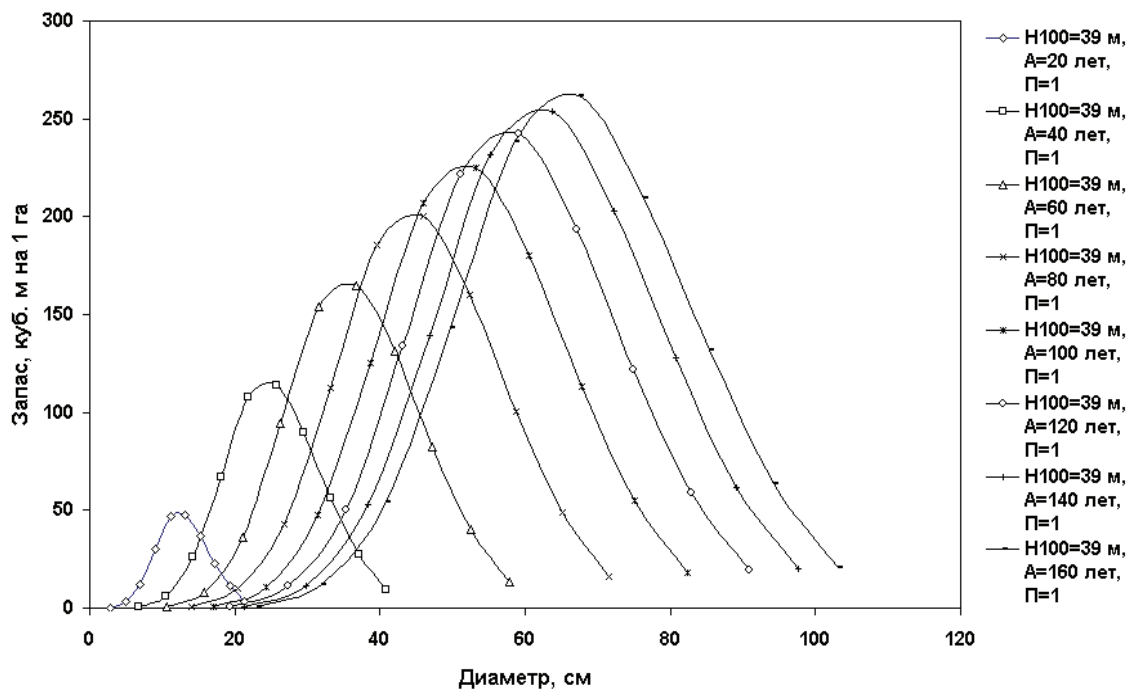


Рисунок 2.59. Распределение запаса по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м и $\Pi=1,0$

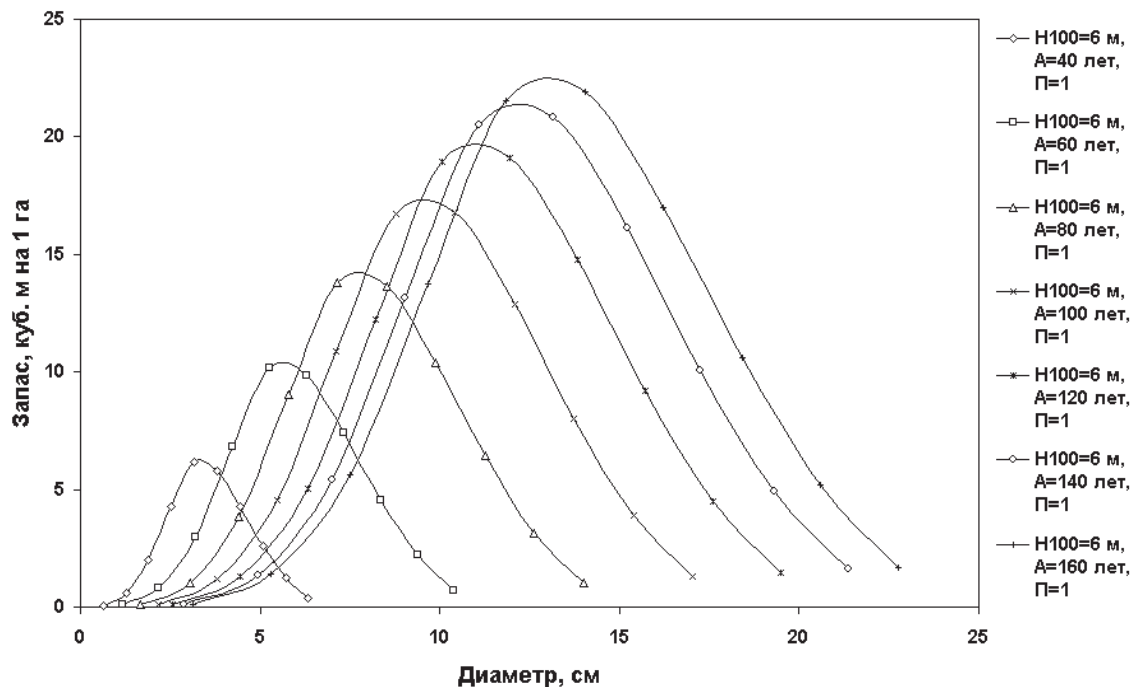


Рисунок 2.60. Распределение суммы площадей сечения по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=6$ м и $\Pi=1,0$

Аналогично проведенной оценке достоверности сумм площадей сечений через распределение по классам толщины оценена достоверность структуры запаса. Сравнение распределенных запасов

по классам толщины деревьев с запасами по моделям возрастной динамики древостоев осуществлено по формулам (61), (62), (63), (64).

Отклонения по запасам находятся в пределах требуемой точности определения запаса ($\sigma = \pm 2,59$ м²/га; $\Delta = \pm 1,35\%$; $O_p = 0,33\%$; $O_\sigma = \pm 1,31\%$), что позволяет указывать на достоверность пученных результатов моделирования продуктивности древостоев различных уровней продуктивности и полноты.

2.8. Моделирование возрастной динамики товарной продуктивности древостоев разной полноты и классов высот

2.8.1. Возрастная динамика выхода деловой древесины из объема древесного ствола

Выявление закономерностей возрастной динамики сортиментации древесных стволов является важной лесотаксационной задачей, позволяющей осуществить перевод от обезличенной древесной продукции к сортиментной. При её решении статистическими методами моделирования лучше всего использовать не абсолютную, а относительную в процентах величину выхода общей деловой древесины.

Располагая процентом выхода деловой древесины по разрядам высот из сортиментных таблиц была получена регрессия вида:

Сосна

$$\begin{aligned} \%V_{del_i} = & \exp(-13,56074 + 24,82726 \ln d_i - 12,84135 \ln^2 d_i + \\ & + 3,35809 \ln^3 d_i - 0,44119 \ln^4 d_i + 0,02318 \ln^5 d_i - 0,90676 \ln h_i + \\ & + 0,13367 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.80)$$

$R^2 = 0,999$; $t > t_{05} = 2,0$

Ель

$$\begin{aligned} \%V_{del_i} = & \exp(-4,16072 + 8,65159 \ln d_i - 3,44731 \ln^2 d_i + \\ & + 0,60361 \ln^3 d_i - 0,039178 \ln^4 d_i + 0,529482 \ln h_i - 0,201464 \ln^2 h_i + \\ & + 0,028602 \ln^3 h_i) \end{aligned} \quad (2.81)$$

$R^2 = 0,999$; $t > t_{05} = 2,0$

Дуб

$$\begin{aligned} \%V_{del_i} = & \exp(-20,05986 + 42,56381 \ln d_i - 31,429395 \ln^2 d_i + \\ & + 12,05354 \ln^3 d_i - 2,541034 \ln^4 d_i + 0,280035 \ln^5 d_i - 0,012633 \ln^6 d_i + \\ & + 0,508549 \ln h_i - 0,053522 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.82)$$

$R^2 = 0,999$; $t > t_{05} = 2,0$

Береза

$$\begin{aligned} \%V_{del_i} = & \exp(-51,070603 + 82,40273 \ln d_i - 50,77993 \ln^2 d_i + \\ & + 15,44409 \ln^3 d_i - 2,32555 \ln^4 d_i + 0,13890 \ln^5 d_i + 1,43039 \ln h_i - \\ & - 0,16955 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.83)$$

$R^2 = 0,999$; $t > t_{05} = 2,0$

Осина

$$\begin{aligned} \%V_{del_i} = \exp(& -29,68057 \ln^2 d_i + 41,309883 \ln^3 d_i - 2,308609 \ln^4 d_i + \\ & + 5,931063 \ln^5 d_i - 0,780304 \ln^6 d_i + 0,040735 \ln^7 d_i + 0,573406 \ln h_i - \\ & - 0,030908 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.84)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

где:

$\%V_{del_i}$ – процент выхода объема деловой древесины из общего объема ствола;

d_i – диаметр деревьев на высоте груди, см,

h_i – высота деревьев, м.

Коэффициент детерминации модели ($R^2=0,999$), значимость численных коэффициентов ($tp > t_{05}=2,0$) подтверждает высокую статистическую достоверность модельных построений.

Включение этой модели в общую систему лесотаксационных нормативов осуществляется через значения диаметров, соответствующих серединам классов толщины деревьев и значений высот, соответствующих этим диаметрам. Каждая строка полученных значений процента выхода деловой древесины соответствует конкретному возрасту (А), уровню продуктивности (H_{100} или H_{50}) и полноте (П) древостоя. Полученные нормативы для разных по продуктивности, возрасту и полноте древостоев рассчитываются по классам толщины:

$$V_{del_i} = \%V_{del_i} * 0,01V_i \quad (2.85)$$

Переход к абсолютным значениям выхода деловой древесины из объема древесного ствола также графически интерпретированы для тех же уровней продуктивности, возрасту и полноте древостоя. Полученные нормативы для разных по продуктивности, возрасту и полноте древостоев графически представлены на рисунках 2.61 – 2.64.

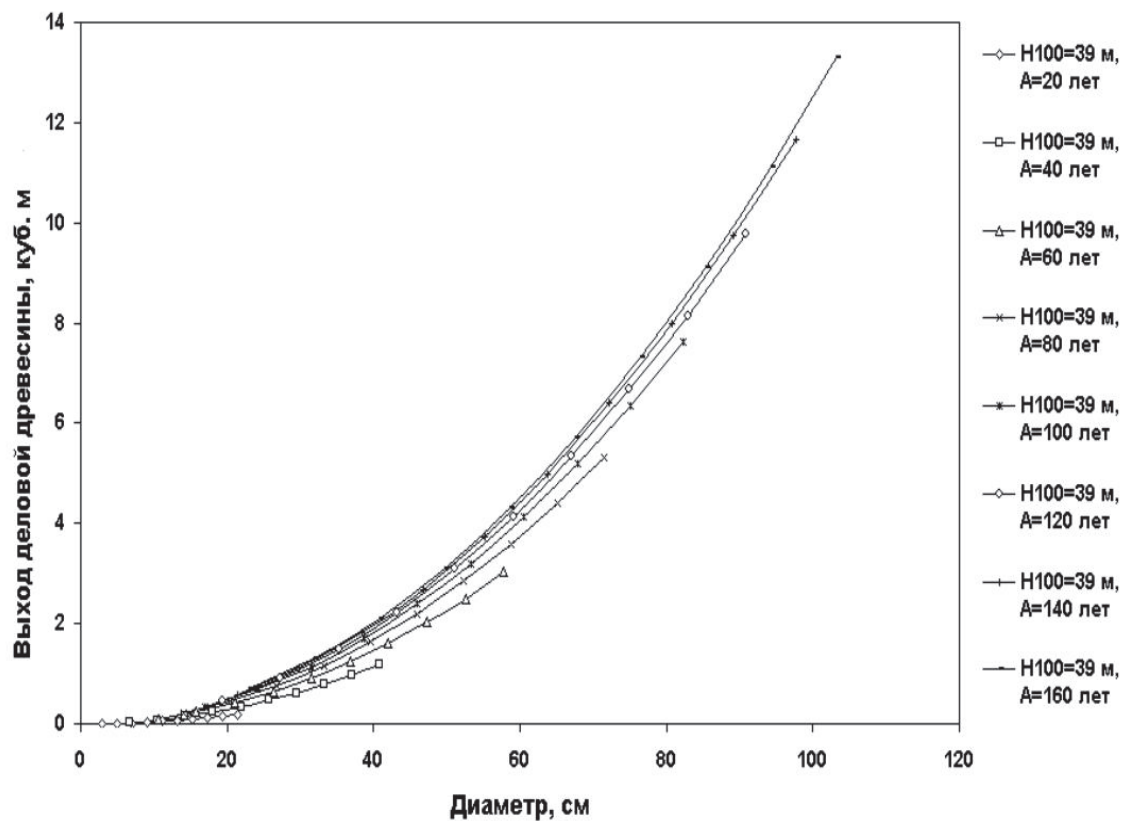


Рисунок 2.61. Взаимосвязь выхода деловой древесины из объема древесного ствола с диаметром деревьев в различном возрасте сосновых древостоев при $H_{100}=39$ м

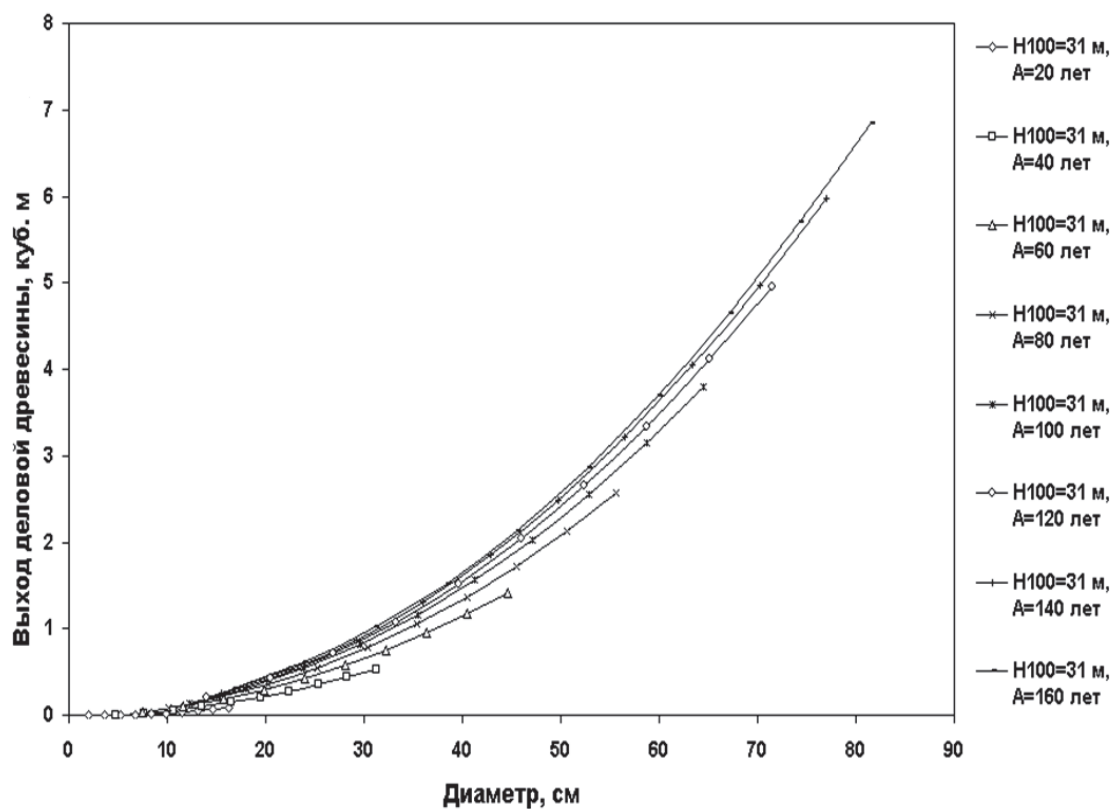


Рисунок 2.62. Взаимосвязь выхода деловой древесины из объема древесного ствола с диаметром деревьев в различном возрасте сосновых древостоев при $H_{100}=31$ м

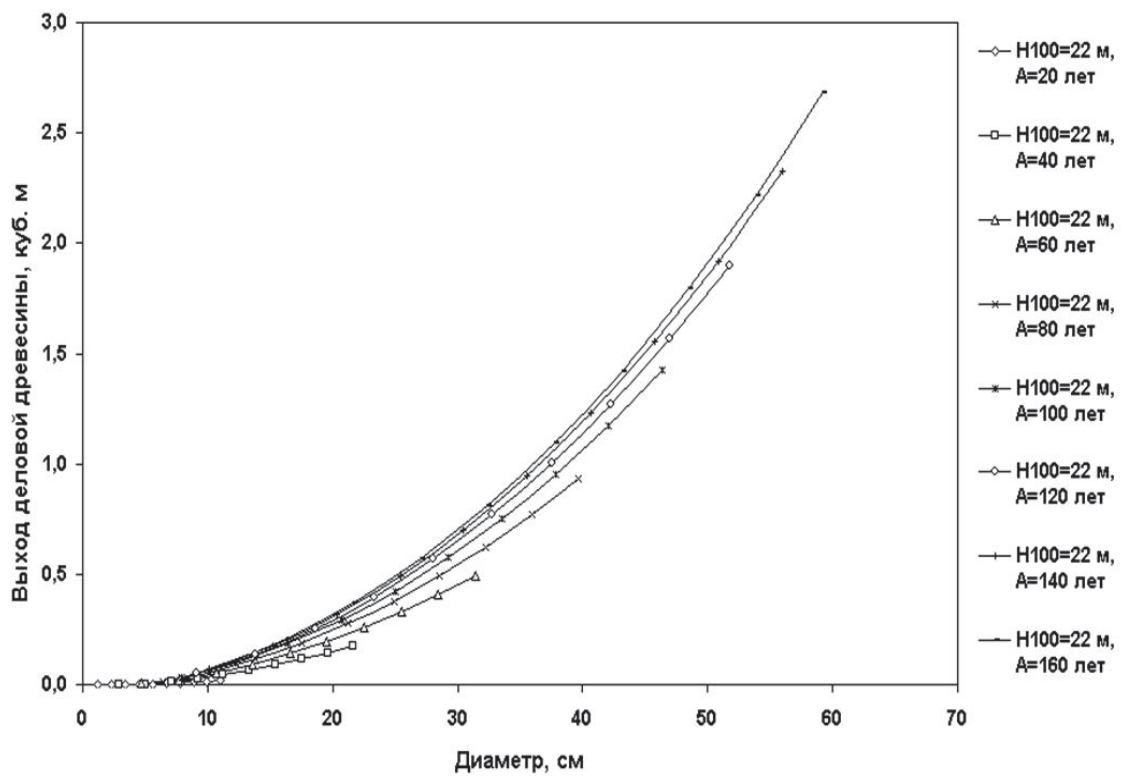


Рисунок 2.63. Взаимосвязь выхода деловой древесины из объема древесного ствола с диаметром деревьев в различном возрасте сосновых древостоев при $H_{100}=22$ м

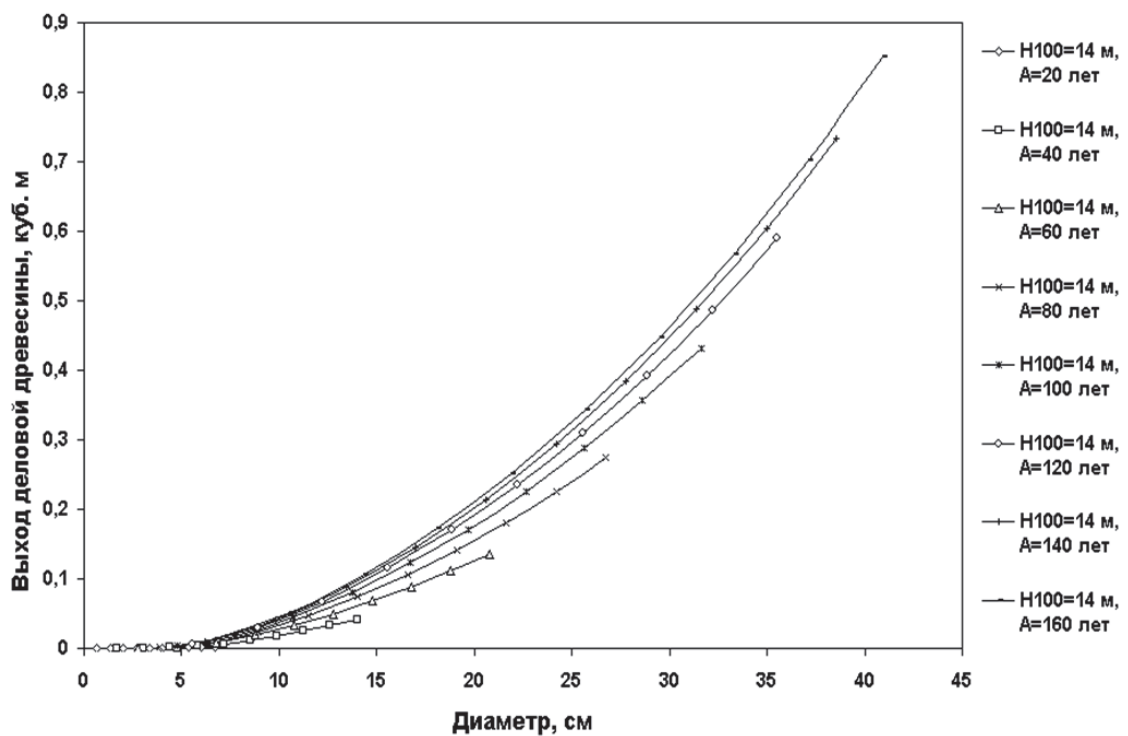


Рисунок 2.64. Взаимосвязь выхода деловой древесины из объема древесного ствола с диаметром деревьев в различном возрасте сосновых древостоев при $H_{100}=14$ м

2.8.2. Возрастная динамика распределения запаса деловой древесины по толщине деревьев при разной полноте и классах высот древостоев

Решение лесотаксационных задач, связанных с товарностью древостоев, основывается на двух компонентах. Первым компонентом является элемент сортиментации, в нашем случае выход деловой древесины, вторым – распределение деревьев по классам толщины деревьев.

Перемножение по классам толщины значения выхода деловой древесины ($V_{дел}$) с числом деревьев в тех же классах позволяет получить распределение выхода деловой древесины.

$$M_{del_i} = \sum n_i V_{del_i} \quad (2.86)$$

Графически, возрастная динамика распределения выхода деловой древесины в древостоях разных уровней продуктивности представлено на рисунках 2.65, 2.66.

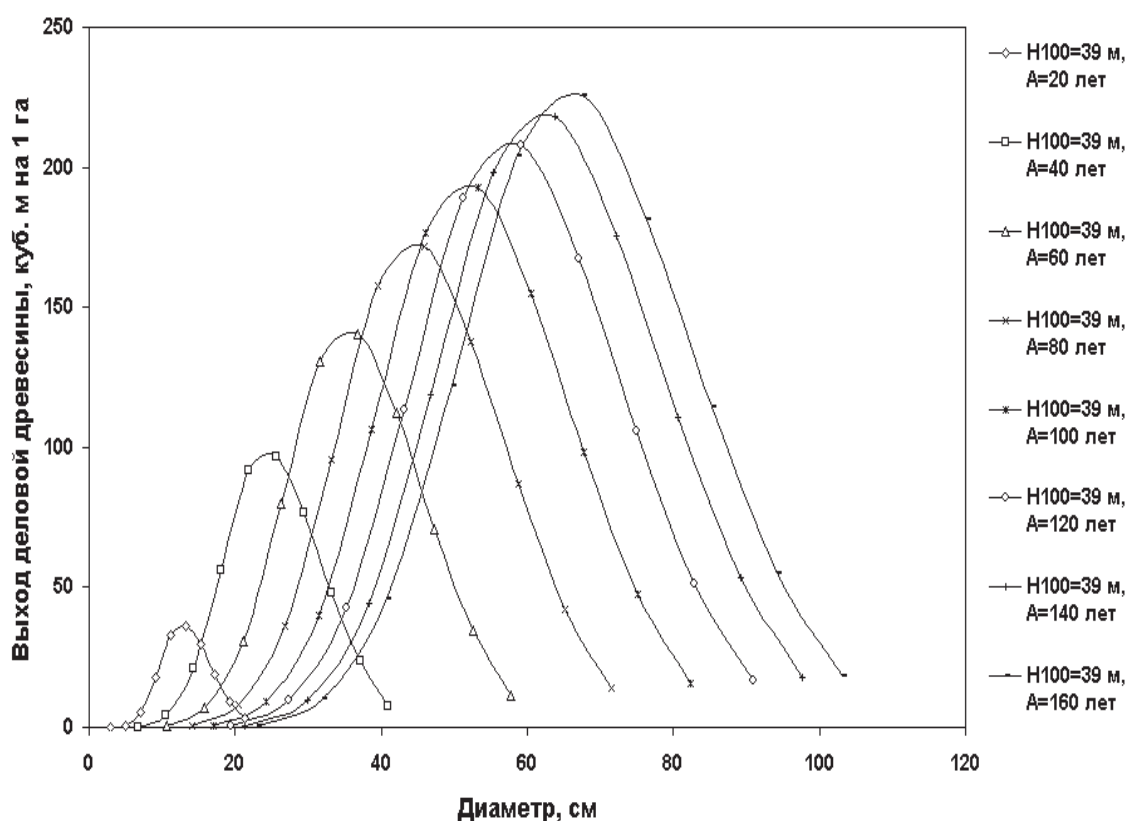


Рисунок 2.65. Распределения выхода деловой древесины из сосновых древостоев различного возраста при $H_{100}=39$ м и $P=1,0$

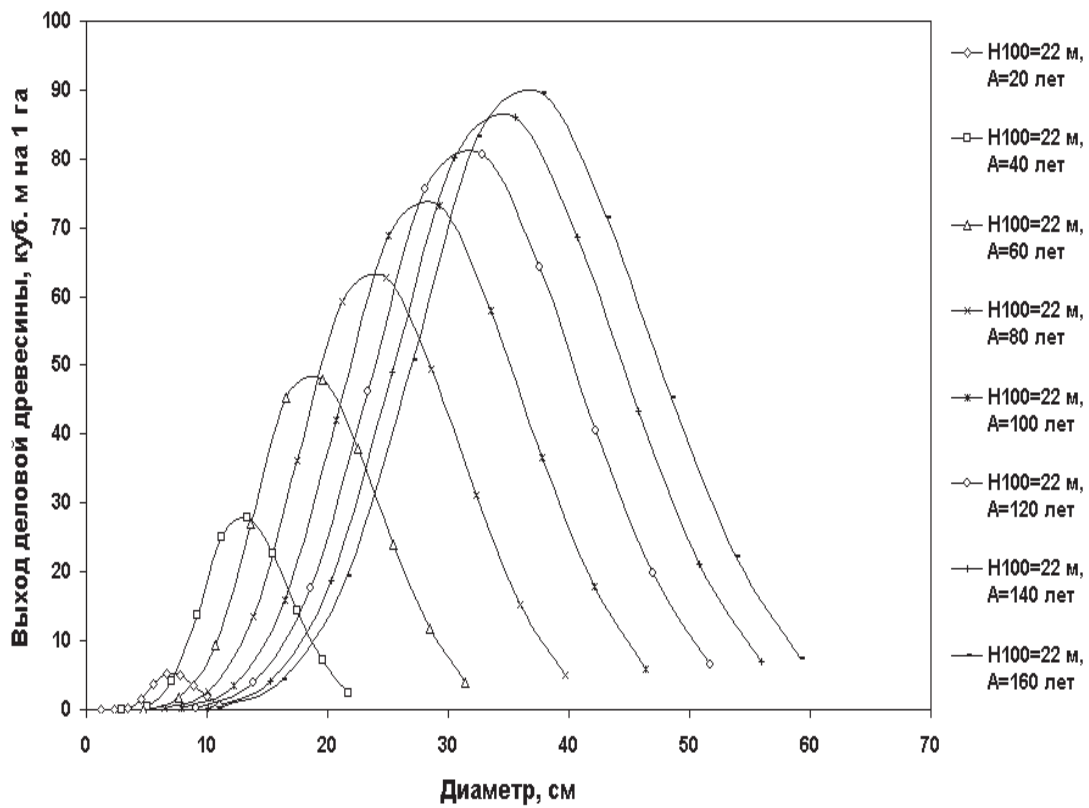


Рисунок 2.66. Распределения выхода деловой древесины в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=22$ м и $\Pi=1,0$

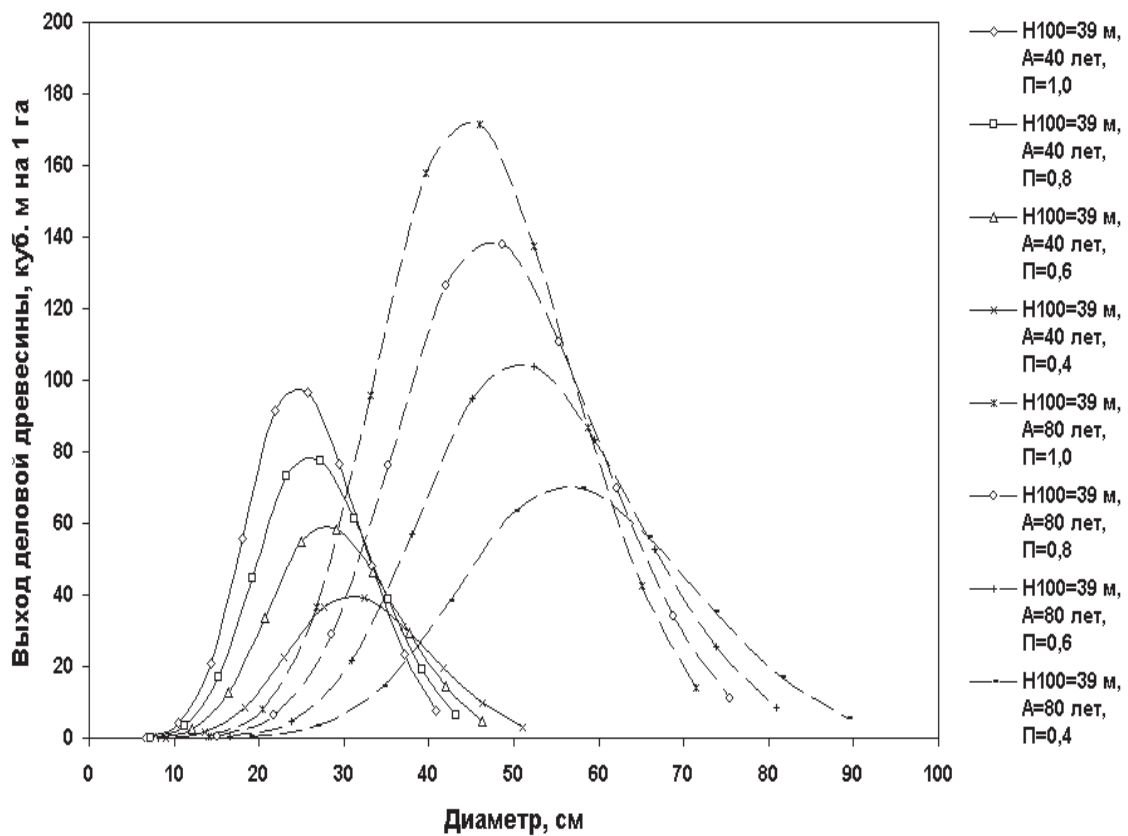


Рисунок 2.67. Распределения выхода деловой древесины из сосновых древостоев 80-летнего возраста с различной полнотой при $H_{100}=39$ м и $\Pi=1,0$

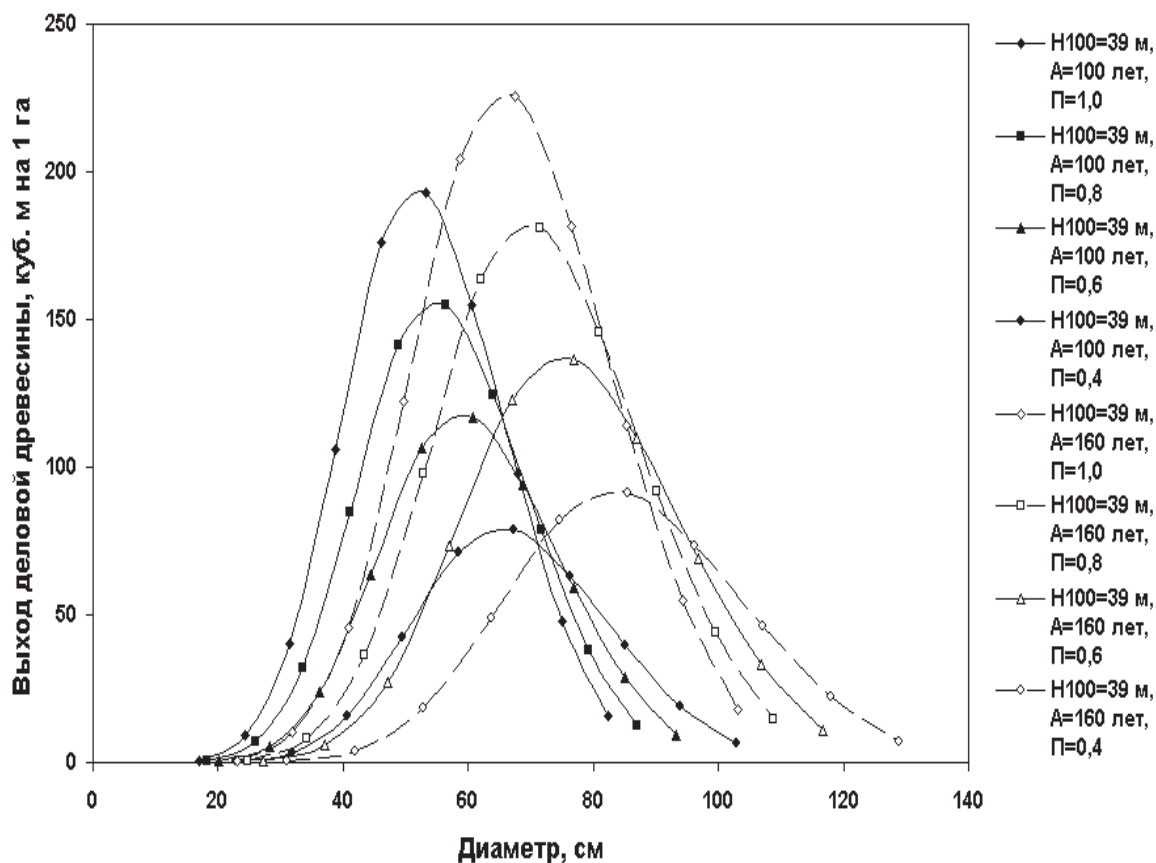


Рисунок 2.68. Распределения выхода деловой древесины из сосновых древостоев 100-летнего возраста с различной полнотой при $N_{100}=39$ м

Особый интерес с позиций возрастной динамики древостоев представляет общий выход деловой древесины из древостоев разных уровней продуктивности, возраста и полноты. Графически эти закономерности представлены на рисунках 2.67, 2.68 и позволяют судить о потенциальных возможностях древостоев с позиций товарности.

2.8.3. Возрастная динамика выхода крупной древесины из объема деловой древесины

Выявление закономерностей возрастной динамики выхода крупной древесины из объема деловой древесины является важной частью сортиментации древесных стволов. При решении этой задачи следует зависимую переменную – объем крупной древесины выразить в процентах от объема деловой древесины из сортиментных таблиц по разрядам высот. Далее построить статистическую модель процента крупной древесины от диаметра и высоты деревьев. Статистическое моделирование данных позволило получить регрессию вида:

Сосна

$$\begin{aligned} \%V_{ki} = \exp(-669,85912 + 611,92479 \ln d_i - \\ -199,223765 \ln^2 d_i + 26,388586 \ln^3 d_i - 0,748008 \ln^4 d_i - \\ -0,072722 \ln^5 d_i - 5,131309 \ln h_i + 0,748985 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.87)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Ель

$$\begin{aligned} \%V_{ki} = \exp(-931,34 + 891,733 \ln d_i - 320,34 \ln^2 d_i + \\ +51,0668 \ln^3 d_i - 3,0479 \ln^4 d_i + 2,97147 \ln h_i - 0,3428 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.88)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Дуб

$$\begin{aligned} \%V_{ki} = \exp(-1514,07302 + 2086,287066 \ln d_i - 1398,130247 \ln^2 d_i + \\ +595,22094 \ln^3 d_i - 166,861891 \ln^4 d_i + 29,257151 \ln^5 d_i - \\ -2,867557 \ln^6 d_i + 0,119066 \ln^7 d_i + 0,615697 \ln h_i - \\ 0,067491 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.89)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

Береза

$$\begin{aligned} \%V_{ki} = \exp(-270,07993 \ln d_i + 256,186188 \ln^2 d_i - \\ 91,965281 \ln^3 d_i + 14,696021 \ln^4 d_i - 0,880705 \ln^5 d_i + \\ 6,207498 \ln h_i - 0,867967 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.90)$$

$R^2=0,999$; $t_p > t_{05}=2,0$

Осина

$$\begin{aligned} \%V_{ki} = \exp(-834,03561 \ln d_i + 771,028013 \ln^2 d_i - \\ 507,937667 \ln^3 d_i + 140,748297 \ln^4 d_i - 18,432019 \ln^5 d_i + \\ 0,939781 \ln^6 d_i + 0,046079 \ln^2 h_i) \end{aligned} \quad (2.91)$$

$R^2=0,999$; $t > t_{05}=2,0$

где:

$\%V_{ki}$ – процент выхода объема крупной древесины из деловой древесины;

d_i – диаметр деревьев на высоте груди, см,

h_i – высота деревьев, м.

Очень высокий коэффициент детерминации модели ($R^2=0,999$), статистическая значимость численных коэффициентов ($t_p > t_{05}=2,0$) свидетельствует о достоверности полученных моделей. Далее следует перевести проценты в абсолютные значения выхода крупной древесины из деловой части древесного ствола.

Графически изменение абсолютных величин крупной древесины с диаметром по возрастам, уровням продуктивности представлено на рисунках 2.69, 2.70.

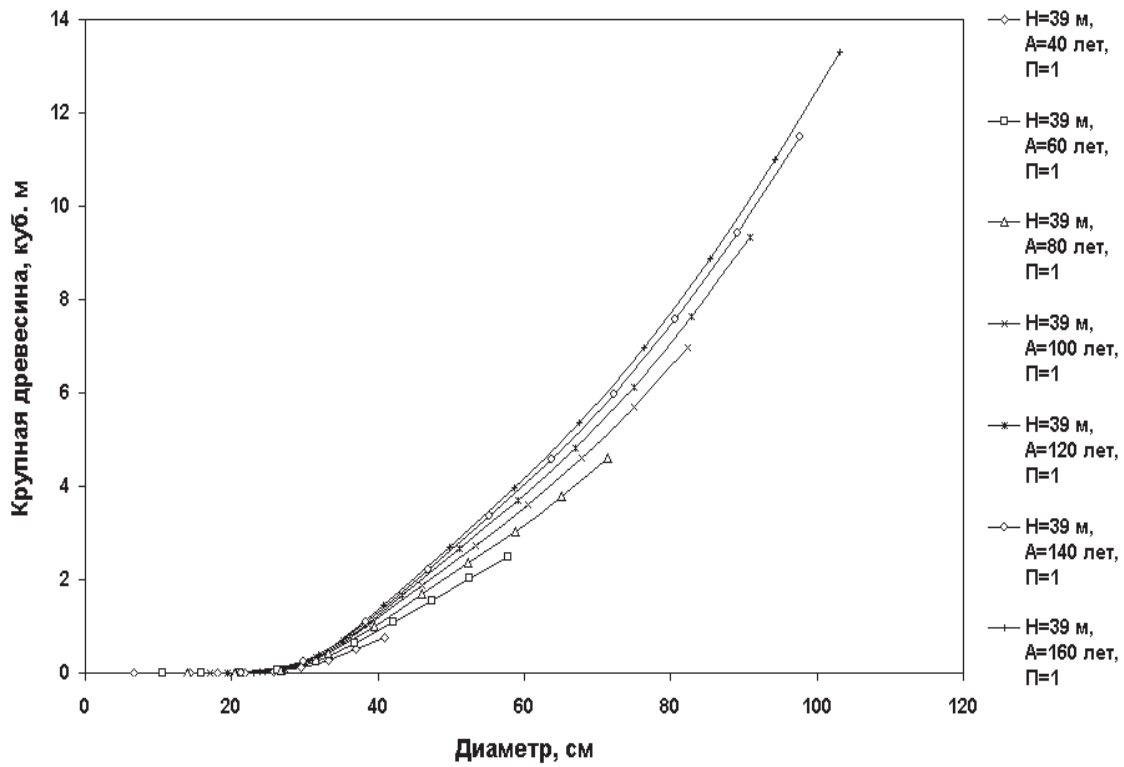


Рисунок 2.69. Взаимосвязь выхода крупной древесины из объема деловой с диаметром деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м и $\Pi=1$

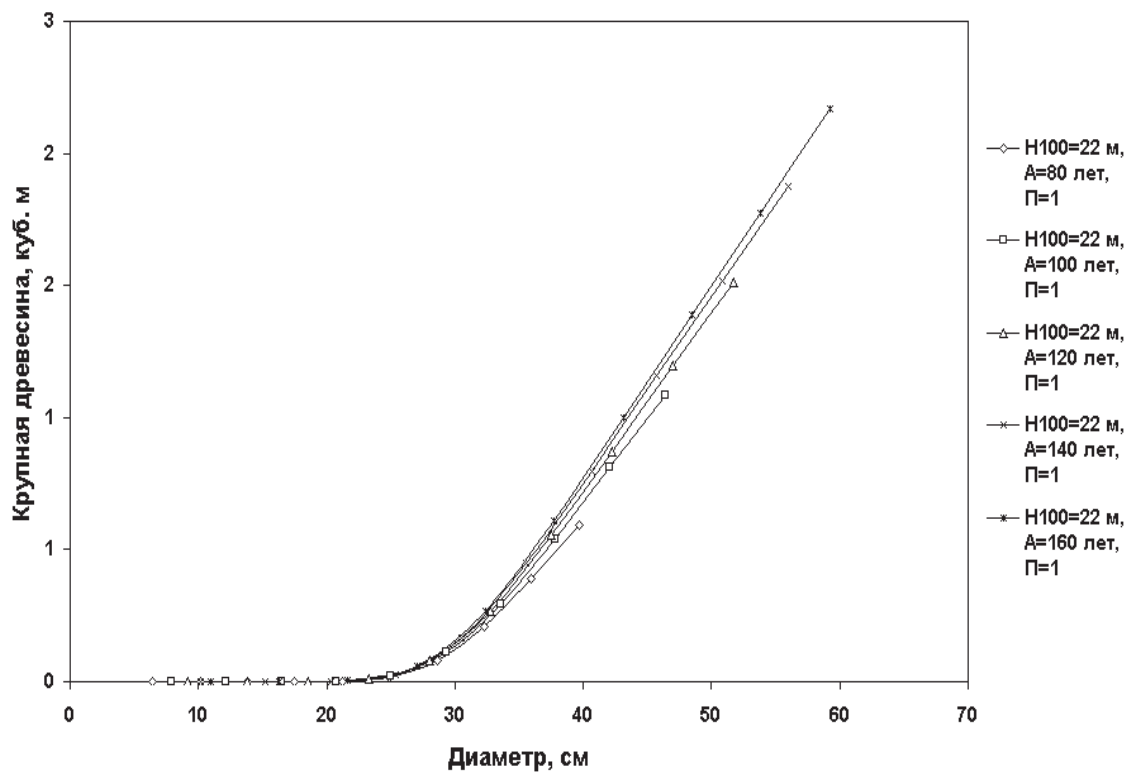


Рисунок 2.70. Взаимосвязь выхода крупной древесины из объема деловой с диаметром деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=22$ м и $\Pi=1,0$

2.8.4. Возрастная динамика распределения крупной древесины по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот

Запас выхода крупной древесины из древостоя может быть определен при наличии сортиментного компонента, изложенного выше и распределения числа деревьев по классам толщины деревьев.

Перемножение абсолютных значений выхода крупной древесины из деловой с числом деревьев позволяет получить распределение этой категории древесины по классам диаметров деревьев по равенству:

$$M_{k_i} = V_{k_i} * n_i \quad (2.92)$$

Графически это распределение по уровням продуктивности, запасам и полноте древостоев представлено на рисунках 2.71 – 2.72.

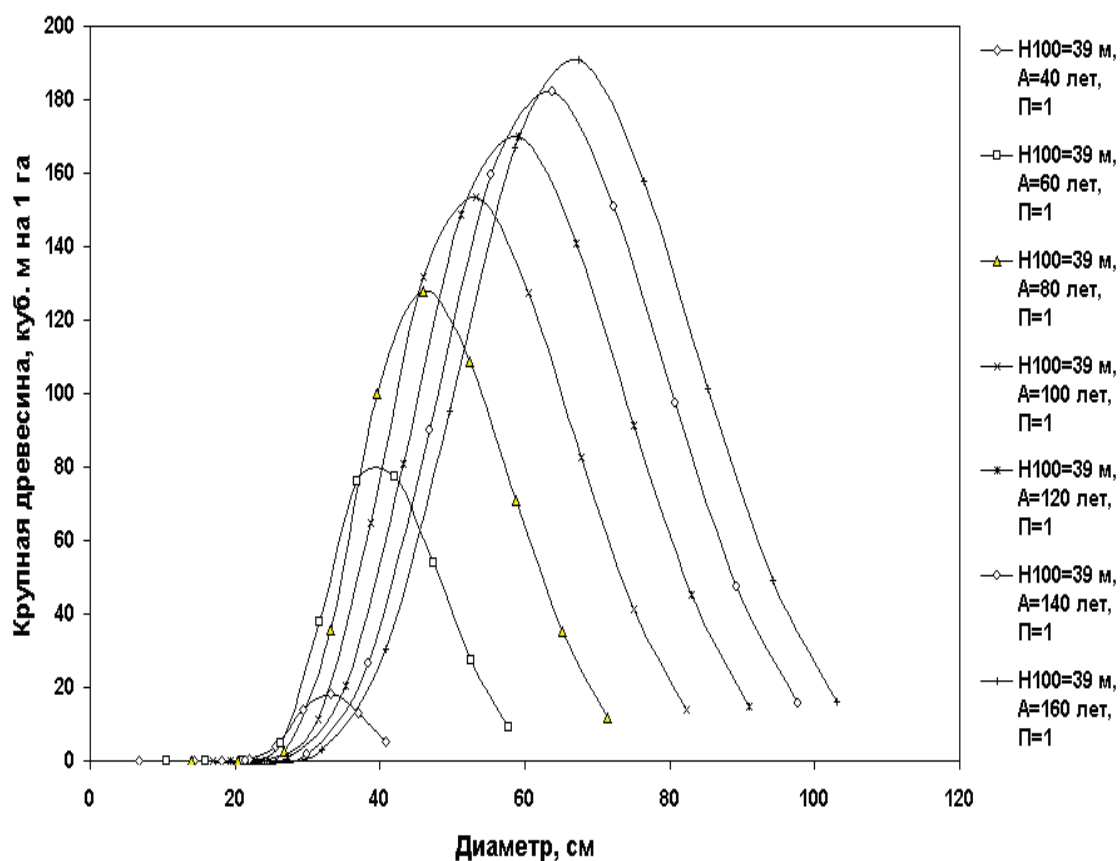


Рисунок 2.71. Распределение выхода крупной древесины из деловой в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м и $П=1$

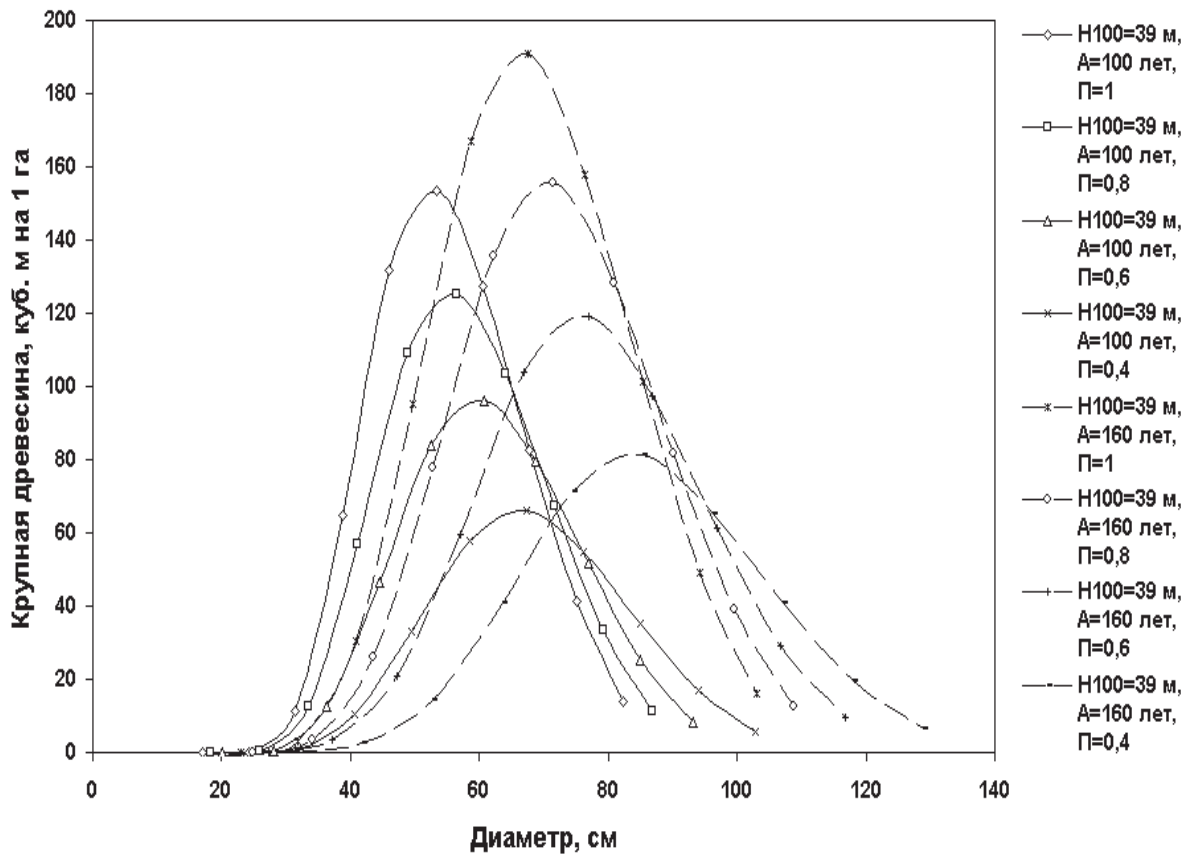


Рисунок 2.72. Распределения выхода крупной древесины из деловой в сосновых древостоях 160-летнего возраста с разной полнотой при $H_{100}=39$ м

2.8.5. Возрастная динамика выхода средней и мелкой древесины из деловой

Компонент сортировки в разрабатываемых моделях возрастной динамики включает помимо крупной древесины и другие категории крупности. Все они в целом представляют объем деловой древесины, поэтому выход средней и мелкой древесины следует рассматривать как разность по классам толщины деревьев между деловой и крупной древесиной.

$$V_{ms_i} = V_{del_i} - V_{k_i} \quad (2.93)$$

Графически общий выход средней и мелкой древесины о классы толщины деревьев представлен на рисунках 2.73-2.75.

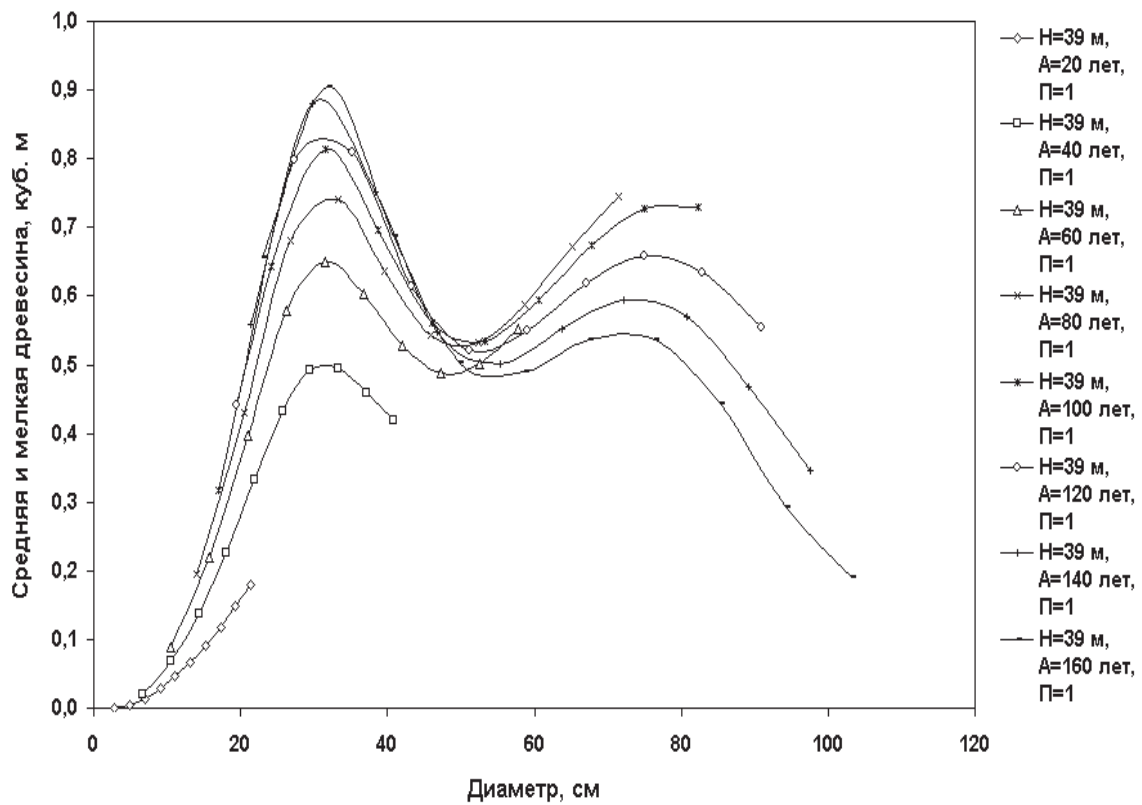


Рисунок 2.73. Зависимость выхода средней и мелкой древесины от толщины деревьев в сосновых древостоях разного возраста при $H_{100}=39$ м

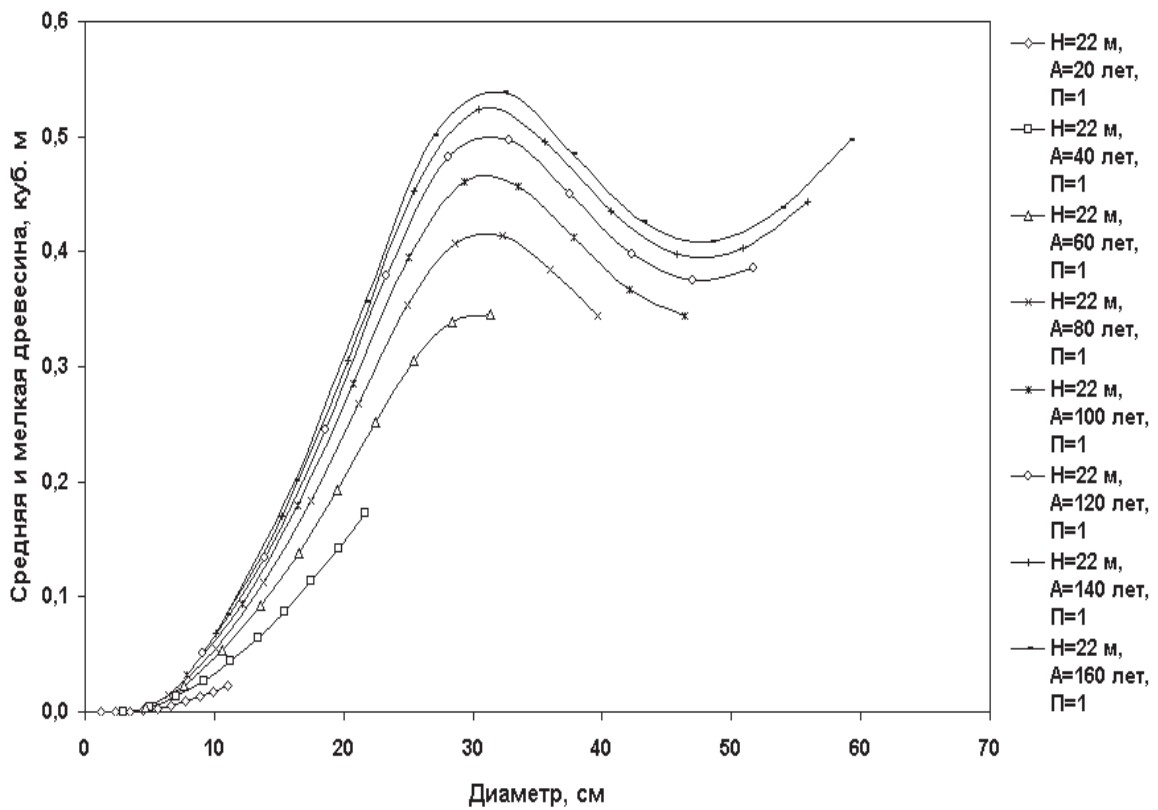


Рисунок 2.74. Зависимость выхода средней и мелкой древесины от толщины деревьев в сосновых древостоях разного возраста при $H_{100}=22$ м

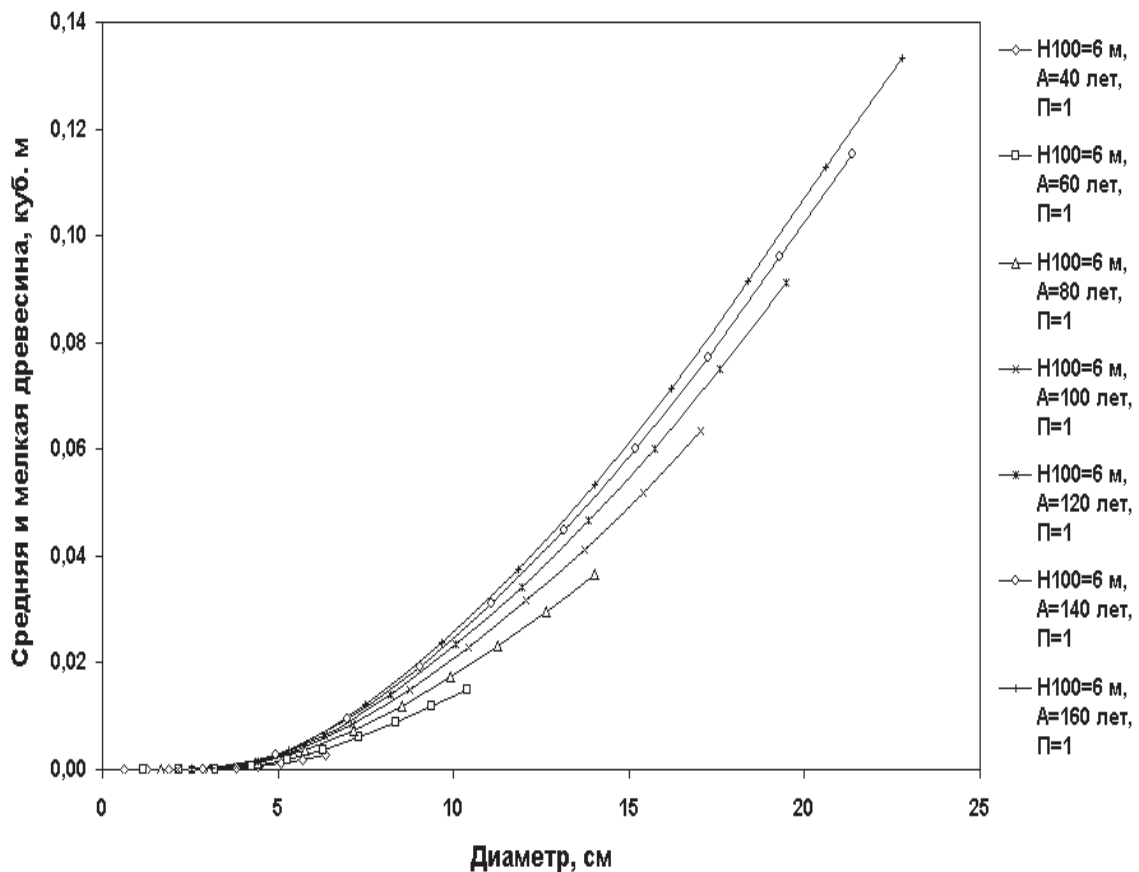


Рисунок 2.75. Зависимость выхода средней и мелкой древесины от толщины деревьев в сосновых древостоях разного возраста при $H_{100}=6$ м

2.8.6. Возрастная динамика распределения выхода средней и мелкой древесины из деловой древесины по толщине деревьев в древостоях разной полноты и классов высот

Полученный в предыдущем разделе элемент по выходу категорий средней и мелкой древесины в сочетании с распределением деревьев по классам толщины позволяет определить элемент товаризации древостоя в виде суммарного выхода средней и мелкой древесины.

$$M_{ms_i} = V_{ms_i} * n_i \quad (2.94)$$

Наглядно распределение объема древесины этих категорий крупности представлено на рисунках 2.76 - 2.78.

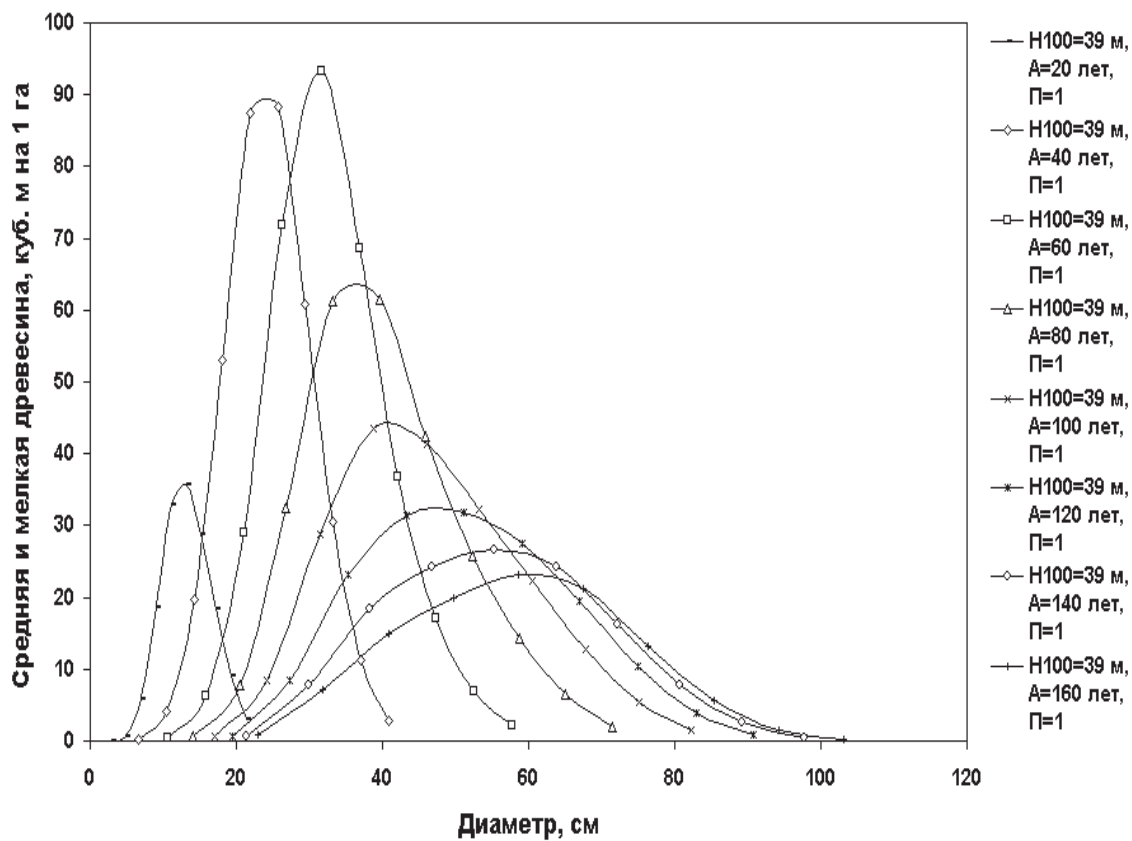


Рисунок 2.76. Распределение средней и мелкой древесины по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м и $\Pi=1,0$

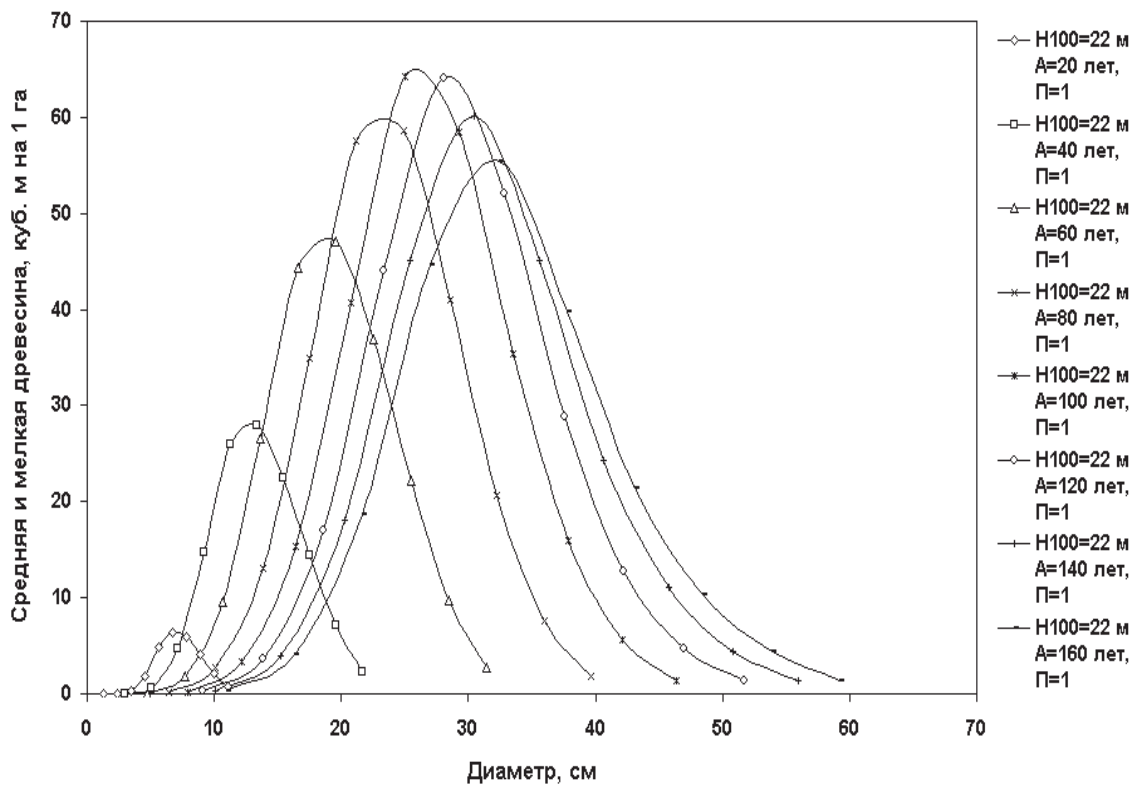


Рисунок 2.77. Распределение средней и мелкой древесины по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=22$ м и $\Pi=1,0$

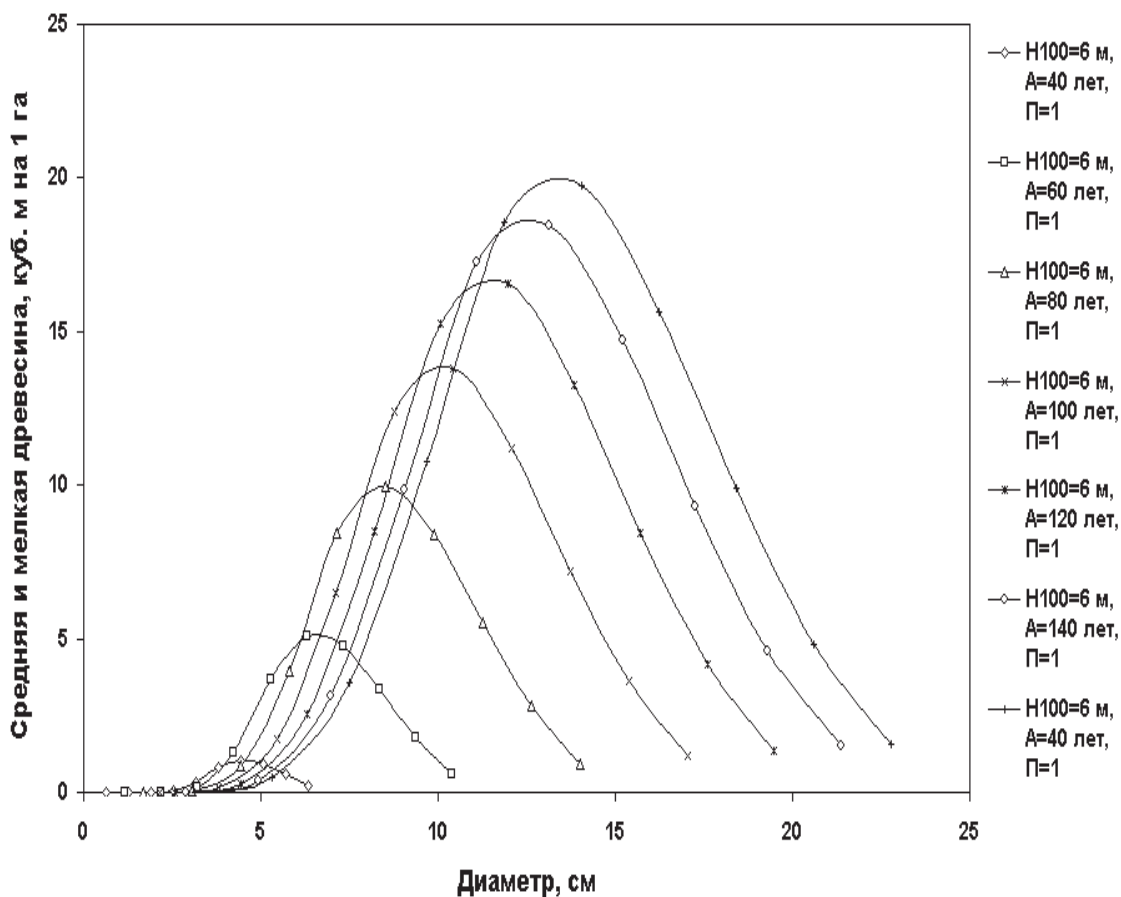


Рисунок 2.78. Распределение средней и мелкой древесины по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=6\text{ м}$ и $\Pi=1,0$

2.8.7. Возрастная динамика выхода дровяной древесины и отходов из объема древесного ствола по классам высот

Выход дровяной древесины и отходов из древесного ствола может быть рассчитан по разнице объема ствола и объема деловой древесины из него по выражению вида:

$$V_{do_i} = V_i - V_{del_i} \quad (2.95)$$

Графически взаимосвязь этих категорий древесины с диаметром в древостоях разного возраста и уровней продуктивности представлена на рисунках 2.79, 2.80.

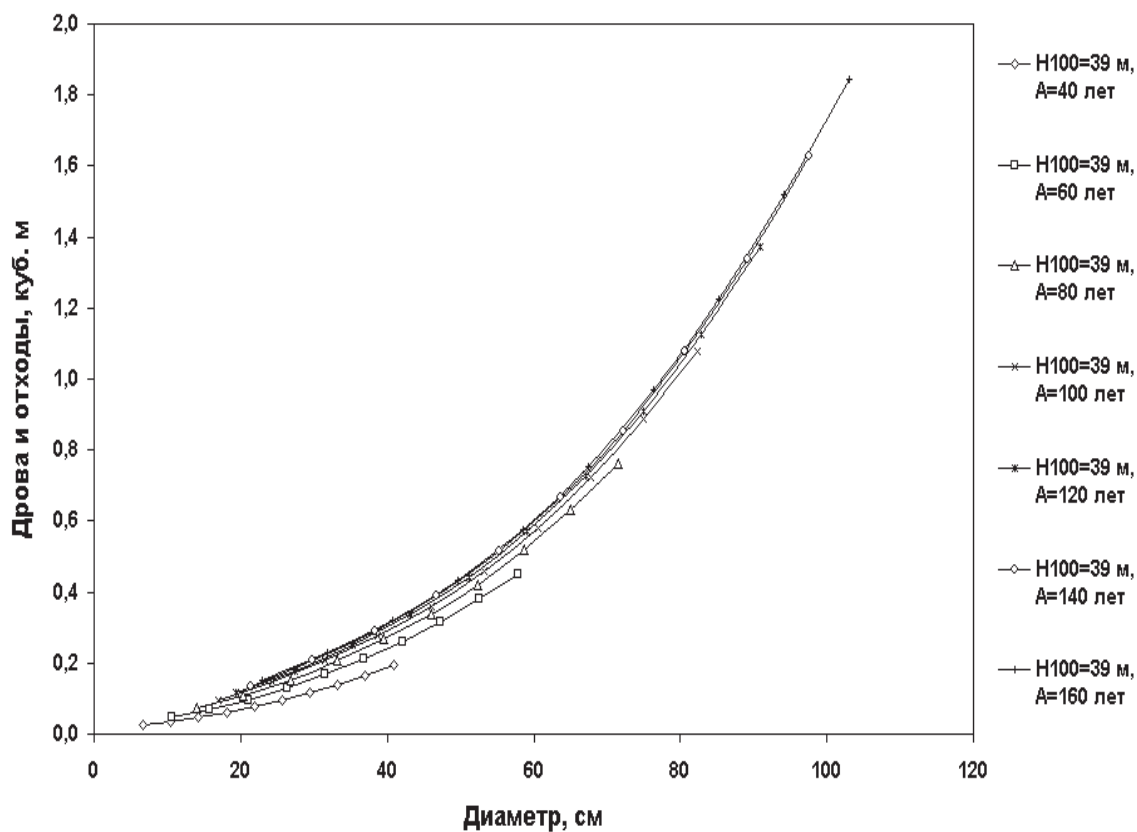


Рисунок 2.79. Зависимость дровяной древесины и отходов от диаметра деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=39$ м

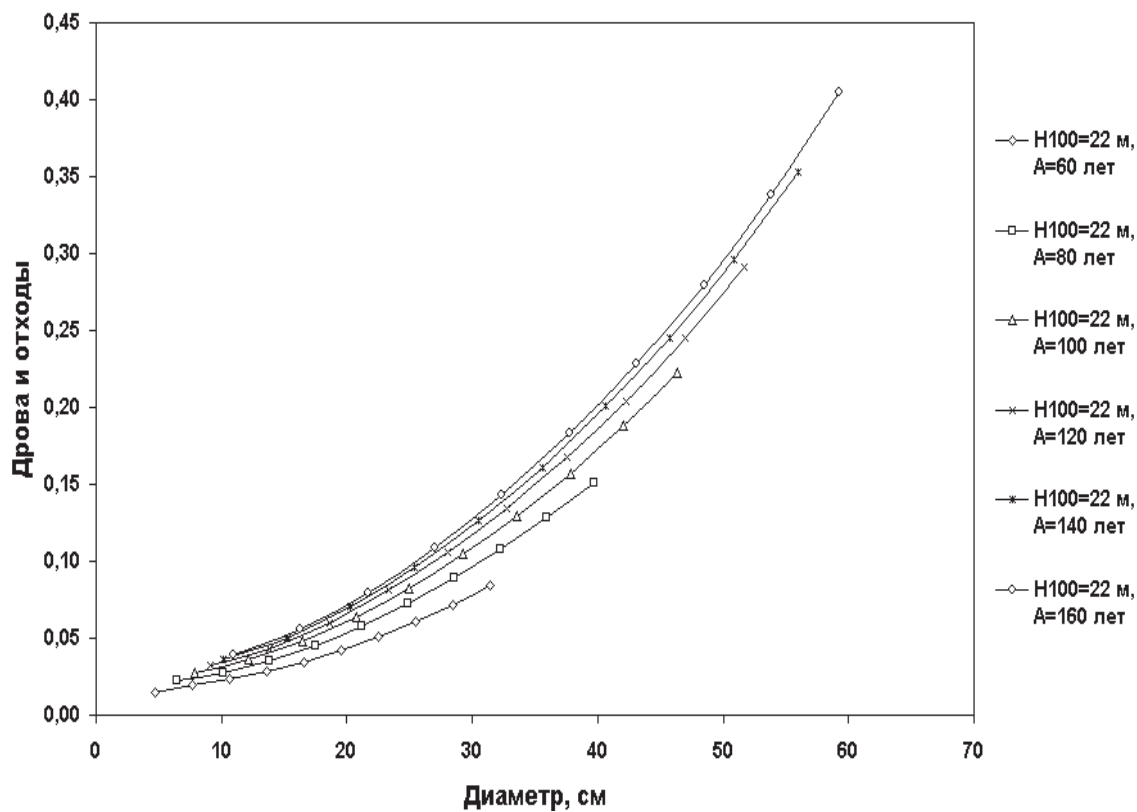


Рисунок 2.80. Зависимость дровяной древесины и отходов от диаметра деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=22$ м

2.8.8. Возрастная динамика распределения выхода дровяной древесины и отходов из запаса древостоев разной полноты и классов высот

На основе данных взаимосвязи выхода объема дров и отходов из древесного ствола с диаметром деревьев, а также распределения их численности по классам толщины произведен расчет распределения выхода дров и отходов из древостоев разной продуктивности, возраста и полноты.

$$M_{doi} = \Sigma V_{doi} * n_i \quad (2.96)$$

На рисунках 2.81 – 2.83 представлена возрастная динамика распределения дров и отходов по классам толщины деревьев в сосновых древостоях разных уровней продуктивности при полноте 1,0.

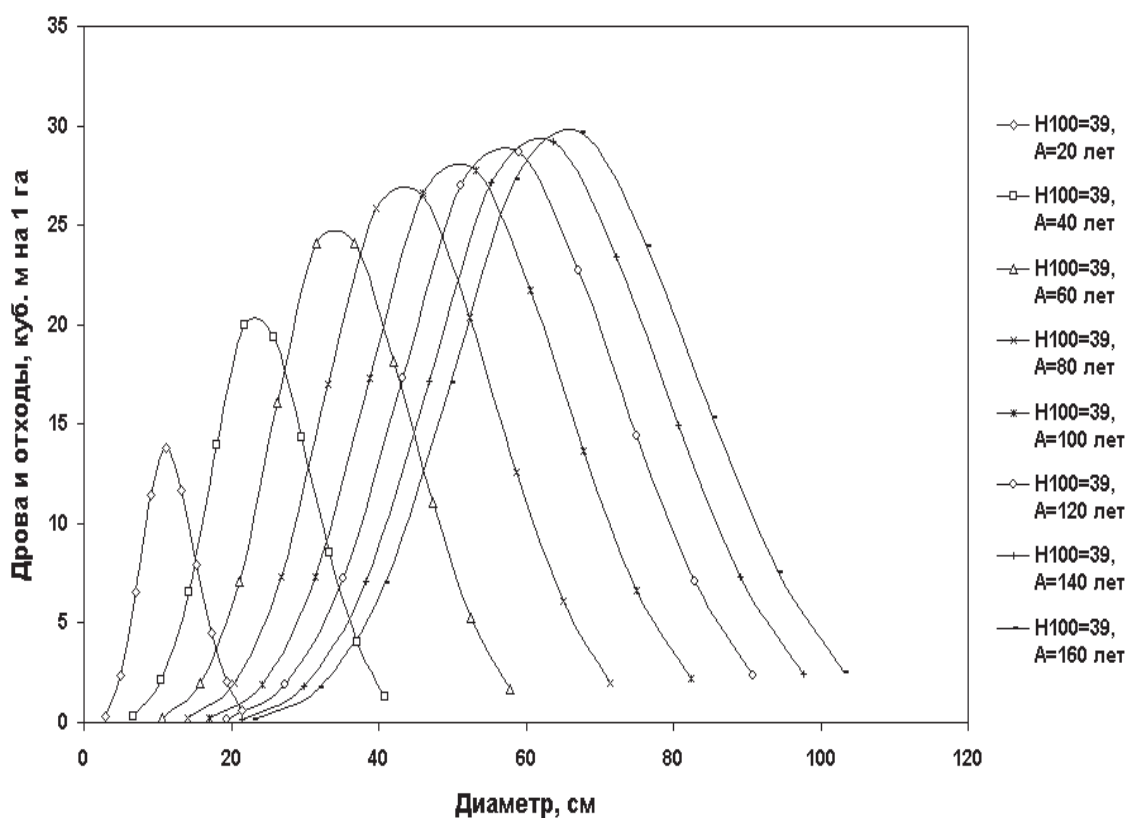


Рисунок 2.81. Распределение дровяной древесины и отходов по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $N_{100}=39$ м и $\Pi=1,0$

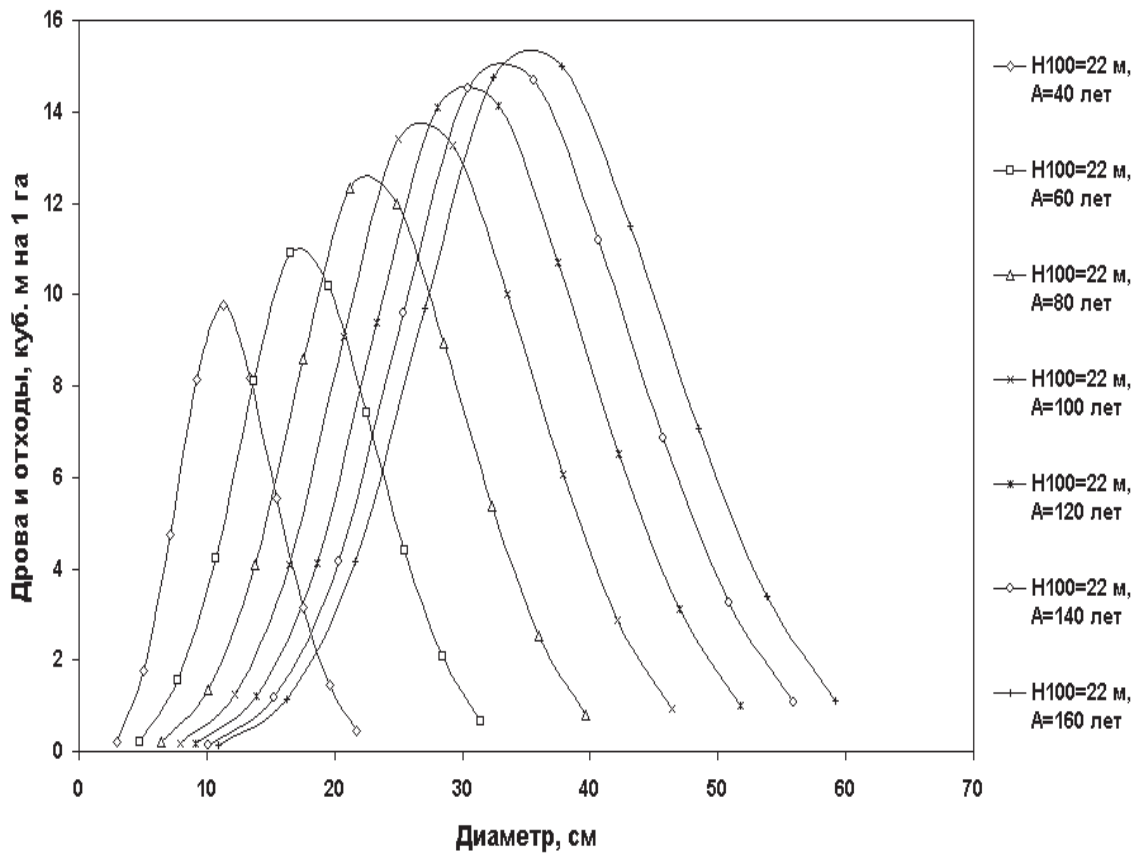


Рисунок 2.82. Распределение дровяной древесины и отходов по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=22$ м и $\Pi=1,0$

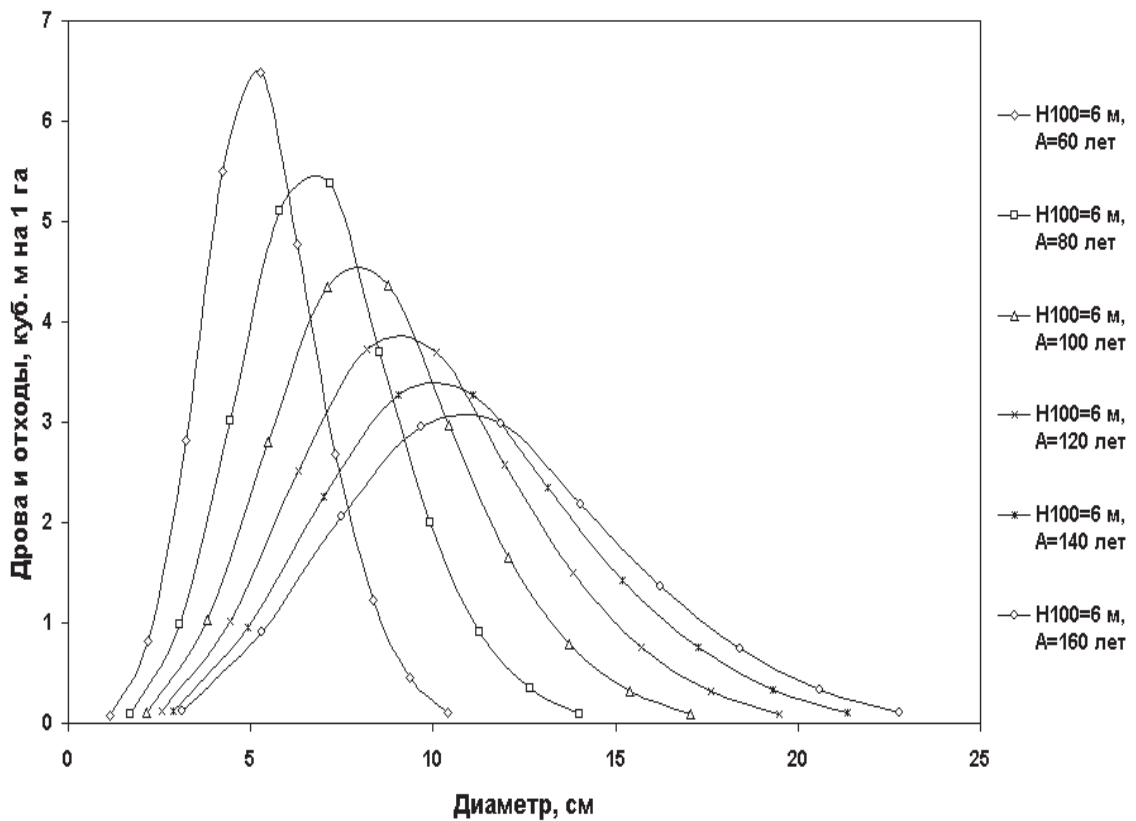


Рисунок 2.83. Распределение дровяной древесины и отходов по классам толщины деревьев в сосновых древостоях различного возраста при $H_{100}=6$ м и $\Pi=1,0$

2.8.9. Возрастная динамика категорий древесины из древостоев разных классов высот

В итоговом разделе приведен пример проведения качественной оценки древостоев. Она в первую очередь нужна для учета древесных ресурсов и их стоимости. До сих пор подобных нормативов не было.

Так, по итоговым результатам распределения по классам толщины общего запаса, выхода деловой древесины из общего объема стволов, выхода крупной древесины из общего объема деловой древесины, выхода средней и мелкой древесины как разницы между деловой и крупной, выхода дров и отходов как разницы между общими объемами стволов и объемами деловой древесины были построены графики (Рис. 2.84 - 2.88).

Только системное решение задач по усовершенствованию всего комплекса лесотаксационных нормативов позволяет по-новому рассматривать вопросы государственной инвентаризации лесов и актуализации текущих изменений в лесном фонде.

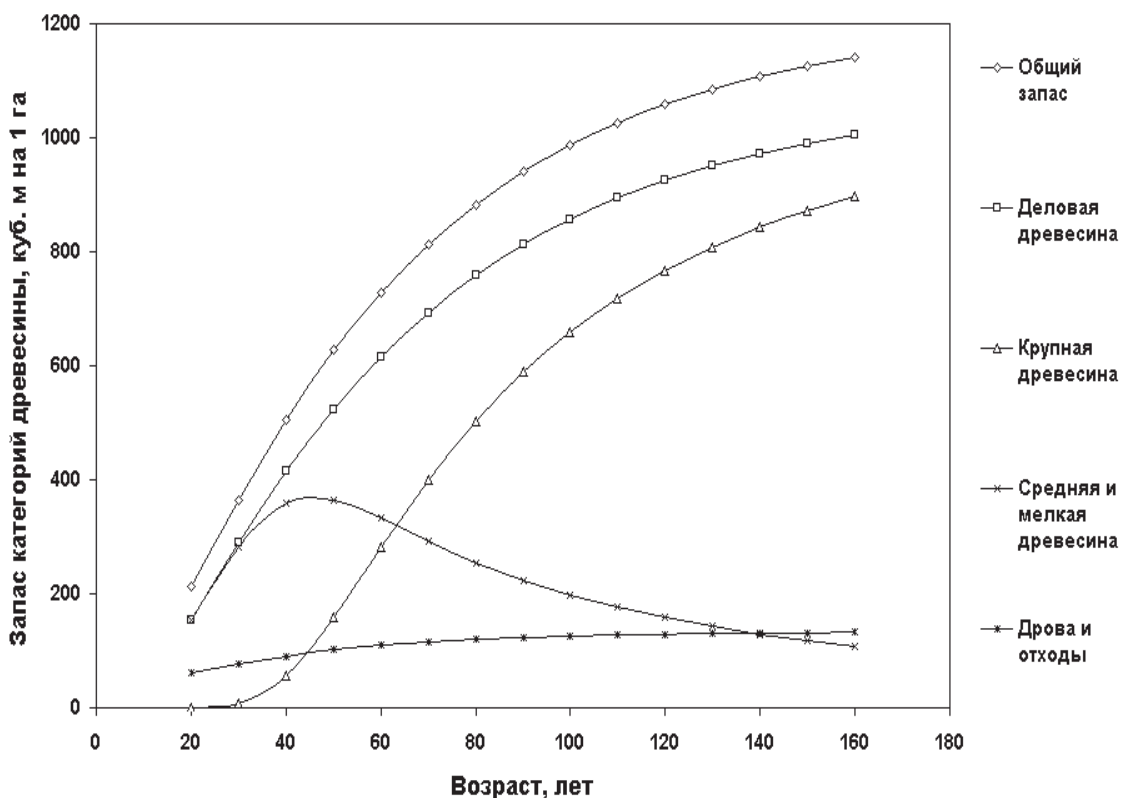


Рисунок 2.84. Возрастная динамика общего запаса, категорий крупности древесины, дров и отходов в сосновых древостоях при $H_{100}=39$ м и $\Pi=1,0$

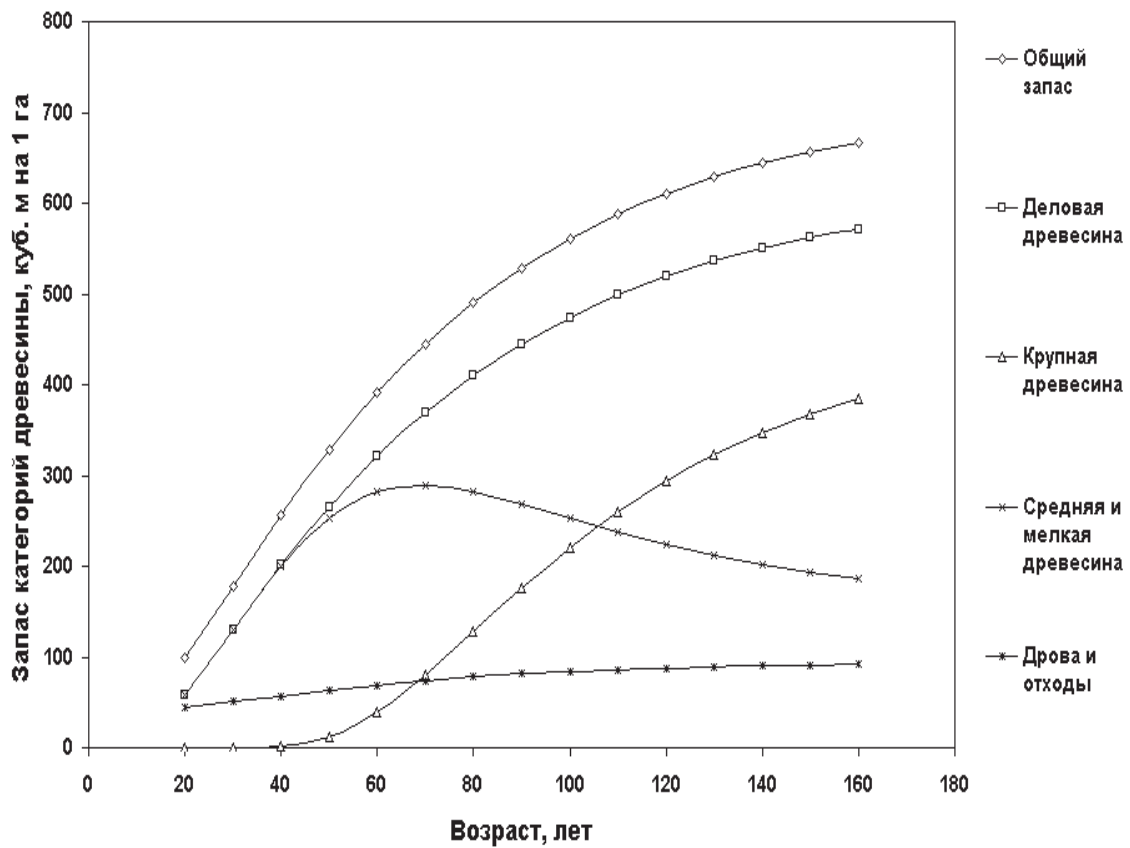


Рисунок 2.85. Возрастная динамика общего запаса, категорий крупности древесины, дров и отходов в сосновых древостоях при $H_{100}=28$ м и $P=1,0$

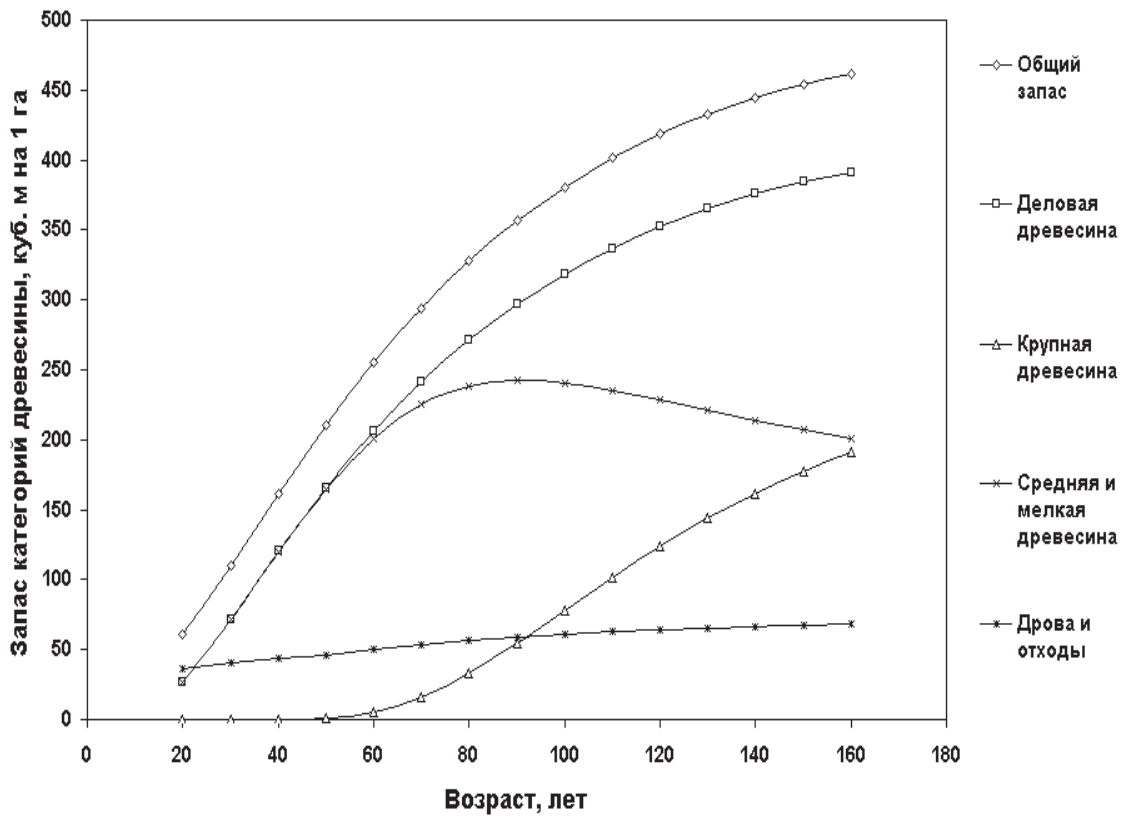


Рисунок 2.86. Возрастная динамика общего запаса, категорий крупности древесины, дров и отходов в сосновых древостоях при $H_{100}=22$ м и $P=1,0$

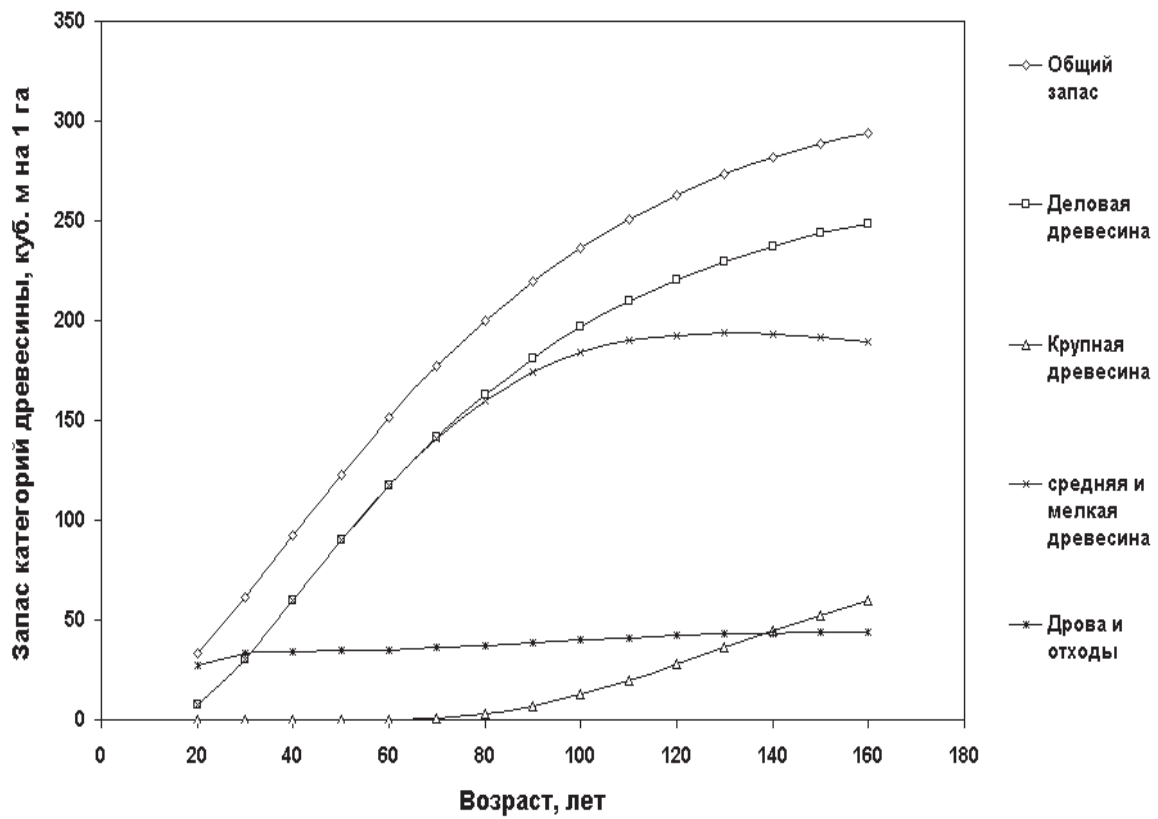


Рисунок 2.87. Возрастная динамика общего запаса, категорий крупности древесины, дров и отходов в сосновых древостоях при $N_{100}=16$ м и $P=1,0$

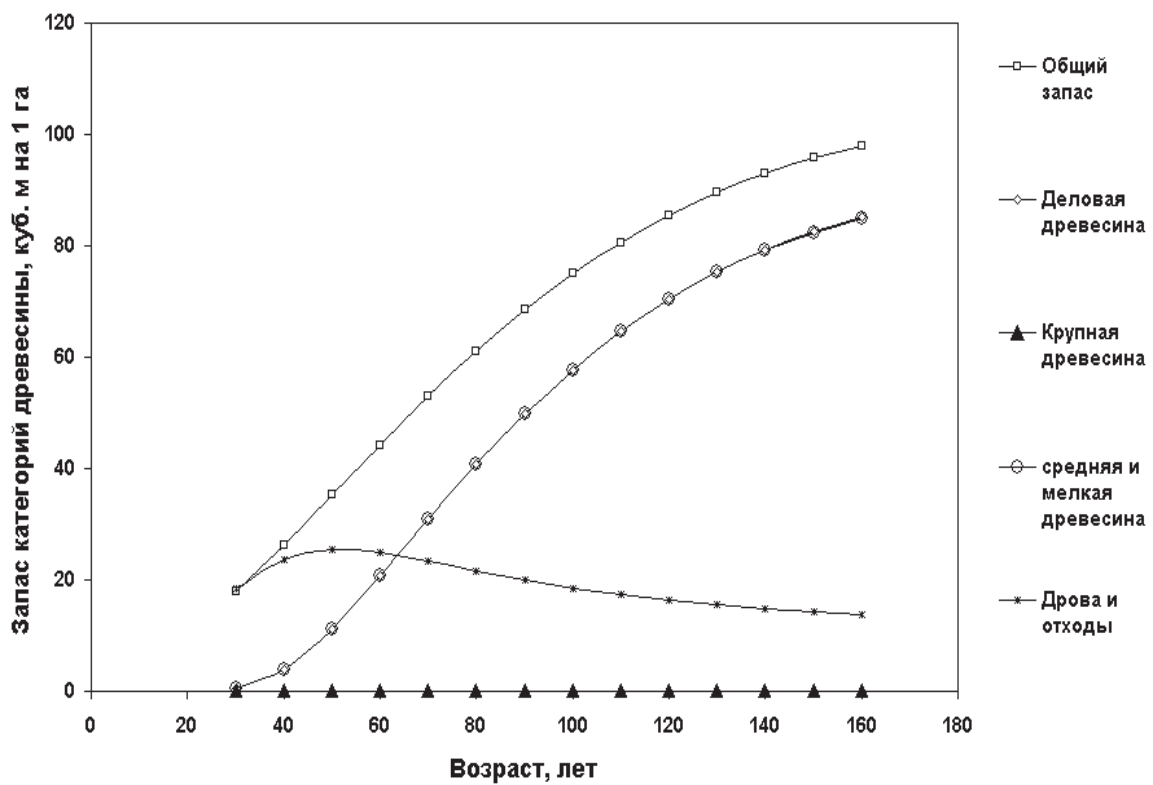


Рисунок 2.88. Возрастная динамика общего запаса, категорий крупности древесины, дров и отходов в сосновых древостоях при $N_{100}=6$ м и $P=1,0$

2.8.10. Регрессии запаса деловой древесины сосновых древостоев разной полноты, средней высоты по классам высот

H₁₀₀=37 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,66546 + 0,27555 \ln \Pi + 3,69454 \ln H - 0,503774 (\ln H)^2 + 0,032956 (\ln H)^3 + 0,351301 \ln H \ln \Pi - 0,041929 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.97)$$

$R^2=0,999$; $F=545465,7$; $t=-6,4$; $3,6$; $14,6$; $-6,2$; $3,8$; $7,1$; $-5,4$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=33 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-0,721255 + 2,755437 \ln H - 0,201202 (\ln H)^2 + 0,518283 \ln H \ln \Pi - 0,066849 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.98)$$

$R^2=0,999$; $F=162070,7$; $t=-43,7$; $252,1$; $-112,0$; $211,6$; $-92,6$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=29 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,31993 + 3,338837 \ln H - 0,39188 (\ln H)^2 + 0,01956 (\ln H)^3 + 0,54069 \ln H \ln \Pi - 0,07342 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.99)$$

$R^2=0,999$; $F=834277,4$; $t=-9,2$; $21,4$; $-7,1$; $3,0$; $172,7$; $-76,1$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=25 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,46168 + 3,53619 \ln H - 0,47607 (\ln H)^2 + 0,02963 (\ln H)^3 + 0,55313 \ln H \ln \Pi - 0,07712 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.100)$$

$R^2=0,999$; $F=962653,2$; $t=-14,5$; $30,2$; $-10,7$; $5,3$; $183,2$; $-79,1$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=21 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,504741 + 3,59563 \ln H - 0,49171 (\ln H)^2 + 0,02869 (\ln H)^3 + 0,55555 \ln H \ln \Pi - 0,077587 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.101)$$

$R^2=0,999$; $F=293701,6$; $t=-11,8$; $22,2$; $-7,3$; $3,2$; $96,7$; $-39,5$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=17 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,894024 + 0,231756 \ln \Pi + 4,239510 \ln H - 0,788426 (\ln H)^2 + 0,069545 (\ln H)^3 + 0,365943 \ln H \ln \Pi - 0,038528 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.102)$$

$R^2=0,999$; $F=118640,4$; $t=-15,1$; $3,3$; $23,9$; $-9,7$; $5,8$; $5,8$; $-2,8$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=13 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,047550 + 0,256329 \ln \Pi + 3,239012 \ln H - 0,344562 (\ln H)^2 + 0,350342 \ln H \ln \Pi - 0,032828 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.103)$$

$R^2=0,999$; $F=119214,8$; $t=-21,0$; $3,5$; $67,7$; $-30,9$; $4,9$; $-1,9$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=10 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-1,224745 + 0,375277 \ln \Pi + 3,887725 \ln H - 0,734971 (\ln H)^2 + 0,066977 (\ln H)^3 + 0,229952 \ln H \ln \Pi) \quad (2.104)$$

$R^2=0,999$; $F=42845,5$; $t=-6,5$; $14,4$; $12,0$; $-4,1$; $2,1$; $19,0$; $t_{05}=2,0$

H₁₀₀=7 м

$$M_{\text{дел}} = \exp(-0,825396 + 3,557639 \ln H - 0,489604 (\ln H)^2 + 0,592416 \ln H \ln \Pi - 0,076638 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.105)$$

$R^2=0,999$; $F=16014,0$; $t=-20,1$; $58,9$; $-23,4$; $15,4$; $-3,9$; $t_{05}=2,0$

2.8.11. Регрессии запаса крупной древесины в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот

H₁₀₀=37 м

$$M_{кр} = \exp(-316,34377 - 41,38933 \ln \Pi + 250,66268 \ln H - 65,45971 (\ln H)^2 + 5,75724 (\ln H)^3 + 22,27863 \ln H \ln \Pi - 2,92981 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.106)$$

$R^2=0,999$ $F=13430,2$; $t=/-22,6; -5,7; 19,4; -16,6; 14,3; 5,4; -5,0/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=33 м

$$M_{кр} = \exp(-206,49099 - 22,794198 \ln \Pi + 159,518378 \ln H - 40,267145 (\ln H)^2 + 3,438162 (\ln H)^3 + 11,477691 \ln H \ln \Pi - 1,358634 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.107)$$

$R^2=0,999$ $F=7634,5$; $t=/-9,7; -5,3; 8,2; -6,9; 5,8; 4,4; -3,5/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=29 м

$$M_{кр} = \exp(-338,54643 - 37,01288 \ln \Pi + 276,07892 \ln H - 74,46573 (\ln H)^2 + 6,77619 (\ln H)^3 + 19,56385 \ln H \ln \Pi - 2,49647 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.108)$$

$R^2=0,996$; $F=2169,3$; $t=/-6,1; -3,7; 5,3; -4,5; 3,9; 3,1; -2,5/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=25 м

$$M_{кр} = \exp(-134,08580 - 80,26811 \ln \Pi + 79,66963 \ln H - 11,34065 (\ln H)^2 + 47,13134 \ln H \ln \Pi - 6,85888 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.109)$$

$R^2=0,998$; $F=5555,0$; $t=/-32,3; -11,5;; 29,7; -26,2; 10,4; -9,4/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=21 м

$$M_{кр} = \exp(-162,56067 - 53,80515 \ln \Pi + 100,96403 \ln H - 15,19314 (\ln H)^2 + 32,69256 \ln H \ln \Pi - 4,92177 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.110)$$

$R^2=0,998$; $F=2908,7$; $t=/-19,7; -3,9; 18,2; -16,4; 3,5; -3,2/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=17 м

$$M_{кр} = \exp(-138,83442 - 21,52735 \ln \Pi + 85,49177 \ln H - 12,60569 (\ln H)^2 + 7,27010 \ln H \ln \Pi) \quad (2.111)$$

$R^2=0,984$; $F=425,6$; $t=/-6,9; -9,1; 6,1; -5,1; 8,9/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=13 м

$$M_{кр} = \exp(-27,113085 - 0,881752 \ln \Pi + 10,758261 \ln H) \quad (2.112)$$

$R^2=0,933$; $F=141,1$; $t=/-15,7; -6,9; 16,7/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=10 м

$$M_{кр} = \exp(-32,359189 - 1,770071 \ln \Pi + 13,055042 \ln H) \quad (2.113)$$

$R^2=0,892$; $F=53,7$; $t=/-7,6; -9,3; 7,6/>t_{05}=2,0$

2.8.12. Регрессии запаса средней древесины в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот

H₁₀₀=37 м

$$M_{cp} = \exp(-46,37600 - 18,28232 \ln \Pi + 31,53005 \ln H - 4,76551 (\ln H)^2 + 11,05291 \ln H \ln \Pi - 1,54835 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.114)$$

$R^2=0,998; F=7201,5; t=/-92,3; -21,6; 97,8; -93,5; 20,3; -17,9/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=33 м

$$M_{cp} = \exp(-46,51537 - 17,62642 \ln \Pi + 31,77121 \ln H - 4,83594 (\ln H)^2 + 10,65868 \ln H \ln \Pi - 1,49048 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.115)$$

$R^2=0,999; F=9743,3; t=/-73,6; -18,5; 78,9; -76,0; 17,3; -15,1/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=29 м

$$M_{cp} = \exp(-46,96520 - 15,33702 \ln \Pi + 32,40212 \ln H - 4,99623 (\ln H)^2 + 2,9817 \ln H \ln \Pi - 1,28251 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.116)$$

$R^2=0,9989; F=7922,5; t=/-60,3; -15,2; 63,2; -59,6; 13,7; -11,4/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=25 м

$$M_{cp} = \exp(-44,91948 - 10,19497 \ln \Pi + 31,45355 \ln H - 4,91084 (\ln H)^2 + 5,83560 \ln H \ln \Pi - 0,69605 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.117)$$

$R^2=0,998; F=5536,6; t=/-59,0; -7,2; 59,3; -53,7; 5,9; -4,1/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=21 м

$$M_{cp} = \exp(-45,19590 - 12,65858 \ln \Pi + 32,14095 \ln H - 5,11277 (\ln H)^2 + 7,38068 \ln H \ln \Pi - 0,92480 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.118)$$

$R^2=0,998; F=8024,6; t=/-63,0; -10,0; 60,4; -52,4; 7,8; -5,3/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=17 м

$$M_{cp} = \exp(-40,5948 - 12,0671 \ln \Pi + 29,6620 \ln H - 4,8028 (\ln H)^2 + 7,4051 \ln H \ln \Pi - 0,9872 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.119)$$

$R^2=0,998; F=3704,7; t=/-27,9; -4,9; 26,7; -22,8; 3,9; -2,7/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=13 м

$$M_{cp} = \exp(-38,56745 - 14,65043 \ln \Pi + 28,99507 \ln H - 4,80578 (\ln H)^2 + 9,71241 \ln H \ln \Pi - 1,45720 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.120)$$

$R^2=0,998; F=3851,5; t=/-22,3; -6,1; 20,0; -16,0; 4,8; -3,4/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=10 м

$$M_{cp} = \exp(-41,02928 - 18,70424 \ln \Pi + 32,26103 \ln H - 5,65404 (\ln H)^2 + 13,36400 \ln H \ln \Pi - 2,22916 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.121)$$

$R^2=0,998; F=4547,8; t=/-21,6; -7,1; 18,8; -14,8; 5,5; -4,0/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=7 м

$$M_{cp} = \exp(-38,97533 - 7,01200 \ln \Pi + 32,82745 \ln H - 6,13590 (\ln H)^2 + 3,41304 \ln H \ln \Pi) \quad (2.122)$$

$R^2=0,993; F=940,3; t=/-10,7; -10,6; 9,0; -6,7; 10,5/>t_{05}=2,0$

2.8.13. Регрессии запаса мелкой древесины в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот

H₁₀₀=37 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(82,30777 - 3,04879 \ln \Pi - 89,95700 \ln H + 34,50028 (\ln H)^2 - 4,36996 (\ln H)^3, 62327 \ln H \ln \Pi) \quad (2.123)$$

$R^2=0,996; F=1433,89; t=/6,0; -5,8; -6,6; 7,7; -9,0; 9,8/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=33 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(88,38516 - 2,20046 \ln \Pi - 98,98158 \ln H + 38,56908 (\ln H)^2 - 4,95029 (\ln H)^3 + 1,34057 \ln H \ln \Pi) \quad (2.124)$$

$R^2=0,993; F=1110,6; t=/7,9; -4,1; -8,6; 9,8; -11,2; 7,8/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=29 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(38,59017 - 1,70018 \ln \Pi - 46,52091 \ln H + 20,41196 (\ln H)^2 - 2,89009 (\ln H)^3 + 1,15791 \ln H \ln \Pi) \quad (2.125)$$

$R^2=0,997; F=2968,7; t=/9,4; -7,6; -10,4; 12,8; -15,4; 16,0/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=25 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(30,08901 + 4,34018 \ln \Pi - 37,63823 \ln H + 17,41537 (\ln H)^2 - 2,57095 (\ln H)^3 - 3,61635 \ln H \ln \Pi + 0,92935 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.126)$$

$R^2=0,995; F=1488,3; t=/9,1; 3,3; -9,9; 12,1; -14,3; -3,6; 5,0/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=21 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(12,72202 + 1,39113 \ln \Pi - 17,49105 \ln H + 9,86136 (\ln H)^2 - 1,66066 (\ln H)^3 - 1,09374 \ln H \ln \Pi + 0,41028 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.127)$$

$R^2=0,997; F=2472,2; t=/11,6; 2,7; -12,6; 17,3; -21,7; -2,5; 4,7/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=17 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(6,290157 + 1,212806 \ln \Pi - 9,390964 \ln H + 6,648511 (\ln H)^2 - 1,264931 (\ln H)^3 - 0,911991 \ln H \ln \Pi + 0,376802 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.128)$$

$R^2=0,9979; F=3620,1; t=11,6; 4,0; -12,2; 19,0; -24,3; -3,3; 6,1/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=13 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(2,531342 + 0,998695 \ln \Pi - 3,954074 \ln H + 4,272452 (\ln H)^2 - 0,954515 (\ln H)^3 - 0,730991 \ln H \ln \Pi + 0,348922 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.129)$$

$R^2=0,998; F=4652,0; t=/8,4; 4,3; -8,3; 17,2; -22,7; -3,1; 6,1/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=10 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(3,15790 + 1,33070 \ln \Pi - 4,68257 \ln H + 4,72523 (\ln H)^2 - 1,07080 (\ln H)^3 - 1,13671 \ln H \ln \Pi + 0,477879 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.130)$$

$R^2=0,998; F=5006,0; t=/7,5; 5,5; -6,6; 12,1; -15,3; -4,3; 6,8/>t_{05}=2,0$

H₁₀₀=7 м

$$M_{\text{мелк}} = \exp(0,537150 + 0,235735 \ln \Pi + 2,383416 (\ln H)^2 - 0,732543 (\ln H)^3 + 0,219609 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.131)$$

$R^2=0,999; F=11673,0; t=/24,3; 8,5; 98,2; -75,2; 27,5/>t_{05}=2,0$

2.8.14. Регрессии запаса дровяной древесины и отходов из деловых стволов в сосновых древостоях разной полноты, средней высоты по классам высот

Н₁₀₀=37 м

$$M_{до} = \exp(10,74541 + 2,99496 \ln \Pi - 7,75772 \ln H + 2,77871 (\ln H)^2 - 0,30140 (\ln H)^3 - 0,86175 \ln H \ln \Pi + 0,08768 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.132)$$

$R^2=0,999; F=52527,1; t=/16,9; 15,9; -12,6; 14,0; -14,3; -7,2; 4,6/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀=33 м

$$M_{до} = \exp(9,8475 + 2,13587 \ln \Pi - 6,96429 \ln H + 2,53314 (\ln H)^2 - 0,276664 (\ln H)^3 - 0,31006 \ln H \ln \Pi) \quad (2.133)$$

$R^2=0,999; F=71107,7; t=/21,1; 101,2; -14,5; 15,7; -15,4; -48,5/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀= 29 м

$$M_{до} = \exp(9,22958 + 2,187031 \ln \Pi - 6,377209 \ln H + 2,32407 (\ln H)^2 - 0,252251 (\ln H)^3 - 0,330337 \ln H \ln \Pi) \quad (2.134)$$

$R^2=0,999; F=30894,0; t=/16,8; 72,4; -10,7; 11,0; -10,2; -34,6/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀=25 м

$$M_{до} = \exp(6,17484 + 1,95351 \ln \Pi - 3,03763 \ln H + 1,08184 (\ln H)^2 - 0,09973 (\ln H)^3 - 0,26004 \ln H \ln \Pi) \quad (2.135)$$

$R^2=0,999; F=25919,8; t=/14,1; 65,4; -5,9; 5,6; -4,1; -26,4/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀=17 м

$$M_{до} = \exp(1,19466 + 3,13988 \ln H - 1,500598 (\ln H)^2 + 0,25077 (\ln H)^3 + 1,50730 \ln H \ln \Pi - 0,378823 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.136)$$

$R^2=0,999; F=13173,0; t=/5,0; 9,3; -9,6; 10,8; 86,8; -59,8/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀=13 м

$$M_{до} = \exp(1,04445 + 0,420726 \ln \Pi + 3,806523 \ln H - 2,05872 (\ln H)^2 + 0,363787 (\ln H)^3 + 1,255618 \ln H \ln \Pi - 0,350172 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.136a)$$

$R^2=0,998; F=5284,0; t=/5,9; 3,5; 12,6; -12,7; 13,1; 9,7; -10,7/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀=10 м

$$M_{до} = \exp(0,895438 + 4,217397 \ln H - 2,397398 (\ln H)^2 + 0,428609 (\ln H)^3 + 1,696515 \ln H \ln \Pi - 0,449377 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.137)$$

$R^2=0,998; F=4120,5; t=/2,4; 6,4; -6,5; 6,5; 46,1; -28,1/>t_{05}=2,0$

Н₁₀₀=7 м

$$M_{до} = \exp(2,96813 + 1,31925 \ln \Pi + 0,58217 \ln H - 0,32142 (\ln H)^2 + 0,11327 (\ln H)^2 \ln \Pi) \quad (2.138)$$

$R^2=0,997; F=4530,6; t=/56,3; 39,5; 8,1; -13,3; 11,8/>t_{05}=2,0$

Сочетание приведенных регрессий выхода деловой древесины и категорий крупности древесины (2.97) - (2.138) с регрессией взаимосвязи средней высоты с возрастом по классам высот позволяет увязать товарную продуктивность с ходом роста древостоев разной полноты.

Выявленные закономерности для сомкнутых сосновых древостоев представлены на рисунках 2.89 - 2.94.

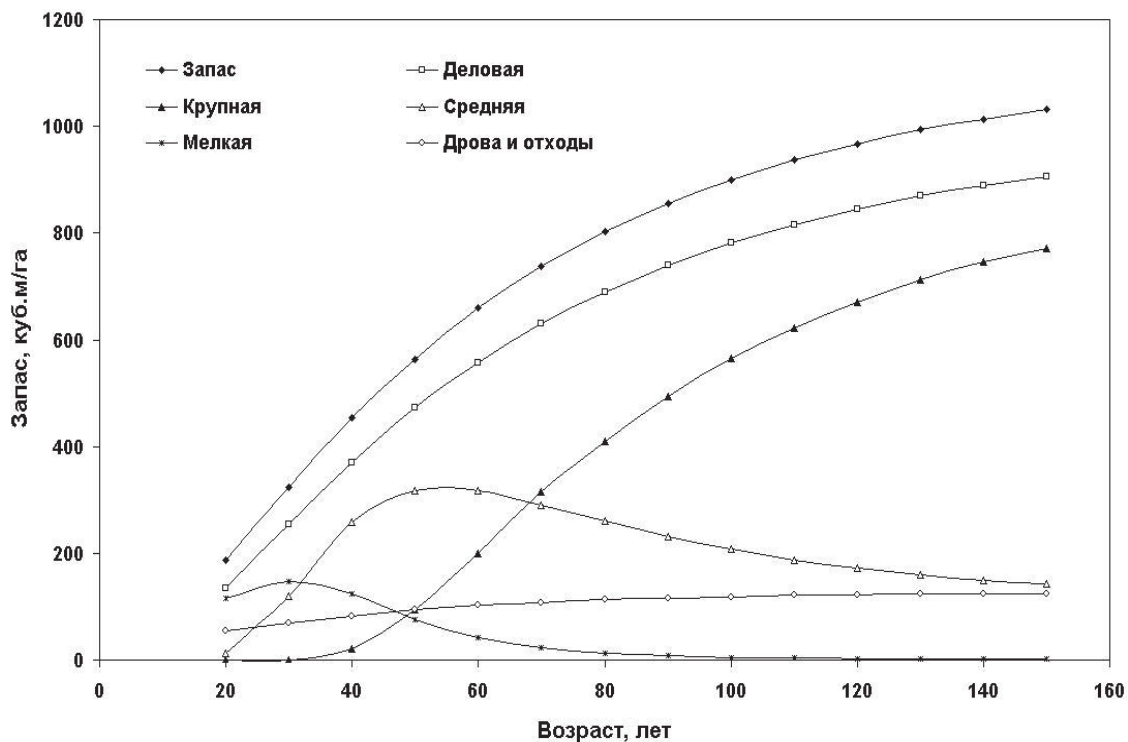


Рисунок 2.89. Ход роста сомкнутых древостоев при $H_{100}=37$ м по обезличенному запасу, запасу деловой древесины, по категориям крупности древесины, дровяной древесине и отходам

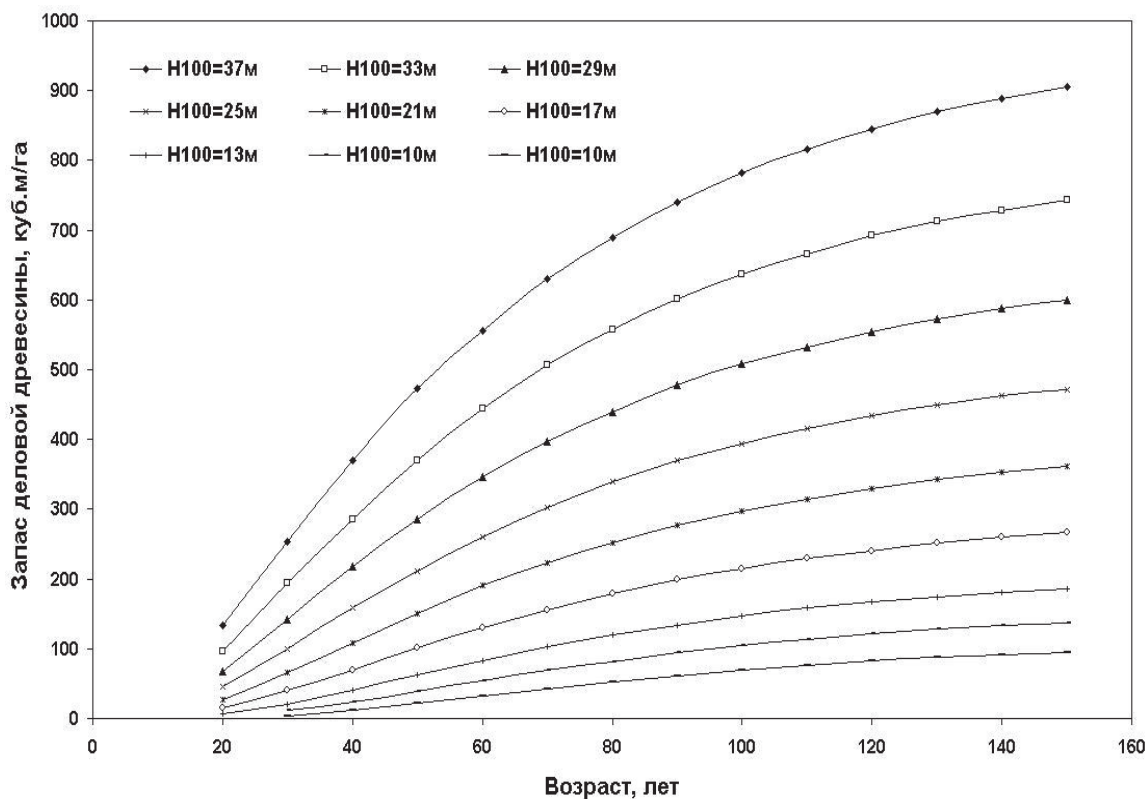


Рисунок 2.90. Ход роста по запасу деловой древесины в сомкнутых древостоях разных уровней продуктивности

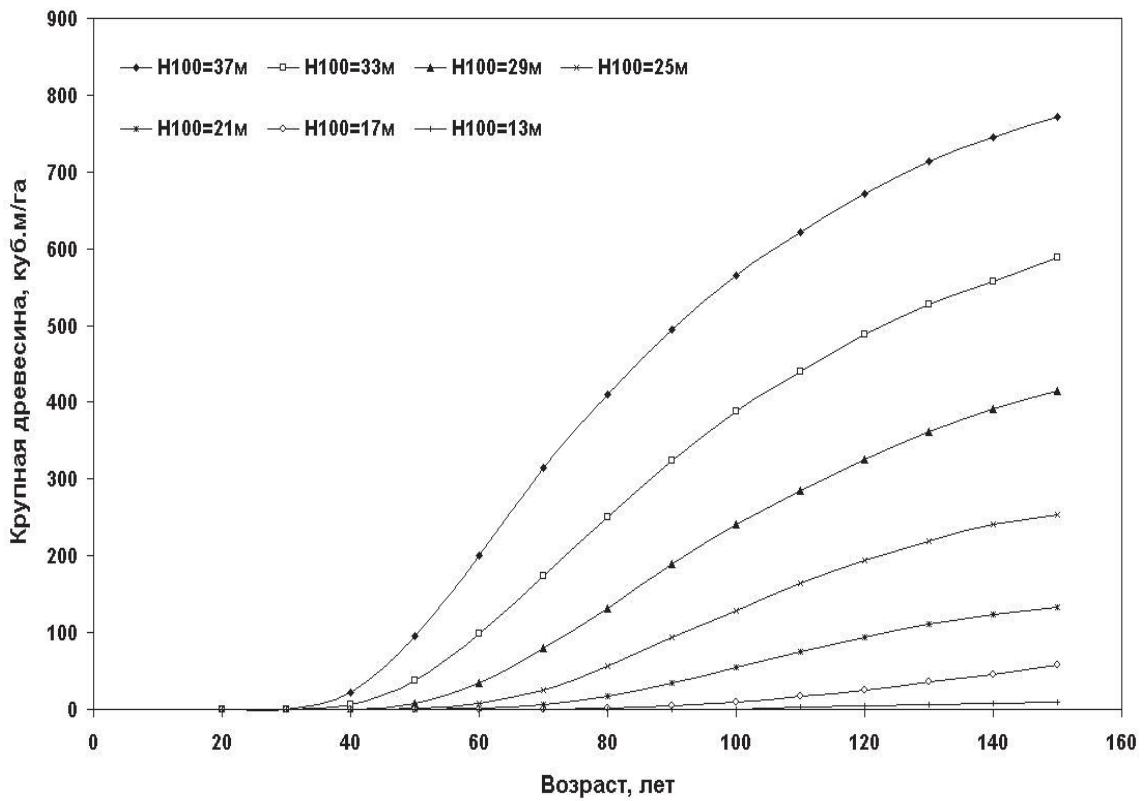


Рисунок 2.91. Ход роста по запасу крупной древесины в сомкнутых древостоях разных уровней продуктивности

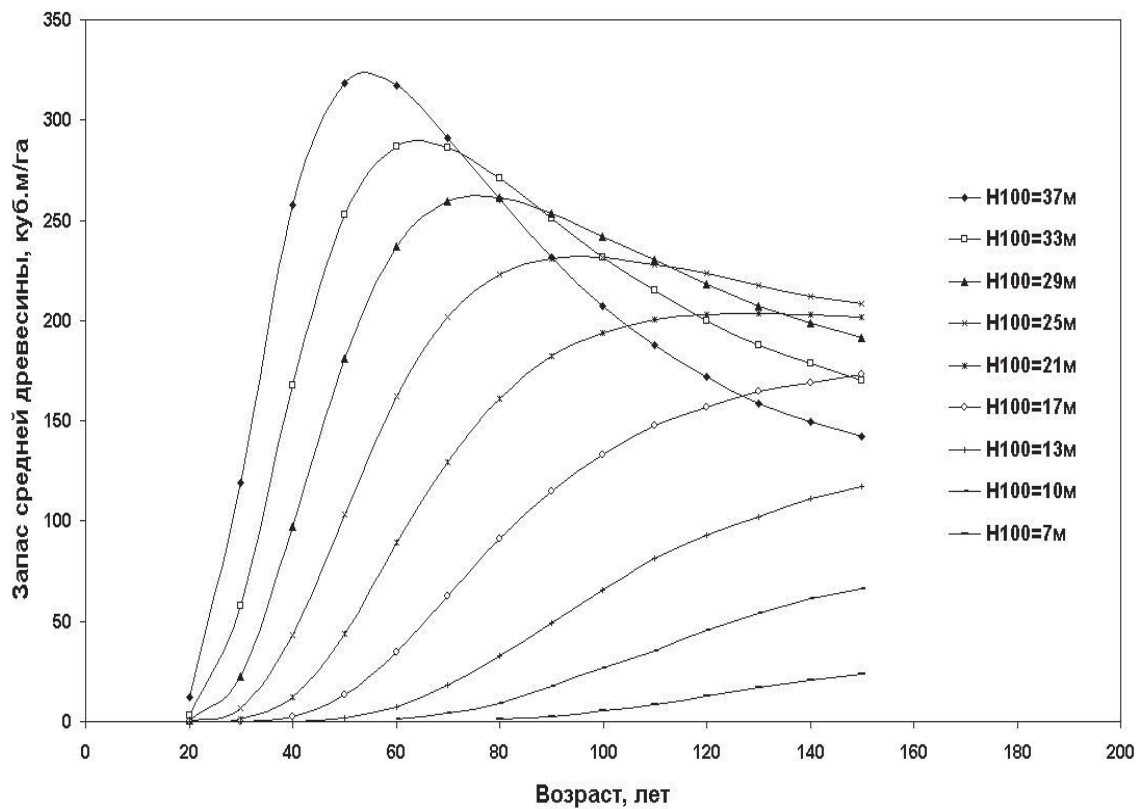


Рисунок 2.92. Ход роста по запасу средней древесины в сомкнутых древостоях разных уровней продуктивности

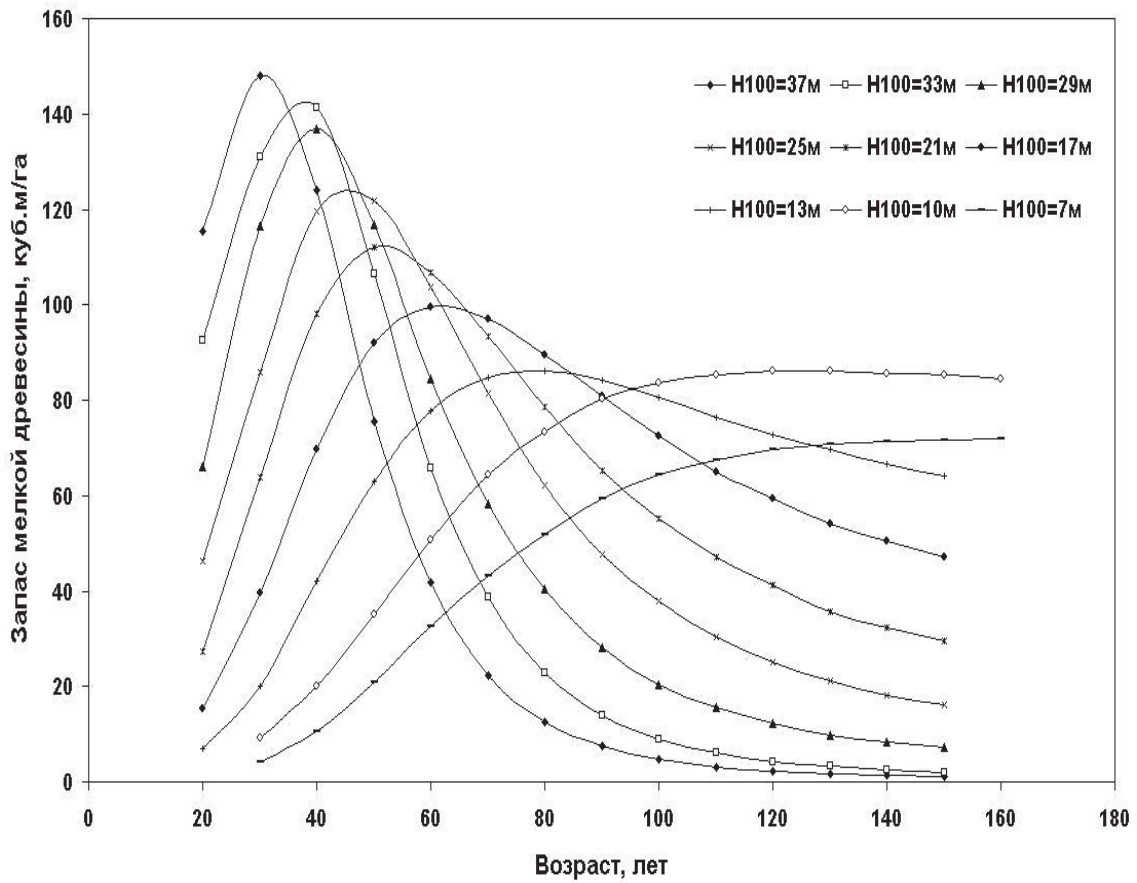


Рисунок 2.93. Ход роста по запасу мелкой древесины в сомкнутых древостоях разных уровней продуктивности

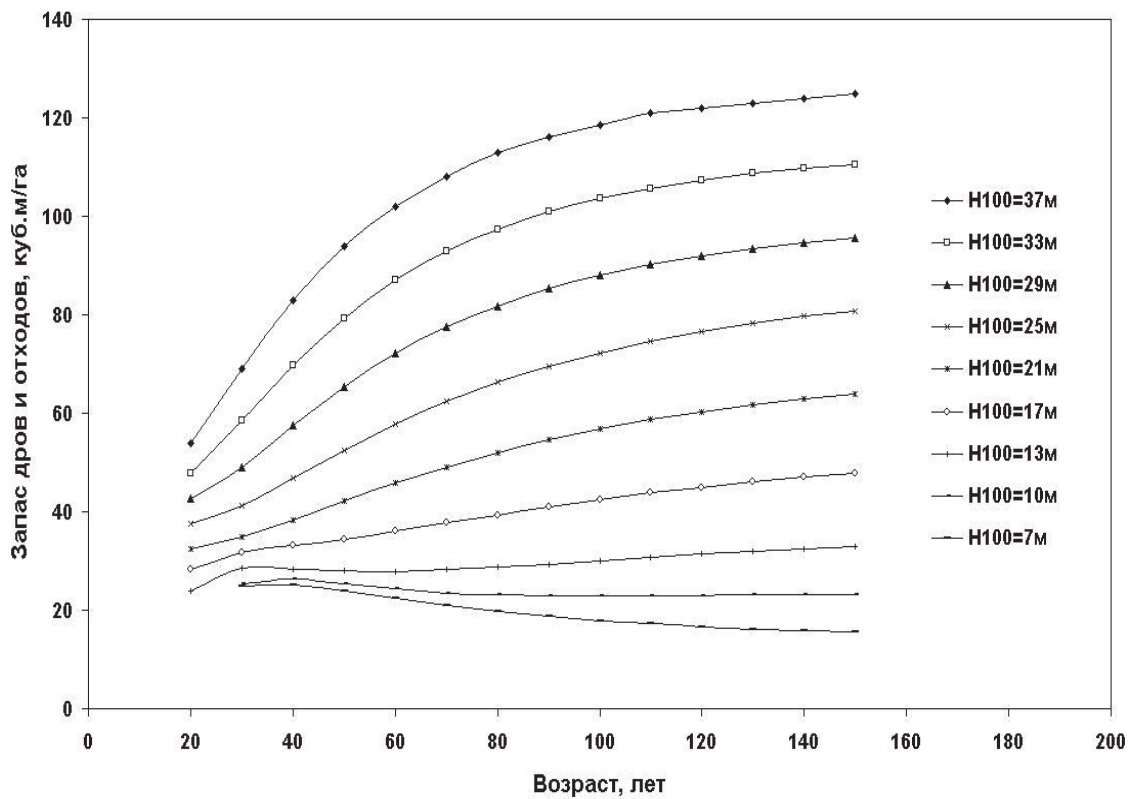


Рисунок 2.94. Ход роста по запасу дровяной древесины и отходов в сомкнутых древостоях разных уровней продуктивности

Графическая интерпретация таксационных закономерностей позволяет пользователям справочника получить информацию о материальной оценке древесных ресурсов чистых древостоев разной продуктивности и полноты. Конструкция предложенных таблиц позволяет отказаться от разрозненных таблиц хода роста, сортиментных и товарных таблиц и получить навыки для определения товарной продуктивности древостоев, опираясь на уровни продуктивности, возрастную и пространственную структуру насаждений.

2.9. Нормативы хода роста, строения и товарной продуктивности древостоев разной полноты и классов высот

В предыдущих разделах представлены статистические модели возрастной динамики таксационных показателей чистых по составу древостоев разной полноты и уровней продуктивности, выраженных классами высот. В отличие от ранее разработанных, но разрозненных лесотаксационных таблиц хода роста, сортиментных и товарных таблиц новая система нормативов позволила увязать их в единый информационно-справочный комплекс.

Это позволило рекомендовать производству два вида нормативов для основных лесообразующих пород Центрального лесотаксационного района. Первая конструкция таблиц сокращенная и отображает хода роста и товарную продуктивность древостоев разной полноты и классов высот (табл. 2.2). В ней товарная продуктивность характеризуется выходом деловой древесины из запаса древостоя, запасом крупной, средней, мелкой древесины, дровяной древесины и отходов. Вторая конструкция более сложная и значительно информативнее первой, так как в ней наряду с ходом роста древостоев разной полноты по классам высот представлено распределение числа деревьев, суммы площадей сечения, обезличенного запаса, запаса деловой древесины и категорий крупности (крупная, средняя, мелкая, дрова и отходы) древесины по десяти классам толщины (табл. 2.3).

Решение именно этой задачи издавна привлекало внимание ведущих лесоводов - исследователей как в России, так и за рубежом. Однако до сих пор существенных успехов в её решении не отмечено. Более того, разработка первой версии информационно-справочной системы лесотаксационных нормативов позволяет оперативно получить необходимую таксационную характеристику древостоев, провести визуализацию закономерностей роста, строения и продуктивности древостоев разного возраста, полноты по классам высот.

Системный комплекс нормативов позволил существенно обогатить теорию таксации леса, повысить точность определения таксационных показателей древостоев, увеличить производительность работ по инвентаризации насаждений. Важным элементом практического использования новых нормативов является возможность оценки товарно-денежного потенциала древостоев, а также определения возрастов количественной, технической и рентной спелости древостоев.

Таблица 2.2. Ход роста и товарная продуктивность сосновых древостоев Центрального лесотаксационного района (фрагмент)

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		число деревьев, шт./га	запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий прирост, куб. м/га
H100=37 м, полнота=1,0																
20	15.6	11.9	10.6	532	3377	29.7	187	9.4	13.7	1476	34	0	187	9.4	17.54	0.00
30	21.1	17.3	16.0	491	1901	38.2	323	10.8	13.7	1476	68	68	393	13.1	20.54	0.00
40	25.3	22.0	21.4	469	1226	43.9	452	11.3	12.8	675	74	142	595	14.9	19.96	0.00
50	28.7	25.9	26.5	456	871	47.9	565	11.3	11.2	355	74	217	781	15.6	18.26	0.00
60	31.4	29.0	31.2	447	664	50.7	659	11.0	9.4	207	71	288	946	15.8	16.31	0.00
70	33.6	31.7	35.5	442	533	52.7	738	10.5	7.9	131	66	354	1091	15.6	14.40	0.00
80	35.3	33.8	39.4	437	446	54.2	803	10.0	6.5	87	61	414	1216	15.2	12.63	0.00
90	36.7	35.6	42.8	434	385	55.3	857	9.5	5.4	61	55	469	1325	14.7	11.04	0.00
100	37.9	37.0	45.9	432	340	56.2	901	9.0	4.5	45	50	519	1419	14.2	9.61	0.00
110	38.8	38.3	48.7	430	306	56.9	938	8.5	3.7	34	44	563	1500	13.6	8.36	0.00
120	39.6	39.3	51.2	428	280	57.5	967	8.1	3.1	26	40	603	1571	13.1	7.25	0.00
130	40.3	40.2	53.4	427	259	57.9	992	7.6	2.5	21	36	639	1632	12.6	6.29	0.00
140	40.9	40.9	55.4	426	242	58.2	1 012	7.2	2.1	17	32	671	1685	12.0	5.44	0.00
150	41.4	41.4	57.1	425	228	58.5	1 029	6.9	1.7	14	29	700	1731	11.5	4.70	0.00
H100=36,6 м, полнота=0,9																
20	15.4	11.8	10.9	530	2891	26.8	169	8.4	12.3	1266	0	0	169	8.4	15.79	0.35
30	20.9	17.1	16.4	488	1625	34.5	291	9.7	10.2	578	62	62	354	11.8	18.53	0.37
40	25.0	21.8	22.0	467	1047	39.6	407	10.2	11.5	304	67	129	537	13.4	18.03	0.34
50	28.4	25.6	27.2	455	743	43.2	508	10.2	10.1	177	68	197	705	14.1	16.52	0.28
60	31.1	28.7	32.1	446	566	45.7	594	9.9	8.5	111	65	261	854	14.2	14.76	0.24
70	33.2	31.4	36.5	441	455	47.5	664	9.5	7.1	75	60	322	985	14.1	13.04	0.21
80	34.9	33.4	40.5	437	380	48.9	723	9.0	5.9	52	55	377	1099	13.7	11.45	0.17
90	36.3	35.2	44.0	434	328	49.9	771	8.6	4.8	38	50	427	1197	13.3	10.01	0.15
100	37.5	36.6	47.2	431	290	50.7	810	8.1	4.0	29	45	472	1282	12.8	8.72	0.12
110	38.4	37.9	50.1	429	261	51.3	843	7.7	3.3	22	41	513	1356	12.3	7.59	0.11
120	39.2	38.9	52.6	428	238	51.8	870	7.3	2.7	18	36	549	1420	11.8	6.59	0.08
130	39.9	39.8	54.9	427	221	52.2	892	6.9	2.3	14	33	581	1475	11.4	5.71	0.08
140	40.5	40.4	56.9	426	206	52.5	910	6.5	1.9	12	29	611	1523	10.9	4.94	0.06
150	41.0	41.0	58.7	425	195	52.7	926	6.2	1.6	12	26	637	1565	10.4	4.27	0.05

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб.м/га					Средний прирост				
	верхняя	средняя		дельтовая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	дельтовая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы
H100=37 м, полнота=1,0													
20	15.6	11.9	10.6	133	-	12	122	54	6.7	-	0.6	6.1	2.7
30	21.1	17.3	16.0	254	-	109	145	69	8.5	-	3.6	4.8	2.3
40	25.3	22.0	21.4	369	26	236	108	83	9.2	0.7	5.9	2.7	2.1
50	28.7	25.9	26.5	471	87	314	70	94	9.4	1.7	6.3	1.4	1.9
60	31.4	29.0	31.2	557	192	323	42	102	9.3	3.2	5.4	0.7	1.7
70	33.6	31.7	35.5	630	315	291	24	108	9.0	4.5	4.2	0.3	1.5
80	35.3	33.8	39.4	690	397	282	12	113	8.6	5.0	3.5	0.2	1.4
90	36.7	35.6	42.8	741	500	233	8	116	8.2	5.6	2.6	0.1	1.3
100	37.9	37.0	45.9	782	564	215	4	119	7.8	5.6	2.1	-	1.2
110	38.8	38.3	48.7	817	616	198	3	121	7.4	5.6	1.8	-	1.1
120	39.6	39.3	51.2	845	672	172	2	122	7.0	5.6	1.4	-	1.0
130	40.3	40.2	53.4	869	709	158	2	123	6.7	5.5	1.2	-	0.9
140	40.9	40.9	55.4	888	740	148	0	124	6.3	5.3	1.1	-	0.9
150	41.4	41.4	57.1	904	766	138	0	125	6.0	5.1	0.9	-	0.8
H100=36.6 м, полнота=0,9													
20	15.4	11.8	10.9	122	-	14	108	47	6.1	-	0.7	5.4	2.4
30	20.9	17.1	16.4	231	1	105	124	60	7.7	-	3.5	4.1	2.0
40	25.0	21.8	22.0	334	25	218	91	73	8.4	0.6	5.5	2.3	1.8
50	28.4	25.6	27.2	425	84	284	57	83	8.5	1.7	5.7	1.1	1.7
60	31.1	28.7	32.1	503	181	287	35	91	8.4	3.0	4.8	0.6	1.5
70	33.2	31.4	36.5	568	295	253	19	97	8.1	4.2	3.6	0.3	1.4
80	34.9	33.4	40.5	622	392	221	10	101	7.8	4.9	2.8	0.1	1.3
90	36.3	35.2	44.0	667	461	200	7	104	7.4	5.1	2.2	0.1	1.2
100	37.5	36.6	47.2	704	517	185	3	106	7.0	5.2	1.9	-	1.1
110	38.4	37.9	50.1	735	573	161	2	108	6.7	5.2	1.5	-	1.0
120	39.2	38.9	52.6	761	612	147	2	109	6.3	5.1	1.2	-	0.9
130	39.9	39.8	54.9	782	645	137	0	110	6.0	5.0	1.1	-	0.8
140	40.5	40.4	56.9	799	672	127	0	111	5.7	4.8	0.9	-	0.8
150	41.0	41.0	58.7	814	694	119	0	112	5.4	4.6	0.8	-	0.7

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность			
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб.м/га	Сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	прирост, куб. м/га	текущий
Н100=36,2 м, полнота=0,8																	
20	15.3	11.6	11.2	527	2429	24.0	150	7.5	7.5	0	0	150	7.5	14.04	0.70		
30	20.6	16.9	17.0	487	1363	30.8	259	8.7	11.0	1066	56	315	10.5	16.51	0.74		
40	24.7	21.5	22.7	466	878	35.3	361	9.1	10.3	486	61	478	12.0	16.09	0.68		
50	28.1	25.3	28.1	454	623	38.5	452	9.0	8.9	255	61	628	12.6	14.76	0.58		
60	30.7	28.4	33.1	446	474	40.7	528	8.8	7.5	148	58	762	12.7	13.20	0.50		
70	32.9	31.0	37.6	440	381	42.3	591	8.4	6.3	93	54	879	12.6	11.67	0.42		
80	34.5	33.1	41.7	436	318	43.5	643	8.0	5.2	63	50	981	12.3	10.25	0.35		
90	35.9	34.8	45.4	433	274	44.4	685	7.6	4.3	44	45	1069	11.9	8.97	0.30		
100	37.1	36.2	48.7	431	242	45.1	720	7.2	3.6	32	41	1145	11.5	7.82	0.25		
110	37.9	37.5	51.6	429	218	45.6	750	6.8	2.9	24	37	1211	11.0	6.81	0.22		
120	38.7	38.5	54.3	427	199	46.1	773	6.5	2.4	19	33	1268	10.6	5.91	0.18		
130	39.4	39.3	56.6	426	185	46.4	793	6.1	2.0	15	29	1318	10.1	5.13	0.16		
140	40.0	40.0	58.7	425	173	46.7	810	5.8	1.7	12	26	1361	9.7	4.44	0.13		
150	40.5	40.5	60.6	424	163	46.9	823	5.5	1.4	10	24	1398	9.3	3.84	0.11		
Н100=35,7 м, полнота=0,7																	
20	15.1	11.5	11.6	523	1994	21.1	131	6.6	6.6	0	0	131	6.6	12.29	1.04		
30	20.4	16.7	17.6	484	1117	27.0	226	7.6	9.6	877	49	276	9.2	14.49	1.12		
40	24.4	21.2	23.5	464	718	31.0	316	7.9	9.0	399	54	420	10.5	14.14	1.03		
50	27.7	25.0	29.1	452	509	33.8	396	7.9	7.8	209	54	552	11.0	12.99	0.89		
60	30.3	28.0	34.2	445	388	35.7	462	7.7	6.6	122	52	669	11.2	11.63	0.76		
70	32.4	30.6	39.0	439	311	37.1	517	7.4	5.5	76	48	772	11.0	10.30	0.65		
80	34.1	32.6	43.2	435	260	38.1	562	7.0	4.6	51	44	862	10.8	9.05	0.55		
90	35.4	34.4	47.0	432	224	38.9	600	6.7	3.8	36	40	940	10.4	7.92	0.47		
100	36.6	35.7	50.4	430	198	39.5	630	6.3	3.1	26	36	1007	10.1	6.91	0.39		
110	37.4	37.0	53.5	428	178	40.0	655	6.0	2.6	20	32	1065	9.7	6.02	0.33		
120	38.2	37.9	56.2	427	163	40.4	677	5.6	2.1	15	29	1116	9.3	5.23	0.28		
130	38.9	38.8	58.6	426	151	40.7	694	5.4	1.8	12	26	1159	8.9	4.54	0.24		
140	39.5	39.4	60.8	425	141	40.9	708	5.1	1.5	10	23	1198	8.6	3.93	0.20		
150	39.9	39.9	62.7	424	133	41.1	720	4.8	1.2	8	21	1231	8.2	3.40	0.17		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га					Средний прирост категорий крупности древесины					
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	
Н100=36,2 м, полнота=0,8														
20	15.3	11.6	11.2	110	-	15	95	40	5.5	-	0.8	4.8	2.0	
30	20.6	16.9	17.0	207	1	101	105	52	6.9	-	3.4	3.5	1.7	
40	24.7	21.5	22.7	298	25	199	75	63	7.5	0.6	5.0	1.9	1.6	
50	28.1	25.3	28.1	379	79	257	43	73	7.6	1.6	5.1	0.9	1.5	
60	30.7	28.4	33.1	448	169	254	24	80	7.5	2.8	4.2	0.4	1.3	
70	32.9	31.0	37.6	506	274	217	15	85	7.2	3.9	3.1	0.2	1.2	
80	34.5	33.1	41.7	554	360	186	7	89	6.9	4.5	2.3	0.1	1.1	
90	35.9	34.8	45.4	593	420	171	3	92	6.6	4.7	1.9	-	1.0	
100	37.1	36.3	48.7	626	468	157	2	94	6.3	4.7	1.6	-	0.9	
110	37.9	37.5	51.6	654	517	135	2	96	5.9	4.7	1.2	-	0.9	
120	38.7	38.5	54.3	676	551	124	1	97	5.6	4.6	1.0	-	0.8	
130	39.4	39.3	56.6	695	579	116	0	98	5.3	4.5	0.9	-	0.8	
140	40.0	40.0	58.7	711	602	108	0	99	5.1	4.3	0.8	-	0.7	
150	40.5	40.5	60.6	723	623	100	0	100	4.8	4.2	0.7	-	0.7	
Н100=35,7 м, полнота=0,7														
20	15.1	11.5	11.6	98	-	16	82	33	4.9	-	0.8	4.1	1.7	
30	20.4	16.7	17.6	182	1	94	87	44	6.1	-	3.1	2.9	1.5	
40	24.4	21.2	23.5	262	24	178	61	54	6.6	0.6	4.5	1.5	1.4	
50	27.7	25.0	29.1	333	100	199	34	63	6.7	2.0	4.0	0.7	1.3	
60	30.3	28.0	34.2	393	185	190	18	69	6.6	3.1	3.2	0.3	1.2	
70	32.4	30.6	39.0	443	250	185	8	74	6.3	3.6	2.6	0.1	1.1	
80	34.1	32.6	43.2	485	326	153	6	77	6.1	4.1	1.9	0.1	1.0	
90	35.4	34.4	47.0	520	376	141	2	80	5.8	4.2	1.6	-	0.9	
100	36.6	35.8	50.4	548	424	123	2	82	5.5	4.2	1.2	-	0.8	
110	37.4	37.0	53.5	572	459	112	1	83	5.2	4.2	1.0	-	0.8	
120	38.2	37.9	56.2	592	488	104	0	85	4.9	4.1	0.9	-	0.7	
130	38.9	38.8	58.6	608	512	96	0	86	4.7	3.9	0.7	-	0.7	
140	39.5	39.4	60.8	622	533	89	0	86	4.4	3.8	0.6	-	0.6	
150	39.9	39.9	62.7	633	550	83	0	87	4.2	3.7	0.6	-	0.6	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность			
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб.м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий прирост, куб. м/га	текущий	дополнительный
Н100=35,2 м, полнота=0,6																	
20	14.8	11.3	12.1	519	1588	18.2	112	5.6	5.6	0	0	0	112	5.6	10.54	1.23	
30	20.0	16.4	18.3	482	887	23.3	194	6.5	8.2	700	43	43	237	7.9	12.46	1.32	
40	24.0	20.9	24.4	463	570	26.7	271	6.8	7.7	318	47	89	361	9.0	12.19	1.21	
50	27.3	24.6	30.3	451	404	29.0	339	6.8	6.7	166	47	136	475	9.5	11.21	1.04	
60	29.8	27.6	35.7	443	307	30.7	396	6.6	5.7	97	45	181	576	9.6	10.05	0.89	
70	31.9	30.1	40.6	438	247	31.9	442	6.3	4.7	61	42	223	665	9.5	8.91	0.76	
80	33.5	32.1	45.0	434	206	32.7	482	6.0	3.9	41	38	262	743	9.3	7.84	0.64	
90	34.9	33.8	49.0	431	177	33.4	514	5.7	3.2	28	35	297	810	9.0	6.86	0.54	
100	36.0	35.2	52.5	429	157	33.9	540	5.4	2.7	21	32	328	868	8.7	5.99	0.45	
110	36.9	36.4	55.7	428	141	34.3	562	5.1	2.2	16	28	356	919	8.4	5.22	0.39	
120	37.6	37.4	58.5	426	129	34.6	579	4.8	1.8	12	25	382	963	8.0	4.54	0.32	
130	38.3	38.2	61.0	425	119	34.9	594	4.6	1.5	10	23	405	1000	7.7	3.94	0.28	
140	38.9	38.8	63.3	424	112	35.1	607	4.3	1.3	8	21	425	1034	7.4	3.42	0.23	
150	39.3	39.3	65.3	423	105	35.3	617	4.1	1.0	6	18	444	1062	7.1	2.96	0.19	
Н100=34,5 м, полнота=0,5																	
20	14.6	11.1	12.7	515	1212	15.3	94	4.7	4.7	0	0	0	94	4.7	8.79	1.42	
30	19.7	16.1	19.2	479	676	19.5	162	5.4	6.9	536	36	36	198	6.6	10.42	1.53	
40	23.6	20.5	25.6	461	433	22.3	227	5.7	6.4	242	40	76	302	7.6	10.22	1.40	
50	26.8	24.2	31.8	449	307	24.3	283	5.6	5.6	127	40	116	398	8.0	9.42	1.21	
60	29.3	27.1	37.4	442	233	25.6	330	5.5	4.7	73	38	154	483	8.1	8.46	1.03	
70	31.3	29.6	42.6	437	187	26.6	369	5.3	3.9	46	36	189	558	8.0	7.50	0.88	
80	32.9	31.5	47.2	433	156	27.3	401	5.0	3.3	31	33	222	623	7.8	6.61	0.74	
90	34.2	33.2	51.4	431	135	27.9	428	4.8	2.7	22	30	252	680	7.6	5.79	0.63	
100	35.4	34.5	55.1	428	119	28.3	450	4.5	2.2	16	27	279	729	7.3	5.06	0.53	
110	36.2	35.7	58.4	427	107	28.7	468	4.3	1.8	12	24	303	771	7.0	4.42	0.45	
120	36.9	36.7	61.4	425	98	28.9	483	4.0	1.5	9	22	325	808	6.7	3.84	0.38	
130	37.6	37.5	64.0	424	90	29.1	495	3.8	1.3	7	19	344	840	6.5	3.34	0.32	
140	38.2	38.1	66.4	423	85	29.3	506	3.6	1.0	6	17	362	868	6.2	2.90	0.27	
150	38.6	38.6	68.6	423	80	29.4	514	3.4	0.9	5	16	377	893	6.0	2.51	0.23	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га				Средний прирост категорий крупности древесины					
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы
Н100=35,2 м, полнота=0,6													
20	14.8	11.3	12.1	85	-	15	70	27	4.3	-	0.8	3.5	1.4
30	20.0	16.4	18.3	158	1	86	71	36	5.3	-	2.9	2.4	1.2
40	24.0	20.9	24.4	226	35	144	47	45	5.7	0.9	3.6	1.2	1.1
50	27.3	24.6	30.3	286	94	169	24	53	5.7	1.9	3.4	0.5	1.1
60	29.8	27.6	35.7	338	169	155	13	58	5.6	2.8	2.6	0.2	1.0
70	31.9	30.1	40.6	380	238	136	6	62	5.4	3.4	1.9	0.1	0.9
80	33.5	32.1	45.0	416	289	123	4	66	5.2	3.6	1.5	0.1	0.8
90	34.9	33.8	49.0	446	336	108	2	68	5.0	3.7	1.2	-	0.8
100	36.0	35.2	52.5	470	371	98	1	70	4.7	3.7	1.0	-	0.7
110	36.9	36.4	55.7	491	399	91	0	71	4.5	3.6	0.8	-	0.6
120	37.6	37.4	58.5	507	423	84	0	72	4.2	3.5	0.7	-	0.6
130	38.3	38.2	61.0	521	444	77	0	73	4.0	3.4	0.6	-	0.6
140	38.9	38.8	63.3	533	461	72	0	74	3.8	3.3	0.5	-	0.5
150	39.3	39.3	65.3	542	475	67	0	75	3.6	3.2	0.4	-	0.5
Н100=34,5 м, полнота=0,5													
20	14.6	11.1	12.7	73	-	15	58	21	3.7	-	0.8	2.9	1.1
30	19.7	16.1	19.2	133	4	74	55	29	4.4	0.1	2.5	1.8	1.0
40	23.6	20.5	25.6	190	33	123	33	37	4.8	0.8	3.1	0.8	0.9
50	26.8	24.2	31.8	240	86	136	19	43	4.8	1.7	2.7	0.4	0.9
60	29.3	27.1	37.4	282	151	122	9	48	4.7	2.5	2.0	0.2	0.8
70	31.3	29.6	42.6	318	209	104	4	51	4.5	3.0	1.5	0.1	0.7
80	32.9	31.5	47.2	347	249	96	1	54	4.3	3.1	1.2	-	0.7
90	34.2	33.2	51.4	372	287	84	1	56	4.1	3.2	0.9	-	0.6
	35.4	34.6	55.1	392	315	77	0	58	3.9	3.2	0.8	-	0.6
110	36.2	35.7	58.4	409	338	71	0	59	3.7	3.1	0.6	-	0.5
120	36.9	36.7	61.4	423	358	65	0	60	3.5	3.0	0.5	-	0.5
130	37.6	37.5	64.0	434	374	60	0	61	3.3	2.9	0.5	-	0.5
140	38.2	38.1	66.4	444	388	56	0	62	3.2	2.8	0.4	-	0.4
150	38.6	38.6	68.6	452	399	52	0	62	3.0	2.7	0.3	-	0.4

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Оклад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	текущий
Н100=29 м. полнота=1.0																
20	11.8	8.5	7.7	575	4686	22.1	110	5.4	8.4	2004	0	0	108	5.4	10.07	0.00
30	16.2	12.7	11.8	521	2683	29.1	192	6.4	8.4	2004	42	42	234	7.8	12.80	0.00
40	19.7	16.4	15.8	493	1748	34.2	274	6.9	8.3	935	47	89	364	9.1	13.08	0.00
50	22.5	19.5	19.7	476	1247	37.8	350	7.0	7.6	501	49	138	489	9.8	12.38	0.00
60	24.8	22.2	23.3	465	951	40.5	417	7.0	6.6	296	49	187	604	10.1	11.32	0.00
70	26.6	24.4	26.6	457	763	42.5	474	6.8	5.6	188	47	234	707	10.1	10.18	0.00
80	28.1	26.2	29.7	451	637	44.0	522	6.5	4.8	127	44	278	799	10.0	9.05	0.00
90	29.3	27.8	32.4	447	547	45.2	562	6.2	4.0	89	41	319	880	9.8	7.98	0.00
100	30.4	29.0	34.9	444	482	46.1	595	6.0	3.4	65	38	357	952	9.5	7.01	0.00
110	31.2	30.1	37.1	442	433	46.8	624	5.7	2.8	49	34	391	1014	9.2	6.13	0.00
120	31.9	31.0	39.1	440	395	47.4	647	5.4	2.3	38	31	422	1068	8.9	5.34	0.00
130	32.5	31.8	40.8	438	365	47.8	666	5.1	1.9	30	28	450	1116	8.6	4.64	0.00
140	33.0	32.4	42.4	437	341	48.2	682	4.9	1.6	24	25	476	1157	8.3	4.03	0.00
150	33.4	32.9	43.8	436	322	48.5	695	4.6	1.3	19	23	498	1192	8.0	3.49	0.00
Н100=28.7 м. полнота=0.9																
20	11.7	8.4	8.0	571	4017	20.0	99	4.9	7.6	1722	0	0	97	4.9	9.07	0.20
30	16.0	12.6	12.1	518	2295	26.3	172	5.8	7.6	802	38	38	211	7.0	11.54	0.23
40	19.5	16.2	16.2	491	1494	30.9	247	6.2	7.5	429	43	81	328	8.2	11.81	0.22
50	22.3	19.3	20.2	474	1065	34.2	315	6.3	6.8	253	45	125	441	8.8	11.19	0.20
60	24.5	22.0	24.0	463	812	36.6	376	6.3	5.9	161	45	170	545	9.1	10.25	0.17
70	26.3	24.1	27.4	456	651	38.4	427	6.1	5.1	108	43	213	639	9.1	9.22	0.15
80	27.8	25.9	30.5	450	543	39.7	470	5.9	4.3	76	40	253	722	9.0	8.20	0.13
90	29.0	27.5	33.3	446	467	40.7	506	5.6	3.6	56	38	291	796	8.8	7.24	0.10
100	30.1	28.7	35.9	443	411	41.6	536	5.4	3.0	42	34	325	860	8.6	6.36	0.09
110	30.9	29.8	38.1	441	369	42.2	561	5.1	2.5	32	31	356	917	8.3	5.56	0.08
120	31.6	30.7	40.2	439	337	42.7	582	4.8	2.1	25	28	385	966	8.1	4.85	0.06
130	32.2	31.5	42.0	437	312	43.1	600	4.6	1.7	20	26	410	1009	7.8	4.22	0.05
140	32.7	32.1	43.6	436	291	43.4	614	4.4	1.4	17	23	433	1046	7.5	3.66	0.05
150	33.0	32.6	45.0	435	275	43.7	626	4.2	1.2	17	21	454	1079	7.2	3.17	0.04

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га				Средний прирост категорий крупности древесины					
	верхняя	средняя		деповая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деповая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы
Н100=29 м, полнота=1,0													
20	11.8	8.5	7.7	68	-	0	68	42	3.4	-	-	3.4	2.1
30	16.2	12.7	11.8	142	-	23	119	50	4.7	-	0.8	4.0	1.7
40	19.7	16.4	15.8	217	-	89	128	57	5.4	-	2.2	3.2	1.4
50	22.5	19.5	19.7	285	8	170	107	65	5.7	0.2	3.4	2.1	1.3
60	24.8	22.2	23.3	345	31	233	81	72	5.8	0.5	3.9	1.4	1.2
70	26.6	24.4	26.6	396	75	263	59	78	5.7	1.1	3.8	0.8	1.1
80	28.1	26.2	29.7	440	138	260	42	82	5.5	1.7	3.3	0.5	1.0
90	29.3	27.8	32.4	476	175	273	28	86	5.3	1.9	3.0	0.3	1.0
100	30.4	29.0	34.9	507	246	240	22	88	5.1	2.5	2.4	0.2	0.9
110	31.2	30.1	37.1	533	282	233	18	91	4.8	2.6	2.1	0.2	0.8
120	31.9	31.0	39.1	555	313	231	11	92	4.6	2.6	1.9	0.1	0.8
130	32.5	31.8	40.8	572	361	202	9	94	4.4	2.8	1.6	0.1	0.7
140	33.0	32.4	42.4	587	386	194	8	95	4.2	2.8	1.4	0.1	0.7
150	33.4	32.9	43.8	599	406	187	7	96	4.0	2.7	1.2	-	0.6
Н100=28.7 м, полнота=0,9													
20	11.7	8.4	8.0	63	-	-	62	36	3.2	-	-	3.1	1.8
30	16.0	12.6	12.1	129	-	23	106	43	4.3	-	0.8	3.5	1.4
40	19.5	16.2	16.2	197	-	88	108	50	4.9	-	2.2	2.7	1.3
50	22.3	19.3	20.2	258	8	161	89	57	5.2	0.2	3.2	1.8	1.1
60	24.5	22.0	24.0	312	29	213	69	64	5.2	0.5	3.6	1.2	1.1
70	26.3	24.1	27.4	358	72	238	48	69	5.1	1.0	3.4	0.7	1.0
80	27.8	25.9	30.5	397	132	231	34	73	5.0	1.7	2.9	0.4	0.9
90	29.0	27.5	33.3	430	193	214	23	76	4.8	2.1	2.4	0.3	0.8
100	30.1	28.7	35.9	457	231	208	18	79	4.6	2.3	2.1	0.2	0.8
110	30.9	29.8	38.1	480	263	207	10	81	4.4	2.4	1.9	0.1	0.7
120	31.6	30.7	40.2	500	309	182	9	82	4.2	2.6	1.5	0.1	0.7
130	32.2	31.5	42.0	516	335	174	7	84	4.0	2.6	1.3	0.1	0.6
140	32.7	32.1	43.6	529	356	167	6	85	3.8	2.5	1.2	-	0.6
150	33.0	32.6	45.0	540	374	161	5	86	3.6	2.5	1.1	-	0.6

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб.м/га	сумма запаса, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	прирост, куб. м/га
H100=28,4 м, полнота=0,8																
20	11.5	8.3	8.2	567	3381	17.9	88	4.3	5.1	6.7	1453	0	86	4.3	8.06	0.40
30	15.8	12.4	12.5	516	1928	23.5	153	5.1	6.7	6.7	1453	34	188	6.3	10.29	0.46
40	19.3	16.0	16.7	489	1253	27.6	219	5.5	6.7	6.7	675	38	293	7.3	10.54	0.45
50	22.0	19.1	20.9	472	893	30.5	281	5.6	6.1	6.1	360	40	393	7.9	10.00	0.40
60	24.3	21.7	24.7	462	680	32.6	333	5.6	5.3	5.3	212	40	486	8.1	9.16	0.34
70	26.0	23.9	28.3	455	546	34.2	379	5.4	4.5	4.5	135	39	570	8.2	8.25	0.30
80	27.5	25.6	31.5	449	455	35.4	418	5.2	3.8	3.8	91	36	645	8.1	7.34	0.26
90	28.7	27.2	34.4	445	391	36.3	450	5.0	3.2	3.2	64	34	711	7.9	6.49	0.22
100	29.7	28.4	37.0	442	344	37.0	476	4.8	2.7	2.7	47	31	769	7.7	5.70	0.19
110	30.5	29.4	39.3	440	309	37.6	499	4.5	2.2	2.2	35	28	819	7.5	4.99	0.16
120	31.2	30.3	41.4	438	282	38.0	518	4.3	1.9	1.9	27	26	864	7.2	4.35	0.13
130	31.8	31.1	43.3	437	261	38.4	533	4.1	1.5	1.5	21	23	902	6.9	3.79	0.11
140	32.3	31.7	45.0	435	244	38.7	546	3.9	1.3	1.3	17	21	936	6.7	3.29	0.10
150	32.7	32.2	46.5	434	230	38.9	556	3.7	1.1	1.1	14	19	965	6.4	2.85	0.08
H100=28 м, полнота=0,7																
20	11.4	8.2	8.5	563	2780	15.8	76	3.8	4.5	5.9	1198	0	75	3.8	7.06	0.60
30	15.6	12.3	12.9	513	1582	20.7	134	4.5	5.9	5.9	1198	30	165	5.5	9.03	0.70
40	19.0	15.8	17.3	486	1027	24.2	193	4.8	5.8	5.8	555	34	257	6.4	9.26	0.68
50	21.7	18.8	21.6	471	731	26.8	245	4.9	5.3	5.3	296	36	346	6.9	8.80	0.61
60	23.9	21.4	25.6	461	557	28.6	291	4.9	4.6	4.6	174	36	427	7.1	8.08	0.53
70	25.7	23.5	29.3	453	446	30.0	332	4.7	4.0	4.0	111	34	501	7.2	7.27	0.46
80	27.1	25.3	32.6	448	372	31.0	365	4.6	3.3	3.3	74	32	567	7.1	6.48	0.40
90	28.3	26.8	35.6	444	320	31.8	394	4.4	2.8	2.8	52	30	625	7.0	5.73	0.33
100	29.3	28.0	38.3	442	281	32.4	417	4.2	2.4	2.4	38	28	677	6.8	5.04	0.29
110	30.1	29.0	40.8	439	253	32.9	437	4.0	2.0	2.0	29	25	721	6.6	4.41	0.24
120	30.8	29.9	42.9	437	230	33.3	453	3.8	1.6	1.6	22	23	761	6.3	3.85	0.21
130	31.4	30.7	44.9	436	213	33.6	466	3.6	1.4	1.4	17	21	795	6.1	3.35	0.17
140	31.8	31.3	46.6	435	199	33.9	477	3.4	1.1	1.1	14	19	824	5.9	2.91	0.15
150	32.2	31.7	48.1	434	188	34.1	486	3.2	0.9	0.9	11	17	850	5.7	2.52	0.13

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га				Средний прирост категорий крутности древесины					
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы
20	11.5	8.3	8.2	57	-	1	56	31	2.9	-	0.1	2.8	1.6
30	15.8	12.4	12.5	116	-	22	94	37	3.9	-	0.7	3.1	1.2
40	19.3	16.0	16.7	176	1	84	91	43	4.4	-	2.1	2.3	1.1
50	22.0	19.1	20.9	231	8	149	73	50	4.6	0.2	3.0	1.5	1.0
60	24.3	21.7	24.7	278	44	178	55	55	4.6	0.7	3.0	0.9	0.9
70	26.0	23.9	28.3	319	90	192	37	60	4.6	1.3	2.7	0.5	0.9
80	27.5	25.6	31.5	354	124	202	28	64	4.4	1.6	2.5	0.4	0.8
90	28.7	27.2	34.4	383	181	183	18	67	4.3	2.0	2.0	0.2	0.7
100	29.7	28.4	37.0	407	215	178	14	69	4.1	2.2	1.8	0.1	0.7
110	30.5	29.4	39.3	428	243	177	8	71	3.9	2.2	1.6	0.1	0.6
120	31.2	30.3	41.4	445	285	153	7	73	3.7	2.4	1.3	0.1	0.6
130	31.8	31.1	43.3	459	307	147	6	74	3.5	2.4	1.1	-	0.6
140	32.3	31.7	45.0	471	325	141	5	75	3.4	2.3	1.0	-	0.5
150	32.7	32.2	46.5	480	340	138	2	76	3.2	2.3	0.9	-	0.5
H100=28.4 м, полнота=0.8													
20	11.4	8.2	8.5	51	-	1	50	25	2.6	-	0.1	2.5	1.3
30	15.6	12.3	12.9	103	-	24	80	31	3.4	-	0.8	2.7	1.0
40	19.0	15.8	17.3	156	1	79	76	37	3.9	0.0	2.0	1.9	0.9
50	21.7	18.8	21.6	203	15	129	59	42	4.1	0.3	2.6	1.2	0.8
60	23.9	21.4	25.6	244	43	159	43	47	4.1	0.7	2.7	0.7	0.8
70	25.7	23.5	29.3	280	86	165	29	52	4.0	1.2	2.4	0.4	0.7
80	27.1	25.3	32.6	310	115	176	19	55	3.9	1.4	2.2	0.2	0.7
90	28.3	26.8	35.6	336	168	154	14	58	3.7	1.9	1.7	0.2	0.6
100	29.3	28.0	38.3	357	197	153	8	60	3.6	2.0	1.5	0.1	0.6
110	30.1	29.0	40.8	375	235	133	6	62	3.4	2.1	1.2	0.1	0.6
120	30.8	29.9	42.9	390	258	127	5	63	3.3	2.2	1.1	-	0.5
130	31.4	30.7	44.9	402	276	121	4	64	3.1	2.1	0.9	-	0.5
140	31.8	31.3	46.6	412	292	119	2	65	2.9	2.1	0.9	-	0.5
150	32.2	31.7	48.1	420	304	115	2	66	2.8	2.0	0.8	-	0.4
H100=28 м, полнота=0.7													

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,01)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб.м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	текущий
Н100=27.6 м. полнота=0.6																
20	11.2	8.1	8.9	558	2217	13.7	65	3.2	5.1	959	0	0	65	3.2	6.05	0.71
30	15.4	12.1	13.4	509	1259	17.9	115	3.8	5.1	959	26	26	141	4.7	7.76	0.83
40	18.7	15.6	18.1	484	816	20.9	165	4.1	5.0	443	30	56	221	5.5	7.98	0.79
50	21.4	18.5	22.5	469	580	23.0	210	4.2	4.5	236	31	87	298	6.0	7.60	0.71
60	23.6	21.1	26.6	459	442	24.6	251	4.2	4.0	139	31	118	368	6.1	6.98	0.62
70	25.3	23.2	30.5	452	354	25.8	284	4.1	3.4	88	30	148	432	6.2	6.29	0.54
80	26.7	24.9	34.0	447	295	26.7	313	3.9	2.9	59	28	177	489	6.1	5.61	0.46
90	27.8	26.4	37.1	443	253	27.3	337	3.7	2.4	42	26	203	540	6.0	4.97	0.39
100	28.9	27.6	39.9	441	223	27.9	358	3.6	2.0	30	24	227	584	5.8	4.37	0.33
110	29.6	28.6	42.4	438	200	28.3	374	3.4	1.7	23	22	249	623	5.7	3.83	0.28
120	30.3	29.5	44.7	437	182	28.6	388	3.2	1.4	18	20	269	657	5.5	3.35	0.24
130	30.9	30.2	46.7	435	169	28.9	400	3.1	1.2	14	18	287	686	5.3	2.91	0.20
140	31.4	30.8	48.5	434	158	29.1	408	2.9	1.0	11	16	304	712	5.1	2.53	0.17
150	31.7	31.3	50.1	433	149	29.3	417	2.8	0.8	9	15	318	735	4.9	2.19	0.15
Н100=27.1 м. полнота=0.5																
20	11.0	7.9	9.3	552	1697	11.5	55	2.7	4.2	736	0	0	54	2.7	5.05	0.81
30	15.1	11.8	14.1	505	960	15.0	95	3.2	3.4	736	22	22	118	3.9	6.49	0.96
40	18.4	15.3	18.9	481	621	17.5	137	3.4	3.4	339	25	47	185	4.6	6.69	0.92
50	21.0	18.2	23.6	467	441	19.3	175	3.5	3.8	180	27	74	249	5.0	6.38	0.82
60	23.1	20.7	28.0	457	336	20.6	208	3.5	3.3	106	26	100	309	5.2	5.87	0.72
70	24.8	22.8	32.0	451	269	21.6	237	3.4	2.8	67	26	126	363	5.2	5.30	0.62
80	26.2	24.4	35.6	446	224	22.3	261	3.3	2.4	45	24	150	411	5.1	4.73	0.54
90	27.3	25.9	38.9	442	192	22.8	281	3.1	2.0	32	23	173	453	5.0	4.19	0.45
100	28.4	27.1	41.9	439	169	23.3	298	3.0	1.7	23	21	193	491	4.9	3.69	0.39
110	29.1	28.1	44.5	437	152	23.6	312	2.8	1.4	17	19	212	524	4.8	3.24	0.33
120	29.8	28.9	46.9	436	138	23.9	323	2.7	1.2	13	17	229	552	4.6	2.83	0.28
130	30.3	29.7	49.0	434	128	24.1	333	2.6	1.0	11	15	245	578	4.4	2.47	0.23
140	30.8	30.2	50.9	0.433	14	120.0	341	2.4	0.8	8	14	259	599	4.3	2.14	0.20
150	31.2	30.7	52.6	432	113	24.4	347	2.3	0.7	7	13	271	619	4.1	1.86	0.17

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га					Средний прирост категорий крупности древесины					
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	
Н100=27.6 м. полнота=0.6														
20	11.2	8.1	8.9	45	-	1	44	20	2.3	-	0.1	2.2	1.0	
30	15.4	12.1	13.4	90	-	25	65	25	3.0	-	0.8	2.2	0.8	
40	18.7	15.6	18.1	135	1	72	62	30	3.4	-	1.8	1.6	0.8	
50	21.4	18.5	22.5	175	15	114	46	35	3.5	0.3	2.3	0.9	0.7	
60	23.6	21.1	26.6	211	41	138	32	40	3.5	0.7	2.3	0.5	0.7	
70	25.3	23.2	30.5	241	81	138	22	43	3.4	1.2	2.0	0.3	0.6	
80	26.7	24.9	34.0	267	124	129	14	46	3.3	1.6	1.6	0.2	0.6	
90	27.8	26.4	37.1	288	153	125	10	49	3.2	1.7	1.4	0.1	0.5	
100	28.9	27.6	39.9	307	176	125	6	51	3.1	1.8	1.3	0.1	0.5	
110	29.6	28.6	42.4	322	211	107	5	52	2.9	1.9	1.0	-	0.5	
120	30.3	29.5	44.7	334	229	102	4	54	2.8	1.9	0.9	-	0.5	
130	30.9	30.2	46.7	345	244	99	2	55	2.7	1.9	0.8	-	0.4	
140	31.4	30.8	48.5	353	256	96	1	55	2.5	1.8	0.7	-	0.4	
150	31.7	31.3	50.1	361	271	88	1	56	2.4	1.8	0.6	-	0.4	
Н100=27.1 м. полнота=0.5														
20	11.0	7.9	9.3	39	-	2	37	16	2.0	-	0.1	1.9	0.8	
30	15.1	11.8	14.1	76	-	24	52	19	2.5	-	0.8	1.7	0.6	
40	18.4	15.3	18.9	113	3	62	49	24	2.8	0.1	1.6	1.2	0.6	
50	21.0	18.2	23.6	147	14	98	35	28	2.9	0.3	2.0	0.7	0.6	
60	23.1	20.7	28.0	176	38	117	22	32	2.9	0.6	2.0	0.4	0.5	
70	24.8	22.8	32.0	202	74	112	16	35	2.9	1.1	1.6	0.2	0.5	
80	26.2	24.4	35.6	223	112	101	10	38	2.8	1.4	1.3	0.1	0.5	
90	27.3	25.9	38.9	241	135	100	5	40	2.7	1.5	1.1	0.1	0.4	
100	28.4	27.1	41.9	256	166	87	4	42	2.6	1.7	0.9	-	0.4	
110	29.1	28.1	44.5	269	183	82	3	43	2.4	1.7	0.7	-	0.4	
120	29.8	28.9	46.9	279	198	80	1	44	2.3	1.7	0.7	-	0.4	
130	30.3	29.7	49.0	288	213	73	1	45	2.2	1.6	0.6	-	0.3	
140	30.8	30.2	50.9	295	223	71	1	46	2.1	1.6	0.5	-	0.3	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб.м/га	сумма запасов, куб.м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	прирост, куб. м/га
H100=26.5 м, полнота=0.4																
20	10.8	7.8	9.9	545	1222	9.3	43	2.2	2.2	533	0	0	43	2.2	4.04	0.88
30	14.8	11.6	15.0	501	689	12.1	76	2.6	3.4	533	18	18	95	3.2	5.22	1.04
40	18.0	15.0	20.1	478	445	14.1	110	2.8	3.3	244	21	39	149	3.7	5.40	1.00
50	20.5	17.8	25.0	464	316	15.5	141	2.8	3.0	129	22	60	201	4.0	5.15	0.90
60	22.6	20.3	29.6	455	240	16.5	167	2.8	2.6	76	22	82	249	4.2	4.75	0.78
70	24.3	22.3	33.9	449	192	17.3	190	2.7	2.3	48	21	103	293	4.2	4.30	0.68
80	25.6	23.9	37.8	444	160	17.9	209	2.6	1.9	32	20	123	332	4.2	3.84	0.58
90	26.7	25.4	41.3	441	137	18.3	225	2.5	1.6	23	19	142	366	4.1	3.41	0.50
100	27.7	26.5	44.4	438	121	18.7	238	2.4	1.3	16	17	159	397	4.0	3.00	0.42
110	28.5	27.5	47.2	436	108	19.0	249	2.3	1.1	12	16	175	424	3.9	2.64	0.36
120	29.1	28.3	49.7	435	99	19.2	259	2.2	0.9	10	14	189	447	3.7	2.31	0.30
130	29.7	29.0	52.0	433	91	19.3	266	2.1	0.8	8	13	202	468	3.6	2.01	0.26
140	30.1	29.6	54.0	432	85	19.5	272	2.0	0.6	6	12	213	486	3.5	1.75	0.22
150	30.5	30.0	55.7	431	80	19.6	278	1.9	0.5	5	10	223	501	3.3	1.52	0.19
H100=25 м, полнота=1.0																
20	9.9	6.9	6.5	606	5722	18.7	82	3.9	3.9	2443	0	0	79	3.9	7.29	0.00
30	13.8	10.5	9.8	542	3279	25.0	143	4.7	6.3	1137	32	32	173	5.8	9.72	0.00
40	16.9	13.7	13.3	509	2142	29.6	205	5.2	6.4	612	36	68	274	6.9	10.22	0.00
50	19.4	16.4	16.6	489	1530	33.1	265	5.3	6.0	363	38	106	372	7.4	9.87	0.00
60	21.5	18.8	19.7	476	1167	35.7	318	5.3	5.3	232	39	145	464	7.7	9.15	0.00
70	23.2	20.8	22.6	467	936	37.6	365	5.2	4.6	156	38	183	548	7.8	8.31	0.00
80	24.6	22.5	25.3	461	780	39.1	405	5.1	4.0	110	36	219	624	7.8	7.44	0.00
90	25.7	23.9	27.7	456	669	40.3	439	4.9	3.4	80	34	253	691	7.7	6.61	0.00
100	26.6	25.0	29.9	452	589	41.2	467	4.7	2.8	61	31	284	751	7.5	5.83	0.00
110	27.4	26.0	31.8	449	528	41.9	491	4.5	2.4	47	29	313	803	7.3	5.11	0.00
120	28.0	26.8	33.5	447	482	42.5	510	4.3	2.0	37	26	339	849	7.1	4.47	0.00
130	28.6	27.5	35.1	445	445	43.0	527	4.1	1.6	29	24	363	889	6.8	3.89	0.00
140	29.0	28.1	36.4	444	416	43.3	541	3.9	1.4	21	21	384	924	6.6	3.38	0.00
150	29.4	28.5	37.7	442	392	43.6	552	3.7	1.1	24	19	403	954	6.4	2.93	0.00

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб.м/га				Средний прирост категорий крупности древесины					
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы
20	10.8	7.8	9.9	32	-	2	30	11	1.6	-	0.1	1.5	0.6
30	14.8	11.6	15.0	62	-	22	41	14	2.1	-	0.7	1.4	0.5
40	18.0	15.0	20.1	92	3	56	33	18	2.3	0.1	1.4	0.8	0.5
50	20.5	17.8	25.0	119	20	75	24	22	2.4	0.4	1.5	0.5	0.4
60	22.6	20.3	29.6	142	46	81	15	25	2.4	0.8	1.4	0.3	0.4
70	24.3	22.3	33.9	162	76	77	9	28	2.3	1.1	1.1	0.1	0.4
80	25.6	23.9	37.8	179	98	75	6	30	2.2	1.2	0.9	0.1	0.4
90	26.7	25.4	41.3	193	123	66	3	32	2.1	1.4	0.7	-	0.4
100	27.7	26.5	44.4	205	140	63	3	33	2.1	1.4	0.6	-	0.3
110	28.5	27.5	47.2	215	153	61	1	34	2.0	1.4	0.6	-	0.3
120	29.1	28.3	49.7	224	167	56	1	35	1.9	1.4	0.5	-	0.3
130	29.7	29.0	52.0	230	176	54	1	36	1.8	1.4	0.4	-	0.3
140	30.1	29.6	54.0	236	183	52	1	36	1.7	1.3	0.4	-	0.3
150	30.5	30.0	55.7	241	189	51	0	37	1.6	1.3	0.3	-	0.2
H100=26.5 м, полнота=0.4													
H100=25 м, полнота=1.0													
20	9.9	6.9	6.5	45	-	-	45	37	2.3	-	-	2.3	1.9
30	13.8	10.5	9.8	100	-	7	93	43	3.3	-	0.2	3.1	1.4
40	16.9	13.7	13.3	158	-	41	117	47	4.0	-	1.0	2.9	1.2
50	19.4	16.4	16.6	212	1	99	112	53	4.2	-	2.0	2.2	1.1
60	21.5	18.8	19.7	260	8	156	97	58	4.3	0.1	2.6	1.6	1.0
70	23.2	20.8	22.6	302	25	200	77	63	4.3	0.4	2.9	1.1	0.9
80	24.6	22.5	25.3	338	57	219	62	67	4.2	0.7	2.7	0.8	0.8
90	25.7	23.9	27.7	369	76	244	49	70	4.1	0.8	2.7	0.5	0.8
100	26.6	25.0	29.9	394	126	231	38	73	3.9	1.3	2.3	0.4	0.7
110	27.4	26.0	31.8	416	149	235	32	75	3.8	1.4	2.1	0.3	0.7
120	28.0	26.8	33.5	434	197	214	23	76	3.6	1.6	1.8	0.2	0.6
130	28.6	27.5	35.1	449	220	210	20	78	3.5	1.7	1.6	0.2	0.6
140	29.0	28.1	36.4	462	239	205	17	79	3.3	1.7	1.5	0.1	0.6
150	29.4	28.5	37.7	472	255	202	16	80	3.1	1.7	1.3	0.1	0.5

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	текущий
H100=24.7 м, полнота=0.9																
20	9.8	6.8	6.6	601	4910	17.0	74	3.5	5.7	2102	0	0	71	3.5	6.56	0.14
30	13.7	10.4	10.1	539	2808	22.6	128	4.3	5.7	2102	29	29	156	5.2	8.77	0.17
40	16.7	13.6	13.7	507	1832	26.8	184	4.6	5.8	976	33	62	247	6.2	9.23	0.17
50	19.2	16.2	17.1	487	1308	29.9	238	4.8	5.4	524	35	97	336	6.7	8.92	0.16
60	21.3	18.6	20.3	475	997	32.2	287	4.8	4.8	311	35	132	419	7.0	8.28	0.13
70	23.0	20.6	23.3	466	799	34.0	328	4.7	4.2	198	35	166	495	7.1	7.53	0.12
80	24.3	22.3	26.0	460	665	35.3	364	4.6	3.6	134	33	199	564	7.1	6.75	0.10
90	25.4	23.6	28.5	455	571	36.3	395	4.4	3.0	94	31	230	625	6.9	5.99	0.09
100	26.3	24.7	30.7	451	502	37.1	420	4.2	2.5	69	29	259	679	6.8	5.29	0.08
110	27.1	25.7	32.7	448	451	37.8	441	4.0	2.1	52	26	285	726	6.6	4.64	0.06
120	27.7	26.5	34.5	446	411	38.3	460	3.8	1.8	40	24	309	768	6.4	4.06	0.06
130	28.3	27.2	36.0	444	380	38.7	474	3.6	1.5	31	22	331	804	6.2	3.53	0.04
140	28.7	27.8	37.5	443	355	39.1	486	3.5	1.2	25	19	350	836	6.0	3.07	0.04
150	29.1	28.2	38.7	442	334	39.3	496	3.3	1.0	20	17	368	863	5.8	2.66	0.03
H100=24.4 м, полнота=0.8																
20	9.7	6.7	6.8	596	4136	15.2	65	3.1	5.1	1776	0	0	63	3.1	5.84	0.29
30	13.5	10.3	10.4	536	2361	20.2	113	3.8	5.1	1776	26	26	139	4.6	7.81	0.35
40	16.5	13.4	14.1	504	1538	23.9	164	4.1	5.2	823	30	55	220	5.5	8.24	0.34
50	19.0	16.0	17.6	485	1097	26.7	212	4.3	4.8	441	31	87	300	6.0	7.97	0.32
60	21.0	18.4	20.9	473	836	28.7	255	4.3	4.3	261	32	119	374	6.2	7.41	0.28
70	22.7	20.3	24.0	465	669	30.3	292	4.2	3.7	166	31	150	442	6.3	6.74	0.24
80	24.1	22.0	26.8	458	557	31.5	324	4.1	3.2	112	30	180	503	6.3	6.04	0.21
90	25.1	23.4	29.4	454	478	32.4	351	3.9	2.7	79	28	208	558	6.2	5.37	0.18
100	26.0	24.4	31.7	450	421	33.1	374	3.7	2.3	58	26	234	607	6.1	4.74	0.16
110	26.8	25.4	33.7	447	377	33.7	392	3.6	1.9	43	24	257	649	5.9	4.16	0.13
120	27.4	26.2	35.5	445	344	34.1	409	3.4	1.6	33	22	279	687	5.7	3.64	0.11
130	28.0	26.9	37.2	444	318	34.5	422	3.3	1.3	26	20	298	719	5.5	3.17	0.09
140	28.4	27.5	38.6	442	297	34.8	433	3.1	1.1	21	18	316	748	5.3	2.76	0.08
150	28.8	27.9	39.9	441	280	35.0	442	2.9	0.9	17	16	332	772	5.2	2.39	0.07

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га				Средний прирост категорий крупности древесины				
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая
Н100≅24,7 м, полнота≅0,9												
20	9.8	6.8	6.6	42	-	42	32	2.1	-	-	2.1	1.6
30	13.7	10.4	10.1	91	-	91	37	3.0	-	0.2	2.8	1.2
40	16.7	13.6	13.7	143	-	143	41	3.6	-	1.0	2.6	1.0
50	19.2	16.2	17.1	192	1	192	46	3.8	-	1.9	1.9	0.9
60	21.3	18.6	20.3	236	8	236	51	3.9	0.1	2.5	1.4	0.9
70	23.0	20.6	23.3	273	25	273	55	3.9	0.4	2.6	0.9	0.8
80	24.3	22.3	26.0	305	55	305	59	3.8	0.7	2.5	0.6	0.7
90	25.4	23.6	28.5	333	96	333	62	3.7	1.1	2.2	0.4	0.7
100	26.3	24.7	30.7	356	120	356	64	3.6	1.2	2.1	0.3	0.6
110	27.1	25.7	32.7	375	140	375	66	3.4	1.3	1.9	0.2	0.6
120	27.7	26.5	34.5	392	187	392	68	3.3	1.6	1.6	0.2	0.6
130	28.3	27.2	36.0	405	207	405	69	3.1	1.6	1.4	0.1	0.5
140	28.7	27.8	37.5	416	223	416	70	3.0	1.6	1.3	0.1	0.5
150	29.1	28.2	38.7	425	237	425	71	2.8	1.6	1.2	0.1	0.5
Н100≅24,4 м, полнота≅0,8												
20	9.7	6.7	6.8	38	-	38	27	1.9	-	-	1.9	1.4
30	13.5	10.3	10.4	82	-	82	31	2.7	-	0.2	2.5	1.0
40	16.5	13.4	14.1	129	-	129	35	3.2	-	1.0	2.2	0.9
50	19.0	16.0	17.6	172	1	172	40	3.4	-	1.8	1.6	0.8
60	21.0	18.4	20.9	211	7	211	44	3.5	0.1	2.3	1.1	0.7
70	22.7	20.3	24.0	244	24	244	48	3.5	0.3	2.4	0.8	0.7
80	24.1	22.0	26.8	272	53	272	52	3.4	0.7	2.2	0.5	0.7
90	25.1	23.4	29.4	297	92	297	54	3.3	1.0	1.9	0.3	0.6
100	26.0	24.4	31.7	317	113	317	57	3.2	1.1	1.8	0.3	0.6
110	26.8	25.4	33.7	334	154	334	58	3.0	1.4	1.5	0.2	0.5
120	27.4	26.2	35.5	349	175	349	60	2.9	1.5	1.3	0.1	0.5
130	28.0	26.9	37.2	361	192	361	61	2.8	1.5	1.2	0.1	0.5
140	28.4	27.5	38.6	371	206	371	62	2.7	1.5	1.1	0.1	0.4
150	28.8	27.9	39.9	379	218	379	63	2.5	1.5	1.0	-	0.4

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Оспад			Общая производительность		
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний прирост, куб. м/га	текущий прирост, куб. м/га	текущий доп. прирост, куб. м/га
H100=24.1 м, полнота=0.7																
20	9.6	6.7	7.1	591	3405	13.4	56	2.8	4.4	0	0	55	2.8	5.11	0.43	
30	13.3	10.1	10.8	532	1939	17.8	99	3.3	4.4	1466	23	122	4.1	6.86	0.53	
40	16.3	13.2	14.6	502	1261	21.1	143	3.6	4.5	677	26	193	4.8	7.24	0.52	
50	18.7	15.8	18.2	483	899	23.5	186	3.7	4.2	362	28	263	5.3	7.02	0.48	
60	20.7	18.1	21.7	471	684	25.2	223	3.7	3.7	214	28	105	5.5	6.53	0.43	
70	22.4	20.1	24.9	463	548	26.6	255	3.7	3.2	136	28	133	5.6	5.94	0.37	
80	23.7	21.7	27.8	457	456	27.6	283	3.5	2.8	92	27	160	5.5	5.33	0.32	
90	24.8	23.1	30.4	453	391	28.4	307	3.4	2.3	65	25	185	5.5	4.74	0.28	
100	25.7	24.1	32.8	449	344	29.0	327	3.3	2.0	47	23	208	5.3	4.19	0.24	
110	26.4	25.1	34.9	446	308	29.5	343	3.1	1.7	35	21	229	5.2	3.68	0.20	
120	27.0	25.9	36.8	444	281	29.9	358	3.0	1.4	27	19	248	5.0	3.22	0.18	
130	27.6	26.5	38.5	443	260	30.2	369	2.8	1.2	21	17	266	4.9	2.81	0.15	
140	28.0	27.1	40.0	441	243	30.5	379	2.7	1.0	17	16	281	4.7	2.44	0.13	
150	28.4	27.5	41.4	440	229	30.7	386	2.6	0.8	14	14	295	4.5	2.12	0.11	
H100=23.8 м, полнота=0.6																
20	9.4	6.6	7.4	585	2719	11.6	48	2.4	3.8	0	0	47	2.4	4.38	0.51	
30	13.1	10.0	11.3	528	1544	15.4	85	2.8	3.8	1175	20	105	3.5	5.90	0.63	
40	16.1	13.0	15.2	499	1003	18.2	123	3.1	3.9	541	23	166	4.2	6.24	0.62	
50	18.4	15.6	19.0	481	714	20.2	159	3.2	3.6	289	24	227	4.5	6.06	0.57	
60	20.4	17.9	22.6	469	543	21.7	191	3.2	3.2	171	25	92	4.7	5.64	0.50	
70	22.0	19.8	25.9	461	435	22.9	219	3.1	2.8	109	24	116	4.8	5.14	0.44	
80	23.4	21.4	28.9	456	362	23.7	243	3.0	2.4	73	23	139	4.8	4.62	0.37	
90	24.4	22.7	31.7	451	310	24.4	263	2.9	2.0	51	22	161	4.7	4.11	0.33	
100	25.3	23.8	34.1	448	273	24.9	280	2.8	1.7	38	20	181	4.6	3.63	0.28	
110	26.0	24.7	36.4	445	244	25.4	295	2.7	1.4	28	19	200	4.5	3.19	0.23	
120	26.6	25.5	38.3	443	223	25.7	307	2.6	1.2	22	17	217	4.4	2.80	0.20	
130	27.2	26.1	40.1	442	206	26.0	316	2.4	1.0	17	15	232	4.2	2.44	0.17	
140	27.6	26.7	41.7	440	192	26.2	324	2.3	0.8	14	14	246	4.1	2.12	0.14	
150	27.9	27.1	43.1	439	181	26.4	331	2.2	0.7	11	12	258	3.9	1.84	0.12	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га				Средний прирост категорий крупности древесины						
	верхняя	средняя		деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	деловая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	
Н100=24.1 м, полнота=0.7														
20	9.6	6.7	7.1	34	-	-	34	34	22	1.7	-	-	1.7	1.1
30	13.3	10.1	10.8	73	-	8	73	65	26	2.4	-	0.3	2.2	0.9
40	16.3	13.2	14.6	114	-	38	114	76	29	2.9	-	1.0	1.9	0.7
50	18.7	15.8	18.2	152	1	82	152	69	34	3.0	-	1.6	1.4	0.7
60	20.7	18.1	21.7	185	14	118	185	54	38	3.1	0.2	2.0	0.9	0.6
70	22.4	20.1	24.9	214	35	136	214	43	41	3.1	0.5	1.9	0.6	0.6
80	23.7	21.7	27.8	239	50	159	239	30	44	3.0	0.6	2.0	0.4	0.6
90	24.8	23.1	30.4	260	87	149	260	24	47	2.9	1.0	1.7	0.3	0.5
100	25.7	24.1	32.8	278	105	156	278	17	49	2.8	1.1	1.6	0.2	0.5
110	26.4	25.1	34.9	293	143	136	293	14	50	2.7	1.3	1.2	0.1	0.5
120	27.0	25.9	36.8	306	161	133	306	12	52	2.6	1.3	1.1	0.1	0.4
130	27.6	26.5	38.5	316	176	133	316	7	53	2.4	1.4	1.0	0.1	0.4
140	28.0	27.1	40.0	325	188	131	325	6	54	2.3	1.3	0.9	-	0.4
150	28.4	27.5	41.4	332	212	114	332	5	54	2.2	1.4	0.8	-	0.4
Н100=23.8 м, полнота=0.6														
20	9.4	6.6	7.4	30	-	-	30	30	18	1.5	-	-	1.5	0.9
30	13.1	10.0	11.3	64	-	9	64	55	21	2.1	-	0.3	1.8	0.7
40	16.1	13.0	15.2	99	-	35	99	64	24	2.5	-	0.9	1.6	0.6
50	18.4	15.6	19.0	131	4	72	131	56	28	2.6	0.1	1.4	1.1	0.6
60	20.4	17.9	22.6	160	14	104	160	42	31	2.7	0.2	1.7	0.7	0.5
70	22.0	19.8	25.9	185	34	119	185	32	34	2.6	0.5	1.7	0.5	0.5
80	23.4	21.4	28.9	206	63	120	206	23	37	2.6	0.8	1.5	0.3	0.5
90	24.4	22.7	31.7	224	81	125	224	19	39	2.5	0.9	1.4	0.2	0.4
100	25.3	23.8	34.1	239	114	113	239	13	41	2.4	1.1	1.1	0.1	0.4
110	26.0	24.7	36.4	252	131	111	252	10	43	2.3	1.2	1.0	0.1	0.4
120	26.6	25.5	38.3	263	146	111	263	6	44	2.2	1.2	0.9	0.1	0.4
130	27.2	26.1	40.1	271	168	98	271	5	45	2.1	1.3	0.8	-	0.3
140	27.6	26.7	41.7	279	180	94	279	5	45	2.0	1.3	0.7	-	0.3
150	27.9	27.1	43.1	285	189	91	285	4	46	1.9	1.3	0.6	-	0.3

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число (0,001)	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Число деревьев, шт./га	Отпад			Общая производительность			
	верхняя	средняя						среднее	текущее		запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий	прирост, куб. м/га
H100=23,3 м, полнота=0,5																	
20	9.2	6.4	7.7	578	2083	9.8	40	2.0	3.2	904	0	0	39	2.0	3.65	0.59	
30	12.9	9.8	11.8	524	1179	12.9	71	2.4	3.2	904	17	17	88	2.9	4.93	0.72	
40	15.8	12.8	15.9	495	764	15.2	103	2.6	3.2	415	19	36	139	3.5	5.23	0.71	
50	18.1	15.3	19.9	478	543	16.9	133	2.7	3.0	221	21	57	190	3.8	5.09	0.66	
60	20.1	17.5	23.7	467	413	18.2	159	2.7	2.7	130	21	78	238	4.0	4.75	0.58	
70	21.6	19.4	27.2	460	330	19.1	183	2.6	2.3	83	21	99	281	4.0	4.33	0.51	
80	23.0	21.0	30.3	454	275	19.9	202	2.5	2.0	56	20	119	321	4.0	3.89	0.44	
90	24.0	22.3	33.2	450	236	20.4	219	2.4	1.7	39	19	137	356	4.0	3.47	0.38	
100	24.8	23.3	35.8	447	207	20.9	234	2.3	1.4	29	17	155	388	3.9	3.07	0.32	
110	25.6	24.3	38.1	444	186	21.2	246	2.2	1.2	21	16	170	415	3.8	2.70	0.27	
120	26.1	25.0	40.2	442	169	21.5	255	2.1	1.0	16	15	185	440	3.7	2.37	0.23	
130	26.7	25.7	42.1	441	156	21.7	264	2.0	0.8	13	13	198	461	3.6	2.07	0.20	
140	27.1	26.2	43.7	439	146	21.9	270	1.9	0.7	10	12	210	480	3.4	1.80	0.17	
150	27.4	26.6	45.2	438	137	22.0	276	1.8	0.6	8	11	221	496	3.3	1.56	0.14	
H100=22,8 м, полнота=0,4																	
20	9.0	6.3	8.2	570	1503	8.0	32	1.6	2.5	656	0	0	31	1.6	2.92	0.64	
30	12.6	9.6	12.5	518	847	10.4	57	1.9	2.6	299	14	14	70	2.4	3.96	0.79	
40	15.4	12.5	16.9	491	548	12.3	82	2.1	2.4	159	16	30	112	2.8	4.22	0.78	
50	17.7	15.0	21.1	475	389	13.6	106	2.1	2.1	94	17	47	153	3.1	4.11	0.72	
60	19.6	17.2	25.1	465	295	14.6	127	2.1	1.9	59	17	81	192	3.2	3.84	0.63	
70	21.2	19.0	28.8	457	236	15.4	147	2.1	1.6	40	16	97	227	3.2	3.51	0.55	
80	22.4	20.5	32.2	452	196	15.9	163	2.0	1.3	28	15	113	259	3.2	3.16	0.48	
90	23.4	21.8	35.2	448	168	16.4	176	2.0	1.1	20	14	127	288	3.2	2.82	0.41	
100	24.3	22.8	38.0	445	148	16.7	186	1.9	1.0	15	13	140	314	3.1	2.50	0.35	
110	25.0	23.7	40.5	443	132	17.0	196	1.8	0.8	12	12	152	336	3.1	2.20	0.30	
120	25.5	24.5	42.7	441	121	17.2	204	1.7	0.7	9	11	163	356	3.0	1.93	0.26	
130	26.1	25.1	44.6	439	111	17.4	211	1.6	0.5	7	10	173	374	2.9	1.69	0.22	
140	26.5	25.6	46.4	438	104	17.5	217	1.5	0.4	6	9	182	389	2.8	1.47	0.18	
150	26.8	26.0	47.9	437	98	17.7	220	1.5	0.4	6	9	182	402	2.7	1.28	0.16	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Запас по категориям древесины, куб. м/га					Средний прирост категорий крупности древесины					
	верхняя	средняя		дельтовая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	дельтовая	крупная	средняя	мелкая	дрова и отходы	
Н100=23.3 м. полнота=0.5														
20	9.2	6.4	7.7	26	-	-	26	14	1.3	-	-	1.3	0.7	
30	12.9	9.8	11.8	55	-	9	45	16	1.8	-	0.3	1.5	0.5	
40	15.8	12.8	15.9	84	-	36	48	19	2.1	-	0.9	1.2	0.5	
50	18.1	15.3	19.9	111	4	66	41	22	2.2	0.1	1.3	0.8	0.4	
60	20.1	17.5	23.7	134	13	89	32	25	2.2	0.2	1.5	0.5	0.4	
70	21.6	19.4	27.2	155	32	100	23	28	2.2	0.5	1.4	0.3	0.4	
80	23.0	21.0	30.3	172	58	97	17	30	2.2	0.7	1.2	0.2	0.4	
90	24.0	22.3	33.2	187	73	103	11	32	2.1	0.8	1.1	0.1	0.4	
100	24.8	23.3	35.8	200	103	88	9	34	2.0	1.0	0.9	0.1	0.3	
110	25.6	24.3	38.1	211	117	89	5	35	1.9	1.1	0.8	-	0.3	
120	26.1	25.0	40.2	219	137	78	4	36	1.8	1.1	0.7	-	0.3	
130	26.7	25.7	42.1	227	148	75	4	37	1.7	1.1	0.6	-	0.3	
140	27.1	26.2	43.7	233	157	72	3	37	1.7	1.1	0.5	-	0.3	
150	27.4	26.6	45.2	238	164	70	3	38	1.6	1.1	0.5	-	0.3	
Н100=22.8 м. полнота=0.4														
20	9.0	6.3	8.2	22	-	-	22	10	1.1	-	-	1.1	0.5	
30	12.6	9.6	12.5	45	-	9	36	12	1.5	-	0.3	1.2	0.4	
40	15.4	12.5	16.9	68	-	33	35	14	1.7	-	0.8	0.9	0.4	
50	17.7	15.0	21.1	89	7	54	28	17	1.8	0.1	1.1	0.6	0.3	
60	19.6	17.2	25.1	108	19	68	22	19	1.8	0.3	1.1	0.4	0.3	
70	21.2	19.0	28.8	125	39	71	15	22	1.8	0.6	1.0	0.2	0.3	
80	22.4	20.5	32.2	139	52	75	12	24	1.7	0.7	0.9	0.2	0.3	
90	23.4	21.8	35.2	151	76	67	7	25	1.7	0.8	0.7	0.1	0.3	
100	24.3	22.8	38.0	160	89	67	4	26	1.6	0.9	0.7	-	0.3	
110	25.0	23.7	40.5	169	107	59	3	27	1.5	1.0	0.5	-	0.2	
120	25.5	24.5	42.7	176	117	56	3	28	1.5	1.0	0.5	-	0.2	
130	26.1	25.1	44.6	182	125	54	2	29	1.4	1.0	0.4	-	0.2	
140	26.5	25.6	46.4	187	132	54	1	30	1.3	0.9	0.4	-	0.2	
150	26.8	26.0	47.9	190	137	52	1	30	1.3	0.9	0.3	-	0.2	

Таблица 2.3. Ход роста, строение, общая и товарная продуктивность сосновых древостоев разной полноты при $H_{100}=37$ м (фрагмент)

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число 0,001	Число деревьев, шт/га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Средний объем ствола, куб. м	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Отпад				Общая производительность		
	верхняя	средняя							среднее	текущее	число деревьев, шт/га	средний объем ствола, куб. м	запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний
20	15.6	11.9	10.6	532	3377	29.7	0.0555	187	9.4	0.0136	34	0.0136	187	9.37	17.54	0.00	0.00
30	21.1	17.3	16.0	491	1901	38.2	0.1706	324	10.8	0.0462	68	1476	68	393	13.09	20.54	0.00
40	25.3	22.0	21.4	469	1226	43.9	0.3693	453	11.3	0.1098	74	675	142	595	14.88	19.96	0.00
50	28.7	25.9	26.5	456	871	47.9	0.6480	564	11.3	0.2091	74	355	217	781	15.62	18.26	0.00
60	31.4	29.0	31.2	447	664	50.7	0.9919	659	11.0	0.3431	71	207	288	946	15.77	16.31	0.00
70	33.6	31.7	35.5	442	533	52.7	1.3817	737	10.5	0.5068	66	131	354	1091	15.58	14.40	0.00
80	35.3	33.8	39.4	437	446	54.2	1.7985	802	10.0	0.6930	61	87	414	1216	15.20	12.63	0.00
90	36.7	35.6	42.8	434	385	55.3	2.2258	856	9.5	0.8941	55	61	469	1325	14.72	11.04	0.00
100	37.9	37.1	45.9	432	340	56.2	2.6511	900	9.00	1.1033	50	45	519	1419	14.19	9.61	0.00
110	38.8	38.3	48.7	430	306	56.9	3.0649	937	8.5	1.3146	44	34	563	1500	13.64	8.36	0.00
120	39.6	39.3	51.2	428	280	57.5	3.4610	968	8.06	1.5234	40	26	603	1571	13.09	7.25	0.00
130	40.3	40.2	53.4	427	259	57.9	3.8356	993	7.6	1.7263	36	21	639	1632	12.55	6.29	0.00
140	40.9	40.9	55.4	426	242	58.2	4.1867	1014	7.24	1.9210	32	17	671	1685	12.03	5.44	0.00
150	41.4	41.4	57.1	425	228	58.5	4.5136	1031	6.9	2.1060	29	14	700	1731	11.54		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщину деревьев, см									
	верхняя	средняя		Число деревьев по классам толщину деревьев, шт./га									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=1,0									
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8
				156.0	587.0	773.0	723.0	544.0	339.0	178.0	61.0	10.0	5.0
				6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4
30	21.1	17.3	16.0	62.0	255.0	400.0	408.0	341.0	245.0	132.0	47.0	8.0	4.0
				8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4
40	25.3	22.0	21.4	28.0	133.0	236.0	260.0	235.0	185.0	102.0	38.0	6.0	3.0
				11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6
50	28.7	25.9	26.5	14.0	78.0	154.0	182.0	175.0	147.0	82.0	31.0	5.0	3.0
				14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0
60	31.4	29.0	31.2	7.0	50.0	108.0	136.0	138.0	122.0	69.0	27.0	4.0	2.0
				16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6
70	33.6	31.7	35.5	4.0	34.0	80.0	108.0	114.0	104.0	60.0	24.0	4.0	2.0
				18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6
80	35.3	33.8	39.4	2.0	24.0	62.0	89.0	97.0	92.0	54.0	21.0	4.0	2.0
				20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0
90	36.7	35.6	42.8	2.0	18.0	50.0	75.0	84.0	82.0	49.0	20.0	3.0	2.0
				22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8
100	37.9	37.1	45.9	1.0	14.0	41.0	65.0	74.0	75.0	45.0	18.0	3.0	1.0
				24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2
110	38.8	38.3	48.7	1.0	12.0	35.0	58.0	66.0	70.0	42.0	17.0	3.0	1.0
				25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1
120	39.6	39.3	51.2	1.0	10.0	31.0	52.0	60.0	65.0	40.0	16.0	3.0	1.0
				27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8
130	40.3	40.2	53.4	1.0	9.0	28.0	47.0	55.0	62.0	38.0	16.0	3.0	1.0
				28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1
140	40.9	40.9	55.4	1.0	8.0	25.0	43.0	50.0	59.0	37.0	15.0	3.0	1.0
				29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2
150	41.4	41.4	57.1	1.0	8.0	23.0	40.0	46.0	56.0	35.0	15.0	3.0	1.0

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, кв. м/га
	верхняя	средняя		Сумма площадей сечения, кв. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				H100=37 м, полнота=1,0										
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	29.7
30	21.1	17.3	16.0	0.19	1.65	3.97	5.89	6.45	5.51	3.79	1.65	0.34	0.21	38.2
40	25.3	22.0	21.4	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	43.9
50	28.7	25.9	26.5	0.19	1.66	4.44	6.91	8.18	7.9	5.49	2.49	0.51	0.3	47.9
60	31.4	29.0	31.2	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	50.7
70	33.6	31.7	35.5	0.18	1.58	4.56	7.42	9.32	9.73	6.83	3.16	0.64	0.38	52.7
80	35.3	33.8	39.4	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	54.2
90	36.7	35.6	42.8	0.15	1.45	4.5	7.69	10.11	11.11	7.89	3.7	0.75	0.43	55.3
100	37.9	37.1	45.9	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	56.2
110	38.8	38.3	48.7	0.11	1.32	4.36	7.83	10.68	12.18	8.74	4.14	0.83	0.48	56.9
120	39.6	39.3	51.2	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	57.5
130	40.3	40.2	53.4	0.08	1.18	4.17	7.88	11.07	13.03	9.44	4.5	0.91	0.52	55.3
140	40.9	40.9	55.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	54.2
150	41.4	41.4	57.1	0.06	1.06	3.98	7.88	11.32	13.71	10.02	4.81	0.97	0.55	56.2
				20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	55.3
				0.05	0.96	3.8	7.84	11.45	14.27	10.51	5.08	1.02	0.57	56.2
				22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	56.2
				0.04	0.89	3.65	7.78	11.48	14.73	10.93	5.31	1.06	0.6	56.9
				24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	57.5
				0.04	0.83	3.52	7.7	11.43	15.1	11.29	5.5	1.1	0.61	56.9
				25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	57.5
				0.04	0.8	3.41	7.61	11.32	15.42	11.6	5.68	1.13	0.63	57.5
				27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	57.9
				0.04	0.78	3.34	7.52	11.17	15.68	11.87	5.83	1.16	0.65	57.9
				28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	58.2
				0.04	0.77	3.28	7.43	10.97	15.91	12.11	5.96	1.19	0.66	58.2
				29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	58.2
				0.05	0.78	3.24	7.34	10.75	16.1	12.31	6.07	1.21	0.66	58.2

Возраст, лет	Высота, м			Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см															
	верхняя	средняя	нижняя		Высота при толщине деревьев, м															
					первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый						
					H100=37 м, полнота=1,0															
20	15.6	11.9	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	20	15.6	17.0	18.9	20.7	22.8		
30	21.1	17.3	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	30	21.1	22.2	23.2	24.0	24.0	31.4	
40	25.3	22.0	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	40	25.3	26.3	27.2	27.9	27.9	39.4	
50	28.7	25.9	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	50	34.9	38.8	42.7	46.6	46.6	46.6	
60	31.4	29.0	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	60	40.0	44.4	48.7	53.0	53.0	53.0	
70	33.6	31.7	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	70	44.6	49.3	54.0	58.6	58.6	58.6	
80	35.3	33.8	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	80	48.6	53.6	58.6	63.6	63.6	63.6	
90	36.7	35.6	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	90	52.2	57.5	62.7	68.0	68.0	68.0	
100	37.9	37.1	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	100	55.4	60.9	66.3	71.8	71.8	71.8	
110	38.8	38.3	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	110	60.9	63.9	69.5	75.2	75.2	75.2	
120	39.6	39.3	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	120	66.5	66.5	72.3	78.1	78.1	78.1	
130	40.3	40.2	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	130	72.3	74.8	80.8	80.8	80.8	80.8	
140	40.9	40.9	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	140	77.0	77.0	83.1	83.1	83.1	83.1	
150	41.4	41.4	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	150	83.1	85.2	91.3	97.4	103.5	109.6	
			35.1	37.5	39.1	40.3	41.2	41.7	42.0	42.2										

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Объем ствола при толщине деревьев, куб. м																			
				первая	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
				H100=37 м, полнота=1,0																			
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	0.0044	0.0131	0.0282	0.0505	0.0807	0.1191	0.1662	0.2220	0.2867	0.3603
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	0.0164	0.0419	0.0822	0.1386	0.2120	0.3027	0.4109	0.5368	0.6801	0.8408
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	0.0425	0.0960	0.1754	0.2819	0.4163	0.5786	0.7688	0.9865	1.2312	1.5024
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	0.0864	0.1783	0.3083	0.4773	0.6856	0.9329	1.2185	1.5415	1.9010	2.2958
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	0.1489	0.2871	0.4757	0.7152	1.0050	1.3444	1.7319	2.1662	2.6458	3.1689
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	0.2282	0.4178	0.6695	0.9831	1.3575	1.7910	2.2817	2.8276	3.4265	4.0763
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	0.3210	0.5645	0.8808	1.2690	1.7273	2.2533	2.8446	3.4984	4.2121	4.9831
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	0.4234	0.7211	1.1013	1.5623	2.1015	2.7161	3.4028	4.1585	4.9801	5.8643
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	0.5318	0.8825	1.3242	1.8545	2.4702	3.1678	3.9435	4.7938	5.7150	6.7035
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.6429	1.0442	1.5441	2.1394	2.8263	3.6007	4.4584	5.3954	6.4076	7.4910
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	0.7539	1.2031	1.7573	2.4127	3.1651	4.0100	4.9425	5.9583	7.0530	8.2222
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	0.8628	1.3566	1.9610	2.6718	3.4841	4.3930	5.3934	6.4804	7.6494	8.8958
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	0.9683	1.5033	2.1539	2.9152	3.7820	4.7488	5.8105	6.9616	8.1973	9.5128
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	1.0693	1.6423	2.3351	3.1423	4.0584	5.0777	6.1944	7.4031	8.7403	10.1423

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас по классам Толщины Деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=1,0										
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	199
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	336
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	462
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	571
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	664
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	742
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	807
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	860
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	905
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	941
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	970
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	994
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	1013
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	
				0.7	12.7	54.8	127.0	188.5	284.7	218.6	108.0	21.5		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см									
	верхняя	средняя		Объем деловой древесины при толщине деревьев, куб. м									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=1,0									
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8
				0.0009	0.0055	0.0162	0.0341	0.0598	0.0934	0.1349	0.1842	0.2413	0.3061
				6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4
30	21.1	17.3	16.0	0.0075	0.0269	0.0612	0.1110	0.1765	0.2573	0.3532	0.4640	0.5892	0.7285
				8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4
40	25.3	22.0	21.4	0.0273	0.0734	0.1443	0.2400	0.3600	0.5036	0.6702	0.8590	1.0695	1.3008
				11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6
50	28.7	25.9	26.5	0.0649	0.1474	0.2647	0.4160	0.6003	0.8164	1.0632	1.3396	1.6443	1.9763
				14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0
60	31.4	29.0	31.2	0.1210	0.2464	0.4161	0.6285	0.8821	1.1753	1.5062	1.8733	2.2748	2.7088
				16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6
70	33.6	31.7	35.5	0.1933	0.3652	0.5900	0.8656	1.1899	1.5605	1.9752	2.4316	2.9273	3.4600
				18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6
80	35.3	33.8	39.4	0.2782	0.4978	0.7781	1.1163	1.5096	1.9553	2.4503	2.9917	3.5765	4.2015
				20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0
90	36.7	35.6	42.8	0.3718	0.6385	0.9727	1.3711	1.8303	2.3468	2.9171	3.5375	4.2043	4.9140
				22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8
100	37.9	37.1	45.9	0.4702	0.7824	1.1680	1.6231	2.1438	2.7259	3.3654	4.0580	4.7995	5.5855
				24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2
110	38.8	38.3	48.7	0.5705	0.9256	1.3593	1.8671	2.4444	3.0867	3.7891	4.5470	5.3555	6.2099
				25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1
120	39.6	39.3	51.2	0.6702	1.0654	1.5436	2.0997	2.7288	3.4255	4.1848	5.0012	5.8696	6.7846
				27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8
130	40.3	40.2	53.4	0.7676	1.1999	1.7188	2.3190	2.9949	3.7408	4.5510	5.4197	6.3412	7.3099
				28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1
140	40.9	40.9	55.4	0.8614	1.3277	1.8838	2.5240	3.2421	4.0321	4.8878	5.8031	6.7717	7.7877
				29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2
150	41.4	41.4	57.1	0.9508	1.4482	2.0382	2.7144	3.4706	4.3001	5.1964	6.1529	7.1717	8.2415

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас дековой древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				H100=37 м, полнота=1,0										
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	144
30	21.1	17.3	16.0	0.5	6.9	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	276
40	25.3	22.0	21.4	0.8	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	396
50	28.7	25.9	26.5	0.9	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	497
60	31.4	29.0	31.2	0.9	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	580
70	33.6	31.7	35.5	0.8	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	647
80	35.3	33.8	39.4	0.7	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	701
90	36.7	35.6	42.8	0.6	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	745
100	37.9	37.1	45.9	0.5	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	780
110	38.8	38.3	48.7	0.5	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	808
120	39.6	39.3	51.2	0.5	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	830
130	40.3	40.2	53.4	0.5	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	848
140	40.9	40.9	55.4	0.6	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	862
150	41.4	41.4	57.1	0.7	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	852
														89.7
														17.7

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см									
	верхняя	средняя		Выход крупной древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=1,0									
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по серединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га	
	верхняя	средняя		Запас крупной древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га											
				первый	второй	третий	четыре	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый		
				Н100=37 м, полнота=1,0											
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8		
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	5	
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	58	
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	184	
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	337	
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	475	
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	585	
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	668	
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	729	
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	774	
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	808	
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	833	
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	851	
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2		
				0.2	8.5	44.4	107.5	161.0	242.2	184.2	89.9	17.8			

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см																	
	верхняя	средняя		Выход средней древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м																	
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый								
				H100=37 м, полнота=1,0																	
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8								
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	0.0509	0.1073	0.1897	0.2787				
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	0.0829	0.1931	0.3245	0.4108	0.4185	0.3637		
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	0.3234	0.4453	0.4449	0.3571	0.2480	0.1566		
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	0.4895	0.4321	0.3016	0.1821	0.1005	0.0523		
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	0.4441	0.2898	0.1607	0.0809	0.0382	0.0173		
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	0.3205	0.1710	0.0812	0.0359	0.0150	0.0060		
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	0.2122	0.0983	0.0417	0.0166	0.0063	0.0022		
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	0.1378	0.0575	0.0222	0.0081	0.0028	0.0009		
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.0905	0.0348	0.0124	0.0042	0.0013	0.0004		
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	0.1551	0.0608	0.0073	0.0023	0.0006	0.0002		
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	0.1143	0.0420	0.0045	0.0013	0.0003	0.0001		
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	0.0859	0.0299	0.0028	0.0008	0.0002	-		
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	0.0658	0.0219	0.0019	0.0005	0.0001	-		
				0.6020	0.3509	0.1459	0.0514	0.0164	0.0048	0.0013	0.0003	0.0002	0.0001	0.0003	0.0004	0.0009	0.0009	0.0004	0.0004	0.0004	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас средней древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=1,0										
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	19
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	143
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	259
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	277
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	221
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	165
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	112
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	75
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	50
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	34
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	24
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	17
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	13
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	
				0.4	2.7	3.4	2.1	0.8	0.3	-	-	-	-	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Выход мелкой древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м																			
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
				H100=37 м, полнота=1,0																			
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	0.0009	0.0055	0.0162	0.0341	0.0598	0.0934	0.0840	0.0769	0.0515	0.0246
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	0.0075	0.0269	0.0612	0.1110	0.0936	0.0642	0.0246	0.0114	0.0121	0.0089
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	0.0273	0.0734	0.1443	0.0880	0.0343	0.0128	0.0134	0.0075	0.0020	0.0089
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	0.0649	0.1474	0.0909	0.0277	0.0146	0.0123	0.0038	0.0019	0.0046	0.0059
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	0.1210	0.2464	0.0363	0.0161	0.0128	0.0033	0.0028	0.0056	-	-
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	0.1933	0.0664	0.0174	0.0161	0.0046	0.0028	0.0056	-	-	-
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	0.2782	0.0287	0.0197	0.0086	0.0025	0.0051	0.0038	-	-	-
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	0.3716	0.0200	0.0167	0.0037	0.0040	0.0048	-	-	-	-
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	0.0462	0.0222	0.0104	0.0028	0.0051	-	-	-	-	-
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.0276	0.0219	0.0056	0.0037	0.0042	-	-	-	-	-
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	0.0232	0.0180	0.0035	0.0045	-	-	-	-	-	-
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	0.0244	0.0132	0.0030	0.0046	-	-	-	-	-	-
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	0.0258	0.0091	0.0034	0.0037	-	-	-	-	-	-
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	0.0253	0.0062	0.0039	-	-	-	-	-	-	-

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см									
	верхняя	средняя		Выход дров и отходов из объема ствола при толщине деревьев, куб. м									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=1,0									
20.0	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8
				0.0035	0.0076	0.0120	0.0163	0.0208	0.0257	0.0313	0.0378	0.0454	0.0543
				6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4
30.0	21.1	17.3	16.0	0.0089	0.0150	0.0210	0.0276	0.0355	0.0453	0.0577	0.0728	0.0909	0.1123
				8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4
40.0	25.3	22.0	21.4	0.0153	0.0226	0.0310	0.0419	0.0563	0.0750	0.0987	0.1275	0.1617	0.2016
				11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6
50.0	28.7	25.9	26.5	0.0215	0.0309	0.0436	0.0613	0.0854	0.1165	0.1553	0.2019	0.2566	0.3196
				14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0
60.0	31.4	29.0	31.2	0.0279	0.0407	0.0597	0.0866	0.1229	0.1691	0.2257	0.2929	0.3756	0.4592
				16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6
70.0	33.6	31.7	35.5	0.0349	0.0526	0.0795	0.1175	0.1676	0.2305	0.3065	0.3996	0.4956	0.6054
				18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6
80.0	35.3	33.8	39.4	0.0427	0.0667	0.1028	0.1528	0.2177	0.2981	0.3943	0.5027	0.6230	0.7670
				20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0
90.0	36.7	35.6	42.8	0.0517	0.0827	0.1286	0.1912	0.2712	0.3692	0.4835	0.6086	0.7588	0.9392
				22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8
100.0	37.9	37.1	45.9	0.0616	0.1001	0.1562	0.2314	0.3264	0.4430	0.5684	0.7177	0.8997	1.1105
				24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2
110.0	38.8	38.3	48.7	0.0723	0.1186	0.1848	0.2723	0.3818	0.5096	0.6530	0.8285	1.0398	1.2688
				25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1
120.0	39.6	39.3	51.2	0.0836	0.1376	0.2137	0.3130	0.4380	0.5740	0.7370	0.9383	1.1726	1.4039
				27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8
130.0	40.3	40.2	53.4	0.0952	0.1567	0.2422	0.3528	0.4870	0.6363	0.8196	1.0443	1.2932	1.5092
				28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1
140.0	40.9	40.9	55.4	0.1069	0.1757	0.2701	0.3912	0.5333	0.6964	0.8995	1.1439	1.3979	1.5815
				29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2
150.0	41.4	41.4	57.1	0.1185	0.1941	0.2969	0.4299	0.5770	0.7542	0.9759	1.2354	1.5105	1.7955

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас дров и отходов по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=1,0										
20	15.6	11.9	10.6	3.9	6.0	8.1	10.2	12.3	14.4	16.5	18.6	20.7	22.8	55
30	21.1	17.3	16.0	6.3	9.1	11.9	14.7	17.5	20.3	23.1	25.9	28.7	31.4	59
40	25.3	22.0	21.4	8.9	12.3	15.7	19.1	22.5	25.9	29.3	32.6	36.0	39.4	65
50	28.7	25.9	26.5	11.5	15.4	19.3	23.2	27.1	31.0	34.9	38.8	42.7	46.6	74
60	31.4	29.0	31.2	14.0	18.4	22.7	27.0	31.4	35.7	40.0	44.4	48.7	53.0	84
70	33.6	31.7	35.5	16.4	21.1	25.8	30.5	35.2	39.9	44.6	49.3	54.0	58.6	95
80	35.3	33.8	39.4	18.7	23.7	28.6	33.6	38.6	43.6	48.6	53.6	58.6	63.6	106
90	36.7	35.6	42.8	20.7	26.0	31.2	36.5	41.7	47.0	52.2	57.5	62.7	68.0	115
100	37.9	37.1	45.9	22.6	28.0	33.5	39.0	44.4	49.9	55.4	60.9	66.3	71.8	124
110	38.8	38.3	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	131
120	39.6	39.3	51.2	25.8	31.6	37.4	43.2	49.1	54.9	60.7	66.5	72.3	78.1	138
130	40.3	40.2	53.4	27.2	33.1	39.1	45.0	51.0	57.0	62.9	68.9	74.8	80.8	144
140	40.9	40.9	55.4	28.4	34.5	40.6	46.7	52.7	58.8	64.9	71.0	77.0	83.1	149
150	41.4	41.4	57.1	29.6	35.7	41.9	48.1	54.3	60.5	66.7	72.8	79.0	85.2	
				0.1	1.5	7.0	17.4	26.8	42.3	34.5	18.0	3.7		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Средний объём ствола, куб. м	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Отпад				Общая производительность		
	верхняя	средняя							среднее	текущее	число деревьев, шт./га	средний объём ствола, куб. м	запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	текущий
20	15.6	11.9	11.2	527	2429	24.0	0.0617	150	7.5	0.0152	0.0152	150	7.49	14.04	0.70		
30	21.1	17.3	17.0	487	1363	30.8	0.1904	260	8.7	11.0	1066	56	56	10.51	16.51	0.74	
40	25.3	22.0	22.7	466	878	35.3	0.4128	362	9.1	10.3	486	61	116	11.96	16.09	0.68	
50	28.7	25.9	28.1	454	623	38.5	0.7251	451	9.0	8.9	255	61	177	12.57	14.76	0.58	
60	31.4	29.0	33.1	446	474	40.7	1.1109	527	8.8	7.5	148	58	235	12.70	13.20	0.50	
70	33.6	31.7	37.6	440	381	42.3	1.5484	590	8.4	6.3	93	54	289	12.55	11.67	0.42	
80	35.3	33.8	41.7	436	318	43.5	2.0162	642	8.0	5.2	63	50	339	12.26	10.25	0.35	
90	36.7	35.6	45.4	433	274	44.4	2.4961	685	7.6	4.3	44	45	384	11.87	8.97	0.30	
100	37.9	37.1	48.7	431	242	45.1	2.9736	720	7.2	3.6	32	41	425	11.45	7.82	0.25	
110	38.8	38.3	51.6	429	218	45.6	3.4383	750	6.8	2.9	24	37	461	11.01	6.81	0.22	
120	39.6	39.3	54.3	427	199	46.1	3.8832	774	6.5	2.4	19	33	494	10.57	5.91	0.18	
130	40.3	40.2	56.6	426	185	46.4	4.3040	794	6.1	2.0	15	29	523	10.14	5.13	0.16	
140	40.9	40.9	58.7	425	173	46.7	4.6984	811	5.8	1.7	12	26	550	9.72	4.44	0.13	
150	41.4	41.4	60.6	424	163	46.9	5.0656	826	5.5	1.4	10	24	574	9.30	3.90	0.10	

Н100=37 м, полнота=0,8 ед.

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщину деревьев, см									
	верхняя	средняя		Число деревьев по классам толщину деревьев, шт./га									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				Н100=37 м, полнота=0,8 ед.									
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8
				107.0	408.0	551.0	521.0	398.0	253.0	133.0	46.0	8.0	4.0
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9
				42.0	176.0	282.0	292.0	248.0	182.0	98.0	36.0	6.0	3.0
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3
				19.0	91.0	165.0	185.0	170.0	137.0	75.0	28.0	5.0	2.0
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8
				9.0	52.0	107.0	129.0	127.0	108.0	61.0	23.0	4.0	2.0
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5
				4.0	33.0	74.0	97.0	100.0	90.0	51.0	20.0	3.0	2.0
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4
				2.0	22.0	55.0	76.0	82.0	77.0	45.0	18.0	3.0	1.0
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6
				1.0	16.0	42.0	63.0	69.0	67.0	40.0	16.0	3.0	1.0
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2
				1.0	12.0	34.0	53.0	60.0	60.0	36.0	15.0	2.0	1.0
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2
				1.0	9.0	28.0	46.0	52.0	55.0	34.0	14.0	2.0	1.0
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7
				1.0	8.0	24.0	40.0	47.0	51.0	31.0	13.0	2.0	1.0
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8
				1.0	7.0	21.0	36.0	42.0	48.0	30.0	12.0	2.0	1.0
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6
				1.0	6.0	19.0	33.0	38.0	45.0	28.0	12.0	2.0	1.0
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0
				1.0	6.0	18.0	30.0	34.0	43.0	27.0	11.0	2.0	1.0
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2
				1.0	6.0	16.0	28.0	31.0	41.0	26.0	11.0	2.0	1.0

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, кв. м/га
	верхняя	средняя		Сумма площадей сечения, кв. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				H100=37 м, полнота=0,8 ед.										
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	24.0
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	30.8
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	35.3
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	38.5
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	40.7
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	42.3
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	43.5
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	44.4
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	45.1
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	45.6
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	46.1
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	46.4
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	46.7
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	46.7
				0.06	0.65	2.54	5.68	8.09	13.07	10.1	5.01	1		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толшины деревьев, см														
	верхняя	средняя		Высота при толщине деревьев, м														
				первая	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый					
20.0	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8					
30.0	21.1	17.3	17.0	5.	7.6	9.	11.5	13.1	14.4	15.6	16.	17.6	18.					
40.0	25.3	22.0	22.7	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9					
50.0	28.7	25.9	28.1	8.	11.9	14.4	16.4	18.2	19.6	20.8	21.	22.8	23.					
60.0	31.4	29.0	33.1	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3					
70.0	33.6	31.7	37.6	12.8	16.0	18.6	20.7	22.4	23.8	25.0	26.	26.7	27.					
80.0	35.3	33.8	41.7	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8					
90.0	36.7	35.6	45.4	16.5	19.8	22.4	24.4	26.0	27.3	28.4	29.	29.9	30.					
100.0	37.9	37.1	48.7	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5					
110.0	38.8	38.3	51.6	19.8	23.1	25.6	27.5	29.0	30.2	31.1	31.	32.4	32.					
120.0	39.6	39.3	54.3	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4					
130.0	40.3	40.2	56.6	22.8	26.0	28.3	30.2	31.5	32.6	33.4	34.	34.4	34.					
140.0	40.9	40.9	58.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6					
150.0	41.4	41.4	60.6	25.4	28.4	30.7	32.4	33.6	34.6	35.3	35.	36.1	36.					
				22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2					
				27.7	30.5	32.7	34.2	35.4	36.2	36.8	37.	37.5	37.					
				24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2					
				29.6	32.3	34.3	35.8	36.8	37.6	38.1	38.	38.6	38.					
				26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7					
				31.3	33.8	35.7	37.1	38.0	38.7	39.2	39.	39.6	39.					
				27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8					
				32.7	35.1	36.9	38.2	39.0	39.6	40.0	40.	40.3	40.					
				29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6					
				33.9	36.2	37.9	39.1	39.9	40.4	40.8	40.	40.9	40.					
				30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0					
				34.9	37.2	38.7	39.9	40.6	41.1	41.4	41.	41.5	41.					
				31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2					
				35.8	37.9	39.5	40.5	41.2	41.6	41.8	41.	41.	41.					

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по серединам классов толщины деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Объем ствола при толщине деревьев, куб. м																			
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
				H100=37 м, полнота=0,8 ед.																			
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	0.005	0.0147	0.0311	0.0552	0.0876	0.1287	0.1788	0.2382	0.3068	0.3847
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	0.019	0.0472	0.0913	0.1525	0.2316	0.3289	0.4447	0.5788	0.7311	0.9015
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	0.0495	0.1089	0.196	0.3118	0.457	0.6315	0.8351	1.0675	1.328	1.616
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	0.1009	0.2031	0.3458	0.5298	0.7551	1.0212	1.3273	1.6724	2.0553	2.4749
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	0.1742	0.328	0.5351	0.7959	1.1096	1.4749	1.8905	2.3547	2.8658	3.4219
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	0.2673	0.4782	0.7547	1.0963	1.5015	1.9683	2.4947	3.0783	3.7167	4.4077
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	0.3762	0.6469	0.9944	1.4173	1.9133	2.4799	3.1142	3.8132	4.574	5.3938
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	0.4966	0.8273	1.2449	1.7469	2.3306	2.9925	3.7291	4.537	5.4128	6.353
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.6238	1.0132	1.4982	2.0757	2.742	3.4933	4.3254	5.2343	6.2162	7.2672
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	0.7542	1.1997	1.7484	2.3965	3.1397	3.9736	4.8936	5.8951	6.9739	8.1257
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	0.8846	1.3828	1.9909	2.7044	3.5185	4.428	5.4281	6.5137	7.6802	8.9231
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	1.0125	1.56	2.223	2.9965	3.8752	4.8536	5.9262	7.0878	8.3334	9.6581
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	1.1363	1.7293	2.4426	3.271	4.2084	5.2491	6.3871	7.6171	8.9336	10.3316
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	1.2549	1.8896	2.6491	3.5272	4.5178	5.6147	6.8117	8.103		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толшины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас по классам толшины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
H100=37 м, полная=0,8 ед.														
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	159
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	268
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	368
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	456
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	531
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	593
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	645
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	688
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	723
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	751
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	774
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	793
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	808
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	
				0.9	10.7	43.2	98.3	141.7	230.4	178.3	88.4	17.6		

107

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщину деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Объем деловой древесины при толщине деревьев, куб. м																			
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
				H100=37 м, полнота=0,8 ед.																			
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	0.0012	0.0065	0.0185	0.0381	0.0658	0.1016	0.1457	0.1979	0.2581	0.3263
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	0.0093	0.0314	0.0692	0.1233	0.1936	0.28	0.382	0.4994	0.6318	0.7789
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	0.0331	0.0848	0.1626	0.2663	0.3953	0.5489	0.7263	0.9269	1.1499	1.3945
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	0.0777	0.1696	0.298	0.4619	0.6601	0.8914	1.1547	1.4486	1.7718	2.123
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	0.1438	0.283	0.4684	0.6985	0.9714	1.2855	1.6387	2.0292	2.4551	2.9143
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	0.2287	0.419	0.6645	0.963	1.312	1.7091	2.1518	2.6373	3.1632	3.7267
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	0.3281	0.5708	0.8767	1.2429	1.6664	2.1439	2.6722	3.2481	3.8681	4.5289
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	0.4374	0.7318	1.0965	1.5279	2.0221	2.5754	3.1839	3.8435	4.5502	5.3
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.5524	0.8966	1.3172	1.8098	2.3701	2.9936	3.6757	4.4116	5.1969	6.0269
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	0.6694	1.0607	1.5335	2.083	2.7041	3.3917	4.1405	4.9455	5.8012	6.7026
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	0.7857	1.2209	1.742	2.3436	3.0201	3.7657	4.5747	5.4414	6.3599	7.3246
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	0.8991	1.3749	1.9403	2.5893	3.3159	4.1138	4.9767	5.8984	6.8725	7.8931
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	1.0084	1.5213	2.127	2.8191	3.5908	4.4356	5.3465	6.317	7.3404	8.4101
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	1.1126	1.6594	2.3017	3.0326	3.8449	4.7315	5.6853	6.6991	7.828	8.92

Возраст, лет	Высота, м			Средний диаметр, см	Диаметр по серединам классов толщины деревьев, см									
	верхняя	средняя	нижняя		Выход крупной древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м									
					первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
					H100=37 м, полнота=0,8 ед.									
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	
				0.5727	1.4024	2.2028	3.0046	3.8535	4.7532	5.7008	6.7232	7.7566	8.8081	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас крупной древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
H100=37 м, полнота=0,8 ед.														
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	7
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	62
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	176
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	302
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	409
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	491
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	551
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	595
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	626
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	650
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	667
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	680
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	
				0.4	7.9	36.0	83.8	120.9	195.0	149.3	73.3	14.6		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по серединам классов толщины деревьев, см													
	верхняя	средняя		Выход средней древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м													
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый				
Н100=37 м, полнота=0,8 ед.																	
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	0.0657	0.1333	0.2213	0.3031
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	0.1088	0.2333	0.3548	0.3832
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	0.3667	0.4462	0.402	0.2968
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	0.4725	0.3725	0.2384	0.1345
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	0.3781	0.2243	0.1157	0.0548
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	0.4251	0.1222	0.0544	0.0227
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	0.4995	0.0661	0.0263	0.0098
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	0.5031	0.0367	0.0133	0.0045
100	37.9	37.1	48.7	0.3863	0.5667	0.4203	0.2181	0.0941	0.0367	0.0133	0.0045	0.0014	0.0004	0.5667	0.0212	0.0071	0.0022
110	38.8	38.3	51.6	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.3307	0.0212	0.0071	0.0022
120	39.6	39.3	54.3	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	0.2545	0.0127	0.0039	0.0011
130	40.3	40.2	56.6	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	0.1954	0.008	0.0023	0.0006
140	40.9	40.9	58.7	0.6042	0.4214	0.1954	0.0744	0.0254	0.008	0.0023	0.0006	0.0001	0.0001	0.6042	0.0052	0.0014	0.0003
150	41.4	41.4	60.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	0.0541	0.0024	0.0009	0.0002
				30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	0.3007	0.0035	0.0009	0.0002
				0.5621	0.3007	0.1186	0.0402	0.0124	0.0035	0.0009	0.0002	0.0001	0.0001	0.5621	0.0024	0.0006	0.0001
				31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	0.5213	0.0258	0.0044	0.0024
				0.5213	0.2538	0.0944	0.0307	0.0091	0.0024	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.5213	0.0024	0.0006	0.0001

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас средней древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				H100=37 м, полнота=0,8 ед.										
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	18
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	122
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	200
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	198
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	152
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	102
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	65
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	41
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	26
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	17
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	12
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	8
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	6
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.7	
				0.4	1.4	1.5	0.9	0.3	0.1	-	-	-	-	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Выход мелкой древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м																			
				первая	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
				H100=37 м, полнота=0,8 ед.																			
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	0.0012	0.0065	0.0185	0.0381	0.0658	0.1016	0.08	0.0646	0.0362	0.0153
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	0.0093	0.0314	0.0692	0.1233	0.0848	0.0463	0.0151	0.011	0.0107	0.0056
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	0.0331	0.0848	0.1626	0.0701	0.0206	0.0125	0.011	0.004	-	-
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	0.0777	0.1696	0.0697	0.0169	0.0146	0.0082	-	-	-	-
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	0.1438	0.0899	0.0212	0.0161	0.0081	-	-	-	-	-
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	0.2287	0.0403	0.0172	0.0112	0.0024	-	-	-	-	-
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	0.328	0.019	0.0171	0.0043	-	-	-	-	-	-
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	0.0489	0.0202	0.0105	-	-	-	-	-	-	-
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.0259	0.0203	0.0051	-	-	-	-	-	-	-
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	0.0216	0.0158	0.003	-	-	-	-	-	-	-
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	0.0236	0.0105	0.0031	-	-	-	-	-	-	-
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	0.0241	0.0065	-	-	-	-	-	-	-	-
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	0.0221	0.0042	-	-	-	-	-	-	-	-
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	0.0186	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
				Запас мелкой древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
	верхняя	средняя		первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
Н100=37 м, полнота=0,8 ед.														
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	98.8
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	92.8
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	54.3
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	22.1
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	8.1
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	3.9
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	2.4
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	1.0
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.7
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	0.4
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	0.4
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	0.2
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	0.1
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	0.1
				-	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по серединам классов толщины деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Выход дров и отходов из объема ствола при толщине деревьев, куб. м																			
				первая	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
				H100=37 м, полнота=0,8 ед.																			
20.0	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	0.0039	0.0081	0.0126	0.0171	0.0218	0.0271	0.0331	0.0403	0.0486	0.0584
30.0	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	0.0097	0.0159	0.0222	0.0293	0.038	0.049	0.0627	0.0794	0.0993	0.1227
40.0	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	0.0164	0.0241	0.0333	0.0455	0.0617	0.0826	0.1088	0.1406	0.1781	0.2214
50.0	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	0.0232	0.0335	0.0478	0.0679	0.095	0.1298	0.1726	0.2238	0.2835	0.3569
60.0	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	0.0304	0.045	0.0667	0.0974	0.1381	0.1895	0.2518	0.3255	0.413	0.5032
70.0	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	0.0386	0.0592	0.0902	0.1333	0.1894	0.2592	0.3429	0.4416	0.5461	0.669
80.0	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	0.0481	0.0762	0.1177	0.1744	0.247	0.336	0.4428	0.5567	0.6919	0.8546
90.0	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	0.0591	0.0955	0.1483	0.2191	0.3084	0.4197	0.5382	0.6783	0.8489	1.0481
100.0	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	0.0715	0.1167	0.181	0.2659	0.3719	0.4964	0.6353	0.8053	1.0098	1.2313
110.0	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	0.0848	0.139	0.2148	0.3135	0.4373	0.5719	0.734	0.934	1.1646	1.387
120.0	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	0.0989	0.162	0.249	0.3609	0.4954	0.6462	0.8327	1.0597	1.3045	1.5023
130.0	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	0.1133	0.1851	0.2827	0.4072	0.551	0.7193	0.9296	1.1779	1.4229	1.57
140.0	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	0.1279	0.2079	0.3156	0.4525	0.6043	0.7904	1.0226	1.2853	1.5158	1.2811
150.0	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.2	0.1423	0.2302	0.3473	0.492	0.6552	0.859	1.1103	1.3797	1.6158	1.82

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас дров и отходов по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
Н100=37 м, полнота=0,8 ед.														
20	15.6	11.9	11.2	4.2	6.4	8.5	10.7	12.9	15.1	17.3	19.5	21.7	23.8	42
30	21.1	17.3	17.0	6.8	9.7	12.6	15.5	18.4	21.3	24.2	27.1	30.0	32.9	46
40	25.3	22.0	22.7	9.5	13.1	16.6	20.1	23.7	27.2	30.7	34.2	37.8	41.3	52
50	28.7	25.9	28.1	12.4	16.4	20.5	24.5	28.6	32.6	36.7	40.7	44.8	48.8	60
60	31.4	29.0	33.1	15.1	19.6	24.1	28.6	33.0	37.5	42.0	46.5	51.0	55.5	68
70	33.6	31.7	37.6	17.7	22.5	27.4	32.2	37.1	42.0	46.8	51.7	56.5	61.4	78
80	35.3	33.8	41.7	20.1	25.2	30.4	35.6	40.7	45.9	51.1	56.3	61.4	66.6	86
90	36.7	35.6	45.4	22.3	27.7	33.1	38.6	44.0	49.4	54.9	60.3	65.7	71.2	94
100	37.9	37.1	48.7	24.3	29.9	35.6	41.2	46.9	52.5	58.2	63.9	69.5	75.2	101
110	38.8	38.3	51.6	26.1	31.9	37.8	43.6	49.5	55.3	61.2	67.0	72.9	78.7	108
120	39.6	39.3	54.3	27.7	33.7	39.8	45.8	51.8	57.8	63.8	69.8	75.8	81.8	113
130	40.3	40.2	56.6	29.2	35.4	41.5	47.7	53.8	60.0	66.1	72.3	78.4	84.6	118
140	40.9	40.9	58.7	30.6	36.8	43.1	49.4	55.7	61.9	68.2	74.5	80.8	87.0	121
150	41.4	41.4	60.6	31.8	38.2	44.6	50.9	57.3	63.7	70.1	76.5	82.8	89.7	
				0.1	1.3	5.7	13.7	20.6	35.3	29.1	15.1	2.9	2.9	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Видовое число 0,001	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечений, кв. м/га	Средний объём ствола, куб. м	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га		Отпад				Общая производительность		
	верхняя	средняя							среднее	текущее	число деревьев, шт./га	средний объём ствола, куб. м	запас, куб. м/га	сумма запасов, куб. м/га	запас, куб. м/га	средний	прирост, куб. м/га
20	15.6	11.9	12.1	519	1588	18.2	0.0708	112	5.6	0.0177	0.0177	112	5.62	10.54	1.23		
30	21.1	17.3	18.3	482	887	23.3	0.2194	195	6.5	8.2	700	43	43	7.91	12.46	1.32	
40	25.3	22.0	24.4	463	570	26.7	0.4767	272	6.8	7.7	318	47	89	9.03	12.19	1.21	
50	28.7	25.9	30.3	451	404	29.0	0.8387	339	6.8	6.7	166	47	136	9.50	11.21	1.04	
60	31.4	29.0	35.7	443	307	30.7	1.2862	395	6.6	5.7	97	45	181	9.61	10.05	0.89	
70	33.6	31.7	40.6	438	247	31.9	1.7939	442	6.3	4.7	61	42	223	9.51	8.91	0.76	
80	35.3	33.8	45.0	434	206	32.7	2.3370	481	6.0	3.9	41	38	262	9.29	7.84	0.64	
90	36.7	35.6	49.0	431	177	33.4	2.8942	514	5.7	3.2	28	35	297	9.00	6.86	0.54	
100	37.9	37.1	52.5	429	157	33.9	3.4488	540	5.4	2.7	21	32	328	8.68	5.99	0.45	
110	38.8	38.3	55.7	428	141	34.3	3.9886	562	5.1	2.2	16	28	356	8.35	5.22	0.39	
120	39.6	39.3	58.5	426	129	34.6	4.5054	581	4.8	1.8	12	25	382	8.02	4.54	0.32	
130	40.3	40.2	61.0	425	119	34.9	4.9942	596	4.6	1.5	10	23	405	7.70	3.94	0.28	
140	40.9	40.9	63.3	424	112	35.1	5.4524	608	4.3	1.3	8	21	425	7.38	3.42	0.23	
150	41.4	41.4	65.3	423	105	35.3	5.8791	619	4.1	1.0	6	18	444	7.08	2.94	0.18	

H100=37 м, полнота=0,6 ед.

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см									
	верхняя	средняя		Число деревьев по классам толщины деревьев, шт./га									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.									
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3
30	21.1	17.3	18.3	66.0	255.0	355.0	341.0	266.0	173.0	92.0	32.0	5.0	3.0
40	25.3	22.0	24.4	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9
50	28.7	25.9	30.3	25.0	108.0	180.0	189.0	164.0	123.0	67.0	24.0	4.0	2.0
60	31.4	29.0	35.7	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8
70	33.6	31.7	40.6	11.0	55.0	104.0	120.0	113.0	92.0	51.0	19.0	3.0	2.0
80	35.3	33.8	45.0	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8
90	36.7	35.6	49.0	5.0	31.0	67.0	83.0	84.0	73.0	41.0	16.0	3.0	1.0
100	37.9	37.1	52.5	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9
110	38.8	38.3	55.7	2.0	19.0	46.0	62.0	66.0	60.0	35.0	14.0	2.0	1.0
120	39.6	39.3	58.5	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2
130	40.3	40.2	61.0	1.0	13.0	33.0	49.0	54.0	51.0	30.0	12.0	2.0	1.0
140	40.9	40.9	63.3	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7
150	41.4	41.4	65.3	1.0	9.0	26.0	40.0	45.0	45.0	27.0	11.0	2.0	1.0
				24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5
				1.0	7.0	20.0	33.0	38.0	41.0	25.0	10.0	2.0	1.0
				26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8
				1.0	6.0	17.0	29.0	33.0	37.0	23.0	9.0	2.0	1.0
				28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5
				1.0	5.0	15.0	25.0	29.0	34.0	21.0	9.0	1.0	1.0
				30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8
				1.0	4.0	13.0	23.0	26.0	32.0	20.0	8.0	1.0	1.0
				32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8
				1.0	4.0	12.0	20.0	23.0	30.0	19.0	8.0	1.0	1.0
				33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4
				1.0	4.0	11.0	19.0	21.0	28.0	18.0	8.0	1.0	1.0
				34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7
				1.0	4.0	11.0	18.0	20.0	27.0	17.0	7.0	1.0	1.0

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, кв. м/га
	верхняя	средняя		Сумма площадей сечения, кв. м/га										
				первая	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.										
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	18.2
				0.11	0.94	2.34	3.52	3.95	3.52	2.43	1.07	0.22	0.13	
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	23.3
				0.11	0.93	2.57	4.08	4.97	4.98	3.48	1.59	0.32	0.19	
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	26.7
				0.09	0.87	2.61	4.37	5.65	6.09	4.31	2.01	0.41	0.24	
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	29
				0.07	0.78	2.54	4.52	6.12	6.94	4.96	2.35	0.47	0.27	
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	30.7
				0.05	0.68	2.42	4.58	6.44	7.59	5.5	2.63	0.53	0.3	
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	31.9
				0.03	0.6	2.29	4.59	6.64	8.12	5.95	2.86	0.57	0.32	
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	32.7
				0.03	0.53	2.16	4.56	6.72	8.54	6.32	3.06	0.61	0.34	
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	33.4
				0.05	0.49	2.05	4.51	6.7	8.88	6.64	3.24	0.65	0.36	
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	33.9
				0.06	0.46	1.98	4.44	6.6	9.16	6.92	3.39	0.68	0.5	
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	34.3
				0.06	0.46	1.93	4.37	6.44	9.39	7.15	3.52	0.7	0.55	
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	34.6
				0.07	0.47	1.9	4.29	6.22	9.58	7.36	3.64	0.73	0.59	
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	34.9
				0.08	0.49	1.89	4.2	5.96	9.74	7.53	3.74	0.75	0.63	
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	35.1
				0.05	0.49	1.9	4.21	5.93	9.74	7.52	3.72	0.74	0.67	
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	35.1
				0.05	0.5	1.92	4.22	5.94	9.71	7.49	3.7	0.74	0.67	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										
	верхняя	средняя		Высота при толщине деревьев, м										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
	Н100=37 м, полнота=0,6 ед.													
20.0	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	
30.0	21.1	17.3	18.3	5.	7.7	9.	11.4	12.9	14.2	15.3	16.	17.2	17.	
40.0	25.3	22.0	24.4	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	
50.0	28.7	25.9	30.3	9.	12.1	14.4	16.4	18.0	19.4	20.5	21.	22.3	23.	
60.0	31.4	29.0	35.7	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	
70.0	33.6	31.7	40.6	13.2	16.3	18.8	20.7	22.3	23.6	24.7	25.	26.2	26.	
80.0	35.3	33.8	45.0	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	
90.0	36.7	35.6	49.0	17.0	20.1	22.6	24.5	25.9	27.1	28.1	28.	29.4	29.	
100.0	37.9	37.1	52.5	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	
110.0	38.8	38.3	55.7	20.5	23.5	25.8	27.6	29.0	30.0	30.8	31.	31.9	32.	
120.0	39.6	39.3	58.5	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	
130.0	40.3	40.2	61.0	23.5	26.4	28.6	30.3	31.5	32.4	33.1	33.	34.0	34.	
140.0	40.9	40.9	63.3	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	
150.0	41.4	41.4	65.3	26.2	29.0	31.0	32.5	33.6	34.4	35.0	35.	35.7	35.	
				24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	
				28.5	31.1	33.0	34.4	35.4	36.1	36.6	36.	37.1	37.	
				26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	
				30.5	32.9	34.7	35.9	36.8	37.4	37.9	38.	38.2	38.	
				28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	
				32.1	34.4	36.1	37.2	38.1	38.6	38.9	39.	39.1	39.	
				30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	
				33.6	35.7	37.3	38.3	39.1	39.5	39.8	39.	39.9	39.	
				32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	
				34.8	36.8	38.3	39.3	39.9	40.3	40.5	40.	40.6	40.	
				33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	
				35.8	37.8	39.1	40.1	40.6	41.0	41.2	41.	41.1	40.	
				34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	
				36.7	38.6	39.9	40.7	41.2	41.5	41.7	41.			

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см									
	верхняя	средняя		Объем ствола при толщине деревьев, куб. м									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.									
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3
				0.006	0.017	0.0353	0.0619	0.0975	0.1424	0.1969	0.2611	0.3351	0.4189
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9
				0.023	0.0553	0.1048	0.1729	0.26	0.3667	0.4929	0.6386	0.8035	0.9873
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8
				0.0603	0.1284	0.2265	0.3556	0.516	0.7077	0.9302	1.1831	1.4655	1.7768
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8
				0.1234	0.2407	0.4017	0.607	0.8563	1.1489	1.4837	1.8596	2.2751	2.7291
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9
				0.2134	0.3898	0.6237	0.9148	1.2621	1.6641	2.119	2.6248	3.1797	3.7816
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2
				0.3279	0.5697	0.8819	1.2633	1.712	2.2257	2.8019	3.438	4.1313	4.8792
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7
				0.4619	0.772	1.1642	1.6363	2.1857	2.8091	3.5034	4.2653	5.0916	5.979
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5
				0.6099	0.9886	1.4596	2.02	2.6662	3.3945	4.2008	5.0813	6.0322	7.0498
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8
				0.7665	1.2119	1.7587	2.403	3.1407	3.9671	4.8778	5.8682	6.9341	8.0715
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5
				0.9269	1.436	2.0543	2.7772	3.5998	4.5169	5.5234	6.6145	7.7854	9.0316
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8
				1.0872	1.6562	2.3411	3.1367	4.0373	5.0374	6.1313	7.3138	8.5797	9.924
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8
				1.2445	1.8692	2.6156	3.4778	4.4497	5.5251	6.6982	7.9631	9.3145	10.7471
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4
				1.3967	2.0728	2.8756	3.7986	4.8351	5.9787	7.2231	8.5622	9.9902	11.5017
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7
				1.5424	2.2658	3.12	4.0982	5.1932	6.3983	7.7068	9.1123		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=0,6 ед.										
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	118
30	21.1	17.3	18.3	0.4	4.3	12.5	21.1	25.9	24.7	18.0	8.3	1.8	1.1	34.9
40	25.3	22.0	24.4	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	200
50	28.7	25.9	30.3	0.6	6.0	18.8	32.7	42.7	45.2	32.9	15.6	3.3	2.0	276
60	31.4	29.0	35.7	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	342
70	33.6	31.7	40.6	0.6	7.1	23.6	42.5	58.1	65.4	47.8	22.9	4.7	2.8	398
80	35.3	33.8	45.0	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	445
90	36.7	35.6	49.0	0.6	7.5	26.7	50.5	71.6	83.8	61.5	29.7	6.1	3.5	516
100	37.9	37.1	52.5	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	544
110	38.8	38.3	55.7	0.5	7.5	28.5	56.8	82.8	100.3	74.1	35.9	7.3	4.2	565
120	39.6	39.3	58.5	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	582
130	40.3	40.2	61.0	0.4	7.2	29.4	61.6	91.7	114.6	85.3	41.5	8.4	4.7	596
140	40.9	40.9	63.3	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	604
150	41.4	41.4	65.3	0.3	6.9	29.7	65.1	98.2	127.0	95.2	46.5	9.4	5.3	648
				24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	484
				0.6	6.8	29.8	67.5	102.4	137.7	103.9	50.9	10.2	5.7	516
				26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	544
				0.8	6.7	30.0	69.1	104.6	146.8	111.6	54.9	11.0	8.1	565
				28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	582
				0.9	6.9	30.2	70.1	105.0	154.5	118.3	58.3	11.6	9.0	596
				30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	604
				1.1	7.3	30.7	70.6	103.8	161.1	124.1	61.4	12.2	9.9	648
				32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	680
				1.2	7.8	31.2	70.7	101.4	166.7	129.1	64.0	12.7	10.7	720
				33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	750
				0.8	8.1	32.1	72.0	102.5	169.0	130.6	64.6	12.8	11.5	810
				34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	840
				0.8	8.4	32.8	73.3	103.8	170.5	131.4	64.8	12.8	11.5	900

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см																			
	верхняя	средняя		Объем деловой древесины при толщине деревьев, куб. м																			
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый										
Н100=37 м, полнота=0,6 ед.																							
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	0.0016	0.0081	0.0219	0.0438	0.0743	0.1133	0.161	0.2172	0.2817	0.3545
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	0.0123	0.0381	0.0809	0.141	0.2182	0.3123	0.4229	0.5496	0.692	0.8498
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	0.0423	0.102	0.1896	0.3046	0.4463	0.6138	0.8065	1.0235	1.2639	1.5268
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	0.0977	0.2031	0.3472	0.5289	0.7468	0.9995	1.2857	1.604	1.9528	2.3306
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	0.1792	0.3381	0.546	0.801	1.1012	1.4445	1.8287	2.2518	2.7114	3.2054
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	0.2833	0.5	0.7751	1.1059	1.4898	1.9239	2.4054	2.9313	3.4986	4.1043
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	0.4049	0.6807	1.0232	1.4291	1.8947	2.4167	2.9912	3.6145	4.2829	4.9926
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	0.5385	0.8726	1.2806	1.7584	2.3018	2.9063	3.5675	4.281	5.0421	5.8465
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	0.6788	1.0689	1.5391	2.0846	2.7003	3.3811	4.1218	4.9172	5.7621	6.6514
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	0.8214	1.2645	1.7928	2.4009	3.0829	3.8333	4.6459	5.5151	6.4349	7.3997
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	0.9631	1.4554	2.0373	2.7027	3.4452	4.2583	5.1356	6.0706	7.0569	8.0882
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	1.1013	1.639	2.27	2.9874	3.7845	4.654	5.589	6.5825	7.6275	8.7174
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	1.2344	1.8136	2.4892	3.2538	4.0998	5.0198	6.0061	7.0514	8.1482	9.2895
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	1.3611	1.9783	2.6943	3.5013	4.3913	5.3563	6.3882	7.4793	8.6514	9.926

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас деловой древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первая	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=0,6 ед.										
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	88
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	166
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	237
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	296
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	345
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	385
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	417
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	442
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	464
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	480
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	493
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	502
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	508
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	
				0.7	7.3	28.3	62.6	87.8	142.8	108.9	53.2	10.4		

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см												
	верхняя	средняя		Выход крупной древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м												
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый			
				Н100=37 м, полнота=0,6 ед.												
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	0.0001	0.0031	0.0234
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	0.0359	0.3601	0.6063
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	0.0025	0.1546	0.6063
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	0.1809	0.4665	1.4477
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	0.7059	1.1166	2.3088
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	1.2890	1.7509	3.2079
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	1.8429	2.3711	4.1117
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	2.3754	2.9820	4.9942
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	2.8895	3.5737	5.8525
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	3.3808	4.1356	6.967
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	3.8437	4.6614	7.5398
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	4.2748	5.1494	8.6935
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	4.6729	5.6007	9.4144
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	5.0387	6.0179	10.0755
				0.9718	1.8221	2.6422	3.4983	4.4107	5.3739	6.4041	7.5723					

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см												
	верхняя	средняя		Выход средней древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м												
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый			
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.												
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	20.7	23.0	25.3
				-	-	-	-	-	-	0.0903	0.1706	0.258	0.3213	0.1706	0.258	0.3213
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	28.8	31.9	34.9
				-	-	-	-	0.1505	0.2835	0.3765	0.3841	0.3248	0.2413	0.3841	0.3248	0.2413
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	36.4	40.1	43.8
				-	-	0.0964	0.2595	0.4049	0.4207	0.3335	0.2225	0.1332	0.0743	0.2225	0.1332	0.0743
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	43.3	47.5	51.8
				-	-	0.3051	0.4567	0.4221	0.2902	0.1674	0.0869	0.0423	0.0196	0.0869	0.0423	0.0196
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	49.5	54.2	58.9
				-	0.2799	0.4799	0.4453	0.2885	0.1528	0.0722	0.0317	0.0132	0.0053	0.0317	0.0132	0.0053
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	55.0	60.1	65.2
				-	0.4611	0.4957	0.3293	0.1689	0.0753	0.0309	0.0119	0.0043	0.0015	0.0119	0.0043	0.0015
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	59.9	65.3	70.7
				0.3535	0.5404	0.4122	0.2178	0.0952	0.0375	0.0137	0.0047	0.0015	0.0004	0.0047	0.0015	0.0004
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	64.2	69.8	75.5
				0.4955	0.5197	0.31	0.1395	0.0543	0.0194	0.0064	0.002	0.0006	0.0001	0.002	0.0006	0.0001
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	68.0	73.9	79.8
				0.5699	0.4491	0.2244	0.0898	0.0319	0.0105	0.0032	0.0009	0.0002	-	0.0009	0.0002	-
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	71.3	77.4	83.5
				0.579	0.3681	0.1614	0.0591	0.0195	0.0059	0.0016	0.0004	0.0001	-	0.0004	0.0001	-
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	74.3	80.6	86.8
				0.5462	0.2951	0.1171	0.0399	0.0123	0.0035	0.0009	0.0002	-	-	0.0002	-	-
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	77.0	83.4	89.8
				0.4938	0.2353	0.0864	0.0278	0.0081	0.0022	0.0005	0.0001	-	-	0.0001	-	-
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	79.3	85.8	92.4
				0.4363	0.1885	0.065	0.0198	0.0055	0.0014	0.0003	0.0001	-	-	0.0001	-	-
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	81.4	88.1	94.7
				0.3814	0.1524	0.0499	0.0146	0.0039	0.0009	0.0002	-	-	-	0.0002	-	-

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас средней древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=0,6 ед.										
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	16
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	96
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	147
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	123
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	86
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	52
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	31
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	18
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	11
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	7
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	5
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	3
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	2
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	
				0.2	0.6	0.5	0.3	0.1	-	-	-	-	-	

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщину деревьев, см									
	верхняя	средняя		Выход мелкой древесины из деловой при толщине деревьев, куб. м									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.									
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3
				0.0016	0.0081	0.0219	0.0438	0.0743	0.1133	0.0707	0.0464	0.0206	0.0099
				7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9
30	21.1	17.3	18.3	0.0123	0.0381	0.0809	0.141	0.0677	0.0263	0.0104	0.0109	0.0072	0.0022
				10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8
40	25.3	22.0	24.4	0.0423	0.102	0.0932	0.0445	0.0123	0.0122	0.0065	-	-	-
				13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8
50	28.7	25.9	30.3	0.0977	0.2031	0.0408	0.0129	0.012	0.0035	-	-	-	-
				16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9
60	31.4	29.0	35.7	0.1792	0.0577	0.0145	0.0132	0.0033	-	-	-	-	-
				19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2
70	33.6	31.7	40.6	0.2833	0.0197	0.0164	0.005	-	-	-	-	-	-
				22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7
80	35.3	33.8	45.0	0.05	0.018	0.0101	0.0023	-	-	-	-	-	-
				24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5
90	36.7	35.6	49.0	0.0229	0.0183	0.0042	-	-	-	-	-	-	-
				26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8
100	37.9	37.1	52.5	0.0201	0.0127	0.0026	-	-	-	-	-	-	-
				28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5
110	38.8	38.3	55.7	0.0222	0.007	-	-	-	-	-	-	-	-
				30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8
120	39.6	39.3	58.5	0.0206	0.0039	-	-	-	-	-	-	-	-
				32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8
130	40.3	40.2	61.0	0.0162	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-
				33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4
140	40.9	40.9	63.3	0.0115	0.0032	-	-	-	-	-	-	-	-
				34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7
150	41.4	41.4	65.3	0.0079	0.0038	-	-	-	-	-	-	-	-

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по середине классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас мелкой древесины по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				Н100=37 м, полнота=0,6 ед.										
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	72.5
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	60.9
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	23.9
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	12.2
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	3.6
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	1.7
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	1.0
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	0.5
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	0.3
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	0.2
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	0.1
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	0.1
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	0.1
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	0.1
				-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по серединам классов толщину деревьев, см									
	верхняя	средняя		Выход дров и отходов из объема ствола при толщине деревьев, куб. м									
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.									
20.0	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3
				0.0044	0.0088	0.0134	0.0181	0.0232	0.0291	0.0359	0.0439	0.0534	0.0644
				7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9
30.0	21.1	17.3	18.3	0.0107	0.0172	0.0239	0.0318	0.0418	0.0544	0.07	0.0889	0.1114	0.1376
				10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8
40.0	25.3	22.0	24.4	0.018	0.0264	0.0369	0.051	0.0698	0.0938	0.1237	0.1596	0.2016	0.25
				13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8
50.0	28.7	25.9	30.3	0.0256	0.0375	0.0544	0.0781	0.1095	0.1493	0.1979	0.2555	0.3223	0.4007
				16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9
60.0	31.4	29.0	35.7	0.0342	0.0517	0.0777	0.1138	0.1609	0.2196	0.2902	0.3773	0.4664	0.5684
				19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2
70.0	33.6	31.7	40.6	0.0446	0.0697	0.1068	0.1574	0.2222	0.3018	0.3999	0.5024	0.6221	0.7661
				22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7
80.0	35.3	33.8	45.0	0.057	0.0913	0.1409	0.2072	0.2909	0.3925	0.5077	0.6385	0.7976	0.9843
				24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5
90.0	36.7	35.6	49.0	0.0715	0.116	0.1789	0.2615	0.3644	0.4857	0.6207	0.786	0.9843	1.1972
				26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8
100.0	37.9	37.1	52.5	0.0878	0.143	0.2195	0.3184	0.4416	0.5759	0.739	0.9398	1.1667	1.3747
				28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5
110.0	38.8	38.3	55.7	0.1055	0.1715	0.2615	0.3763	0.5122	0.6672	0.8604	1.0916	1.3284	1.4917
				30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8
120.0	39.6	39.3	58.5	0.124	0.2008	0.3038	0.4357	0.5812	0.7591	0.981	1.233	1.4566	1.2306
				32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8
130.0	40.3	40.2	61.0	0.1431	0.2302	0.3456	0.488	0.6488	0.8501	1.097	1.3575	1.5428	1.3326
				33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4
140.0	40.9	40.9	63.3	0.1623	0.2592	0.3864	0.5378	0.7147	0.9387	1.2049	1.4606	1.2388	1.4262
				34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7
150.0	41.4	41.4	65.3	0.1813	0.2875	0.4257	0.5853	0.7787	1.0235	1.3025	1.54	1.2388	1.4262

Возраст, лет	Высота, м		Средний диаметр, см	Диаметр по срединам классов толщины деревьев, см										Итого, куб. м/га
	верхняя	средняя		Запас дров и отходов по классам толщины деревьев, куб. м/га										
				первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	
				H100=37 м, полнота=0,6 ед.										
20	15.6	11.9	12.1	4.5	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	30
				0.3	2.3	4.8	6.2	6.2	5.0	3.3	1.4	0.3	0.2	
30	21.1	17.3	18.3	7.4	10.5	13.5	16.6	19.6	22.7	25.7	28.8	31.9	34.9	34
				0.3	1.9	4.3	6.0	6.9	6.7	4.7	2.2	0.5	0.3	
40	25.3	22.0	24.4	10.5	14.2	17.9	21.6	25.3	29.0	32.7	36.4	40.1	43.8	39
				0.2	1.5	3.8	6.1	7.9	8.7	6.4	3.1	0.7	0.4	
50	28.7	25.9	30.3	13.5	17.8	22.0	26.3	30.5	34.8	39.0	43.3	47.5	51.8	45
				0.1	1.2	3.6	6.5	9.2	10.9	8.2	4.1	0.9	0.5	
60	31.4	29.0	35.7	16.5	21.3	26.0	30.7	35.4	40.1	44.8	49.5	54.2	58.9	53
				0.1	1.0	3.6	7.1	10.6	13.2	10.1	5.2	1.1	0.6	
70	33.6	31.7	40.6	19.4	24.5	29.6	34.6	39.7	44.8	49.9	55.0	60.1	65.2	60
				0.1	0.9	3.6	7.7	11.9	15.5	12.2	6.1	1.3	0.8	
80	35.3	33.8	45.0	22.0	27.4	32.8	38.2	43.6	49.0	54.4	59.9	65.3	70.7	67
				0.0	0.8	3.6	8.2	13.1	17.8	13.8	7.0	1.5	0.9	
90	36.7	35.6	49.0	24.4	30.1	35.8	41.5	47.1	52.8	58.5	64.2	69.8	75.5	73
				0.1	0.8	3.7	8.7	14.0	19.7	15.4	7.9	1.7	1.0	
100	37.9	37.1	52.5	26.6	32.5	38.4	44.3	50.3	56.2	62.1	68.0	73.9	79.8	79
				0.1	0.8	3.7	9.2	14.7	21.3	16.9	8.8	1.9	1.4	
110	38.8	38.3	55.7	28.6	34.7	40.8	46.9	53.0	59.1	65.2	71.3	77.4	83.5	84
				0.1	0.8	3.9	9.5	14.9	22.8	18.4	9.6	2.0	1.5	
120	39.6	39.3	58.5	30.5	36.7	43.0	49.3	55.5	61.8	68.0	74.3	80.6	86.8	88
				0.1	0.9	4.0	9.8	14.9	24.3	19.9	10.3	2.1	1.2	
130	40.3	40.2	61.0	32.1	38.5	44.9	51.3	57.7	64.1	70.5	77.0	83.4	89.8	91
				0.1	1.0	4.1	9.9	14.8	25.6	21.2	10.9	2.1	1.3	
140	40.9	40.9	63.3	33.6	40.1	46.7	53.2	59.7	66.2	72.8	79.3	85.8	92.4	93
				0.1	1.0	4.3	10.2	15.2	26.5	21.8	11.0	1.6	1.4	
150	41.4	41.4	65.3	34.9	41.6	48.2	54.9	61.5	68.1	74.8	81.4	88.1	94.7	
				0.1	1.1	4.5	10.5	15.6	27.3	22.2	11.0	1.6	1.6	

3. ЕДИНСТВО ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ, ТИПОВ ЛЕСА И УРОВНЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ

Формирование и функционирование лесных массивов в комплексе воздействующих на них факторов следует рассматривать с позиций системного анализа. Современное лесоводство базируется на исторически сложившемся учении о типах лесных насаждений, типах леса Г.Ф. Морозова [31], В.Н. Сукачева [45, 46], типах лесорастительных условий Е.В. Алексеева [1], П.С. Погребняка [37], а также бонитеровочной классификации профессора М.М. Орлова [34, 35]. Подробный экскурс в исторические этапы формирования учения о лесной типологии сделали Л.П. Рысин [43], Е.С. Мигунова [296].

Невозможно переоценить практическую значимость классификации условий местопроизрастания и формирования насаждений, которые во многом определяют их состояние, а также стратегию их сохранения, комплексного использования и воспроизводства.

Каждая из упомянутых классификаций по своей сути автономна и находит отражение в материалах лесоустройства в виде отдельных граф таксационных описаний.

В связи с новыми условиями и требованиями к лесному планированию, осуществляемому субъектами Федерации на основе данных инвентаризации лесов, возникла острая необходимость в совершенствовании лесотаксационных нормативов, обеспечивающих использование автоматизированных методов составления таксационных описаний с применением ГИС-технологий и аэрокосмических методов дистанционного зондирования лесов.

В связи с тем, что планирование всего комплекса лесохозяйственных мероприятий должно базироваться на почвенно-типологической основе, выделение на территории лесничества контуров площадей с разными типами условий местопроизрастания является первостепенной задачей. Разработка и внедрение интерактивных методов инвентаризации лесов и составления таксационных описаний требует систематизации типологических характеристик как условий местопроизрастания, так и насаждений по продуктивности, возрастной, породной и пространственной структуре.

Цель проводимой систематизации заключается в группировке всех выделов объекта инвентаризации (лесничества или лесопарка) по типам лесорастительных условий и уровням продуктивности с выделением в них типов лесных насаждений с соответствующим составом древесных пород и индикационных типов леса.

При рассмотрении динамики формирования лесных экосистем следует особое внимание обратить на её базовые элементы,

отличающиеся достаточным консерватизмом. Это, прежде всего, показатели почвенного плодородия и увлажненности. В соответствии с принятыми типологическими характеристиками по П.С. Погребняку это трофотопы, представленные борами, субориями, сложными субориями и дубравами, иными словами, бедными-1, относительно бедными-2, относительно богатыми-3 и богатыми-4 по плодородию почвами. А также гигротопы, представленные очень сухими-0, сухими-1, свежими-2, влажными-3, сырыми-4 и мокрыми-5 условиями увлажнения. Что касается уровня продуктивности насаждения по М.М. Орлову, то класс бонитета также можно отнести к консервативному таксационному показателю, мало изменяющемуся с возрастом. Что же касается типов лесных насаждений, то они формируются в результате сочетания различных древесных пород в составе древостоев. Они более мобильны и в значительной степени являются результатом случайных процессов, происходящих на начальных стадиях формирования насаждений. Эти процессы связаны, прежде всего, с климатическими факторами, годами семеношения, фитопатологическими проявлениями, антропогенным воздействием и др.

Итак, рассмотрим поставленную задачу со следующими условиями.

Имеем три основных показателя: трофотоп, принимающий значения от 1 до 4, гигротоп – от 0 до 5 и класс бонитета от ІВ по VБ, принимающий значения от 1 до 9. Задача предусматривает проведение кластеризации таксационных выделов.

Решение поставленной задачи возможно на основе методов многомерной классификации. В качестве объектов классификации следует использовать таксационные описания насаждений. Для полного представления и теоретических обобщений желательно использовать массовый материал, относящийся к особо-охраняемым природным территориям, где процессы формирования лесных фитоценозов идут, в основном, естественным путем.

Итак, анализу было подвергнуто 1692 таксационных выдела Керебелякского лесничества национального парка Марий Чодра, расположенного на территории Республики Марий Эл. Применяемая в регионе типологическая схема выделения групп типов леса представлена в таблице 3.1.

В результате кластеризации было выделено 13 групп (классов) выделов. Каждая группа характеризовалась своими параметрами плодородия почв, их увлажнением и бонитетом. Разница в численности кластеров связана с числом формирующихся типов лесных насаждений, имеющих свой бонитет и состав древесных пород.

Наглядно систематизация применяемых в лесном хозяйстве типологий приведена на рисунке 3.1.

Классификационная схема типов лесных насаждений представлена в таблице 3.2. В ней приведено распределение всех насаждений лесничества по типам лесорастительных условий, типам леса, бонитетам, а также указан средний состав древостоев с пределами долевого участия пород в составе и точностью определения долей как преобладающей, так и сопутствующих пород.

Таблица 3.1. Характеристика групп типов леса в Республике Марий Эл

Группы типов леса	Шифр	ТЛУ шифр	Бонитет	Преобладающие породы	Название типов леса	
					полное	сокращенное
Сухой бор	сухб	А ₁	II–IV	С, Б	Лишайниковый	Слш
					Лишайниково-вересковый	Слшв
					Лишайниково-мшистый	Слшм
Свежий бор	свб	А ₂	Ia–III	С, Л, Б, Ос, Т, К	Брусничный	Сбр
					Зеленомошник	Сзм
Влажный бор	влб	А ₃	I–III	С, Л, К, Е, Б, Ос	Черничниковый	Счер
Сырой бор	сырб	А ₄ –А ₅	II–Va	С, Б, Е, Ос	Долгомошник	Сдм
					Сфагновый	Ссф
					Брусничник	Ебр
Свежая суборь	свс	В ₂	Ia–III	С, Л, К, Е, Б, П, Б, Ос, Лп, Олс	Зеленомошник	Езм
					Липово-кисличниковый	Слк
					Майниково-брусничный	Смбр

Группы типов леса	Шифр	ТЛУ шифр	Бонитет	Преобладающие породы	Название типов леса	
					полное	сокращенное
Влажная суборь	влс	В ₃	Ia–III	С, Б, Ос, Е, Л, К, Олс, Ивд	Майниково-черничниковый	Смчер
					Черничниковый	Ечер
Сырая суборь	сырс	В ₄ –В ₅	II–Va	С, Б, Е, Ивд, Ивк, Ос, Олч	Осоково-сфагновый	Сосф, Еосф
					Травяно-болотный	Стб
					Сфагновый	Есф
					Долгомошниковый	Едм
Свежая сурамень	свсур	С ₂	Ia–III	С, Е, Д, Б, Лп, К, Ос, В, Л, П, Олс	Липово-широкотравный	Слпш, Елпш
					Липово-кисличный	Елпк
					Травяно-болотный	Етрб
Влажная сурамень	влсур	С ₃ –С ₄	Ia–IV	В, Д, Лп, Б, Ос, Кл	Пойменный	Дпойм
Ольшаник	олш	В ₅ –С ₅	II–Va	Олч, Ос, Б, Е, Ивд, Ивк	Травяно-болотный	Олтб
Свежая дубрава	свдуб	Д ₂	Ia–III	Д, Е, С, П, Л, В, Кл, Лп, Б, Ос	Кленовый	Дк
Ольшаник	олш	В ₅ –С ₅	II–Va	Олч, Ос, Б, Е, Ивд, Ивк	Травяно-болотный	Олтб
Ивняки	ив	В ₃ –В ₄	Ia–III	Ивк, Ивд	Приручьево-пойменный	Ивп
		С ₄ –Д ₄			Травяно-болотный	Ивтб

Таблица 3.2. Классификация групп типов лесных насаждений Керебеляжского лесничества национального парка Марий Чодра

Группа типов насаждений	Код трофотоп		Код гиротоп	Бонитет	Номер типа насаждения	Число насаждений	Тип леса	Средний состав древостоя	Предельная доля породы в составе, ед.
	буквенный	численный							
1	С	3	2	I	8	2	Елпк	6Б3Е1Лп	6Б3Е1Лп
				II	11	8		4Б3Е2Ос1С	1-7/0-7/0-7/0-3/
				III	14	5		3Лп2Е1С1П1Б1Ос	2-4/0-5/0-3/0-3/0-6
				I	9	15	Елпш	5Б2Е1Лс1С	1-10/0-8/0-3/0-1
				II	12	80		4Лп3Е3Б	1-9/0-7/1-7
				III	15	31		5Лп3Е2Б	0-10/0-7/0-4
				I	10	87	Слпш	5Б3Ос1С1Лп	1-10/0-9/0-10/0-7
				II	13	108		3Б3Ос3Лп	0-9/0-10/0-6
III	16	40	4Лп3С2Б1Е	0-10/0-10/0-5/0-3					
2	С	3	3	II	33	1	Дпойм	6Ос1С1Е1Олч	6Ос1С1Е1Олч
				III	35	19		5Лп2Б1Е1Олч1Ос	1-7/0-5/0-3/0-2/0-2
				IV	37	3		7Лп2Б1Ос	5-8/1-3/0-1
				I	32	1	Етрб	4Е3Б2С1Ос	4Е3Б2С1Ос
				II	34	15		5Б3Е1ОлЧ	1-8/1-5/0-3
				III	36	19		4Е3Б1С1Лп1Олч	2-6/0-6/0-3/0-4
3	А	1	1	II	1	5	Слш	8С2Б	6-10/0-4
				III	3	23		9С1Б	6-10/0-4
				IV	6	2		10С	10
				II	2	65	Слшм	9С1Б	8-10/0-6
				III	5	20		8С2Б	3-10/0-7
				IV	7	3		8С2Б	6-10/0-4
				III	4	3	Слшв	8С2Б	3-10/0-7
4	В	2	2	I	17	1	Езм	4Ос3Е3Б	4Ос3Е3Б
				I	18	1	Слж	5С4Б1Ос	5С4Б1Ос
				II	21	8		4С3Б3Ос	1-10/0-6/0-7
				III	23	1		4Лп3Б2Ос1Кл	4Лп3Б2Ос1Кл
				I	19	88	Смбр	5С4Б1Ос	1-10/0-9
				II	22	54		5Б3С2Ос	1-10/1-10/0-10
				III	25	6		6С3Б1Ос	0-10/0-7/0-7
				II	20	4	Ебр	5Е3Б2С	2-6/2-9/1-3
III	24	2	5Е3С2Б	4-7/2-3/0-4					
5	В	2	3	I	38	15	Ечер	4Б3Е2Ос1С	1-9/1-5
				II	41	29		4Е4Б1С1Ос	1-6/1-10/0-3/0-3
				III	45	9		5Е2С2Б1Ос	4-7/0-3/1-4/0-1
				I	40	2	Счер	5Б3С2Е	2-8/1-5/0-3
				II	44	2		4Б3Е2С1ОлЧ	2-6/1-4/0-2/0-3
				I	39	76		Смчер	4С4Б1Е1Ос

Группа типов насаждений	Код тротофа		Код гиротопа	Бонитет	Номер типа насаждения	Число насаждений	Тип леса	Средний состав древостоя	Предельная доля породы в составе, ед.
	буквенный	численный							
				II	43	49	Ивп	4Б3С2Ос1Е	1-8/1-10/0-10/0-3
				III	47	4		7С2Е1Б	4-10/0-3/0-2
				II	42	1		5Б5И	5Б5И
				III	46	6		8И1Б1Олч	6-10/0-3/0-2
				IV	48	1		6И2Б2Олч	6И2Б2Олч
6	А	1	2	I	26	60	Сбр	7С2Б1Ос	2-10/0-6/0-5
				II	28	121		6С4Б	1-10/0-9
				III	30	34		6С3Б1Ос	1-10/0-10/0-10
				I	27	38	Сзм	8С2Б	6-10/0-5
				II	29	86		8С2Б	2-10/0-9
				III	31	11		8С2Б	1-10/0-10
7	А	1	3	I	49	8	Счер	7С3Б	2-10/0-8
				II	50	96		5С5Б	1-10/0-9
				III	51	35		5С5Б	1-10/0-10
8	С	3	4	II	52	9	Етрб	6Б2Е2Олч	2-8/1-7/0-2
				III	53	11		4Б3Е2Олч1С1И	2-7/1-5/0-2/0-3
				III	53а	2	Ивтб	5Б5И	5-6/4-5
				IV	54	1		7И3Б	7И3Б
9	С	3	5	II	66	13	Олтб	4Б3Олч2Е1С	2-8/1-5/0-3/0-4
				III	67	37		4Олч3Б2Е1Ос	1-7/0-5/0-3/0-3
				IV	68	8		6Б4Олч	4-8/1-6
10	В	2	4	II	56	21	Стб	7Б1С1Ос1Олч	4-10/0-4/0-7/0-2
				III	57	38		7Б2С1Олч	0-10/0-10/0-2
				IV	61	2		6Б2И1С1	6/0-4/0-1
				II	55	1	Едм	6Е2С2Б	6Е2С2Б
				III	58	3		4Е4Б2С	3-5/3-4/1-3
				IV	59	1	Еоссф	5Е3Б1С1Олч	5Е3Б1С1Олч
				V	62	1		7Б2Е1С	7Б2Е1С
				IV	60	1	Ивп	8И1С1Б	8И1С1Б
11	В	2	5	III	69	6	Соссф	5С4Б1Е	2-9/1-10/0-2
				IV	70	14		6Б4С	0-10/0-10
				V	71	1		7Б3С	7Б3С
12	А	1	4	II	63	7	Сдм	6Б4С	2-10/1-8
				III	64	89		7Б3С	1-10/0-10
				IV	65	21		6Б4С	1-10/0-10
13	А	1	5	IV	72	1	Ссф	10С	10С
				VI	73	1		7Б3С	7Б3С

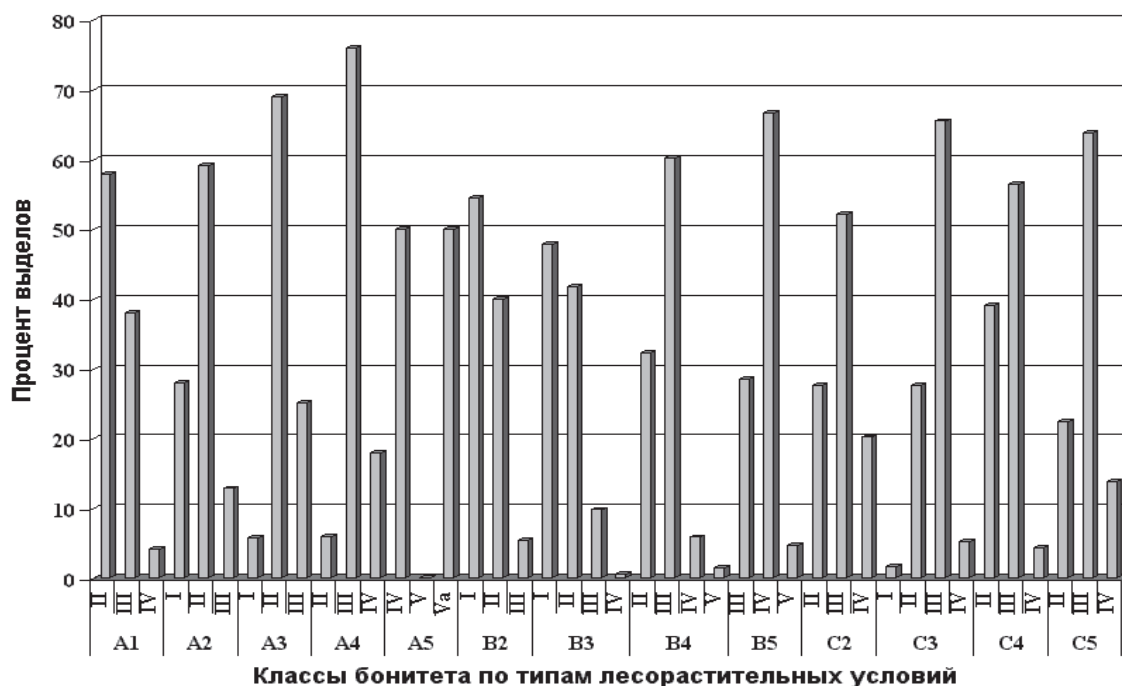


Рисунок 3.2. Распределение процента числа выделов по типам лесорастительных условий и бонитетам

Выстроенная схема указывает на существенную изменчивость таксационных показателей древостоев, которые в основном определяют многообразие типов насаждений и пути их лесоводственного формирования и эксплуатации. Дополнительное суждение в этом направлении позволяет сделать распределение выделов по типам лесорастительных условий и бонитетам (Рис. 3.2).

Если эти два классификационных понятия менее изменчивы во времени, то понятие типа леса более динамично и определено пространственно-временной и породной структурой насаждения. Достоверность определения среднего состава древостоев всецело зависит от числа выделов, включенных в анализ. Так, при уменьшении доли участия преобладающей породы (увеличении числа сопутствующих пород) следует увеличить объем выборочной совокупности при заданной точности определения состава.

Таким образом, методическое решение задачи по систематизации типологических основ лесоводства на конкретном объекте инвентаризации с привлечением геоинформационных систем и лесотаксационных нормативов, увязанных с дистанционными методами зондирования, позволят решить в ближайшей перспективе задачу автоматизированного учёта и оценки лесных ресурсов.

4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ И НОРМАТИВЫ ХОДА РОСТА ДРЕВОСТОЕВ НА ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Задача построения лесотаксационных нормативов на лесотипологической основе была поставлена перед лесными научными учреждениями еще в конце 70-х годов прошлого столетия и до сих пор не была решена.

Кафедра лесоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева решила эту задачу и для ряда лесных районов России и Казахстана разработала лесотаксационные нормативы на лесотипологической основе. Для большей убедительности продемонстрируем методические решения и результаты, относящиеся к самым сложным в России древостоям пихты кавказской, бука восточного произрастающим в горных лесах Северного Кавказа, кедра сибирского Омской области, сосны обыкновенной Рязанской и березы повислой Московской области.

Так, древостои пихты кавказской и бука восточного, служившие объектами для выявления таксационных закономерностей, произрастали на территории Кавказского биосферного заповедника (Рис. 4.).



Рисунок 4.1. Карта-схема Кавказского биосферного заповедника

4.1. Типы леса пихтовых насаждений Северного Кавказа

Пихтовые леса Северного Кавказа в лесотаксационном отношении малоизучены, и отличаются большим разнообразием типов леса. Объекты исследования располагались в Краснодарском крае на территории Кавказского заповедника. В связи с сильной расчлененностью рельефа и неравномерной мощностью почв лесные сообщества редко занимают значительную площадь и сплошь и рядом представлены фрагментами [4].

Пихтарники скальные (ПСК) расположены на скалистых гребнях крутизной более 10° , высота которых 1700-2300 м над УМ и на крутых и очень крутых гребнях высотой 1200-1700 м над УМ. Почвы маломощные, фрагментарные, щебнистые относятся к типу бурых горнолесных. Подрост мелкий единично представлен пихтой, сосной, елью. Из травянистой растительности присутствует кислица, овсяница горная, мятлик боровой, местами мхи на камнях.

Пихтарники каменистые (ПК) расположены на крутых склонах более 20° высотой 1000-1700 м над УМ, на глинистых сланцах и песчаниках. Присутствуют всходы, мелкий подрост пихты и ели. В подлеске единично черника, бузина, кавказская черника. Травянистая растительность представлена кислицей, геранью Роберта, овсяницей горной, шалфеем клейким и др. [44].

Пихтарники среднетравно-овсяницевые (ПСО) занимают хорошо освещенные склоны преимущественно южной, юго-восточной и юго-западной экспозиции крутизной 10° - 20° , высотой над у.м. 900-1900 м. Почвы различны по мощности, скелетности, относятся к типу бурых горнолесных суглинистых. Материнские породы – глинистые сланцы и песчаники, а также граниты и конгломераты. Подрост пихты и бука. Кустарники почти не встречаются, редко падуб, кавказская черника. Для травяного покрова характерно постоянное участие горной овсяницы, процесс естественного возобновления протекает успешно.

Пихтарники среднетравно-ожиново-папоротниковые (ПСОП) занимают склоны различной крутизны и экспозиции, но преимущественно менее освещенные крутизной до 30° . Они произрастают в условиях достаточного увлажнения на бурых горнолесных суглинистых почвах, различных по мощности и степени скелетности на высотах до 1700 м. Подрост бука и пихты. Кустарники не образуют яруса подлеска. Состав травяного покрова довольно богат. Все растения образующие травяной ярус являются теневыносливыми, здесь преобладают высокопродуктивные типы. Естественному возобновлению препятствует развитый травяной покров [4].

Пихтарники колхидско-кустарниковые (ПКЛК) развиваются на склонах различной экспозиции и крутизны высотой до 2100 м над УМ

на бурых горнолесных суглинистых почвах, различающихся по мощности. В составе этой группы преобладают буко-пихтарники, а среди них участки с подлеском из понтийского рододендрона иногда с лавровишней. При пышном развитии кустарников процесс естественного возобновления древесных пород прекращается.

Пихтарники крупнотравно-крупнопапоротниковые (ПКРП) расположены в верховьях ручьев, на пологих ложбинах, вогнутых пологих склонах высотой 900-2000 м над у. м. Они произрастают на бурых горнолесных почвах различной мощности, материнская порода – песчаники. Подрост бука и пихты. Подлесок единично смородина Биб, волчье лыко. Для травяного покрова характерно постоянное участие крупных папоротников, подбела, бальзамина-недотроги, лесного крупнотравья и субальпийское высокотравья [44].

Пихтарники разнотравные (ПРЗ) произрастают на ровных склонах крутизной 5° - 20° разной экспозиции высотой 1700-2000 м над у.м. на мощных бурых горнолесных почвах, материнская порода – сланцы и конгломераты. Подрост пихты, бука, единично ели. Подлесок представлен кавказской черникой, смородиной Биб, кавказской жимолостью. Травянистая растительность разнообразна по составу.

Букняки колхидско-кустарниковые (БККЛ) произрастают на средних и нижних частях склонов различной крутизны и экспозиции, пригребневых участках крутых каменистых склонов, высота которых над УМ 600-1200 м, крутизна 20° . Почвы бурые горнолесные маломощные каменистые на глинистых сланцах и песчаниках. Подлесок сомкнутый из колхидских кустарников: лавровишня, кавказская черника, падуб различной сомкнутости.

Букняки среднетравно-ожиново-папоротниковые (БКСОП) произрастают на средних и нижних частях склонов разной крутизны северной экспозиции, высотой над у.м. 600-1700 м, террасовидных уступах коренного берега западной экспозиции до 900 м над УМ. Почвы бурые горнолесные мощные, оглеенные на массивных глинистых сланцах. Подрост пихты. Подлесок не выражен. Травянистый покров представлен папоротником мужским и женским, бальзамино-недотрогой, геранью Роберта, ожиной, зубянккой клубненоносной, морозником и другим разнотравьем [44].

4.2. Лесотипологические модели возрастной динамики роста и продуктивности древостоев пихты кавказской по ярусам и типам леса

Для описания возрастной динамики роста и продуктивности сложных древостоев с элементами леса пихты кавказской был осуществлен анализ данных поведельной информации, относящейся к разным типам леса.

Распределение таксационных показателей древостоев по элементам леса, относящихся к разным ярусам, возрасту, доле участия породы в составе, полноте и по типам леса позволило классифицировать и структурировать данные для статистического анализа.

В соответствии с особенностями возникновения ошибок и погрешностей в вариационной статистике основным условием повышения точности определения статистических показателей является объем выборки. С её увеличением ошибка определения средних значений уменьшается гиперболически. А так как ошибки репрезентативности являются основой достоверности определения средних величин, то использование массовых данных при выявлении многомерных таксационных закономерностей в структурированных моделях вполне оправдано.

Закономерности возрастной динамики роста и продуктивности древостоев проявляются через такие таксационные показатели, как средняя высота, средний диаметр, полнота, породная, пространственная (вертикальная, горизонтальная) и возрастная структура древостоев.

При описании влияния совокупности почвенно-экологических факторов на рост и продуктивность пихтовых древостоев в множественный регрессионный анализ были включены бинарные (фиктивные блоковые) переменные. Опираясь на совокупность указанных факторов, были построены модели и нормативы хода роста пихтового элемента леса по ярусам для древостоев разной полноты по типам леса.

4.3. Структура типов леса и долевого участия пихты в составе древостоев

Пихтовые леса составляют 2/3 всей лесной площади Кавказского заповедника. Леса с господством кавказской пихты занимают все без исключения склоны Северо-Западного Кавказа с наилучшими для произрастания леса почвенными условиями в пределах 1000 - 1200 и 1800 – 1900 м. Чистые пихтарники имеют ограниченное

распространение на высотах выше 1500м. Широко распространены смешанные древостои с участием бука [4].

Пихтовые леса на территории Кавказского заповедника представлены следующими типами:

- ПСК - пихтарники скальные;
- ПК - пихтарники каменистые;
- ПСО - пихтарники среднетравно-овсяницевые;
- ПСОП - пихтарники среднетравно-ожиново-папоротниковые;
- ПКЛК - пихтарники колхидскокустарниковые;
- ПКРП - пихтарники крупнотравно-крупнопапоротниковые;
- ПРЗ - пихтарники разнотравные;
- БККЛ - букняки колхидскокустарниковые;
- БКСО - букняки среднетравно-ожиново-папоротниковые.

Графическое процентное распределение площадей по типам леса показано на рисунке 4.1. Распределение численности выделов по доле участия пихты в составе древостоев и по полноте представлено на рисунках 4.2 и 4.3.

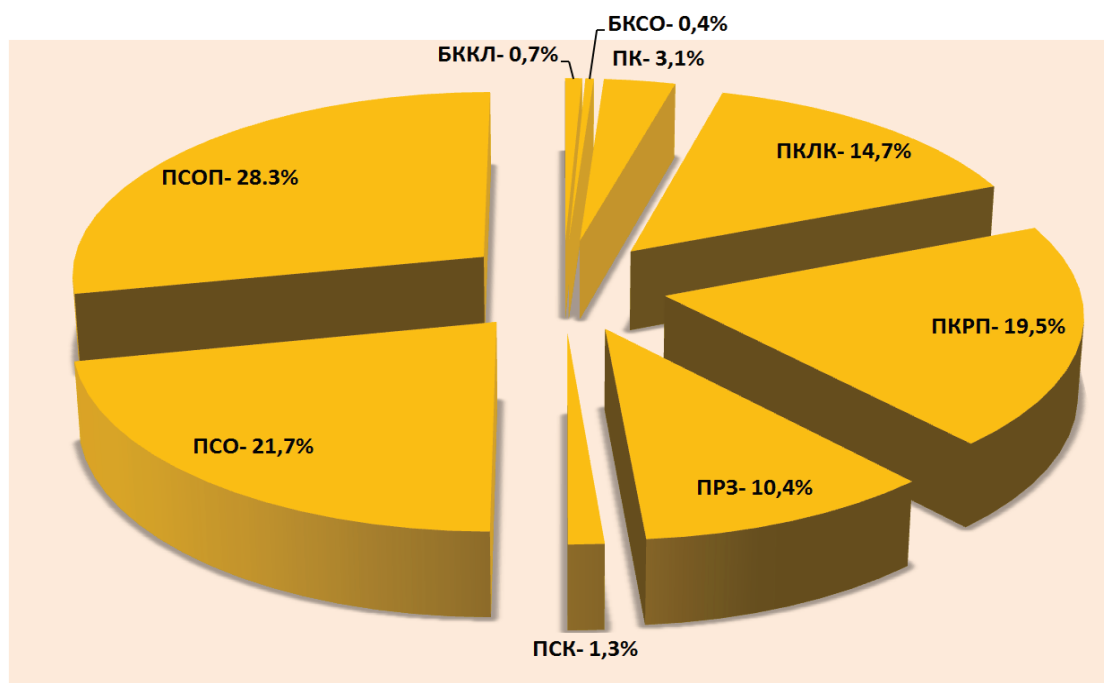


Рисунок 4.2. Структура площадей, занятых пихтовыми древостоями по типам леса

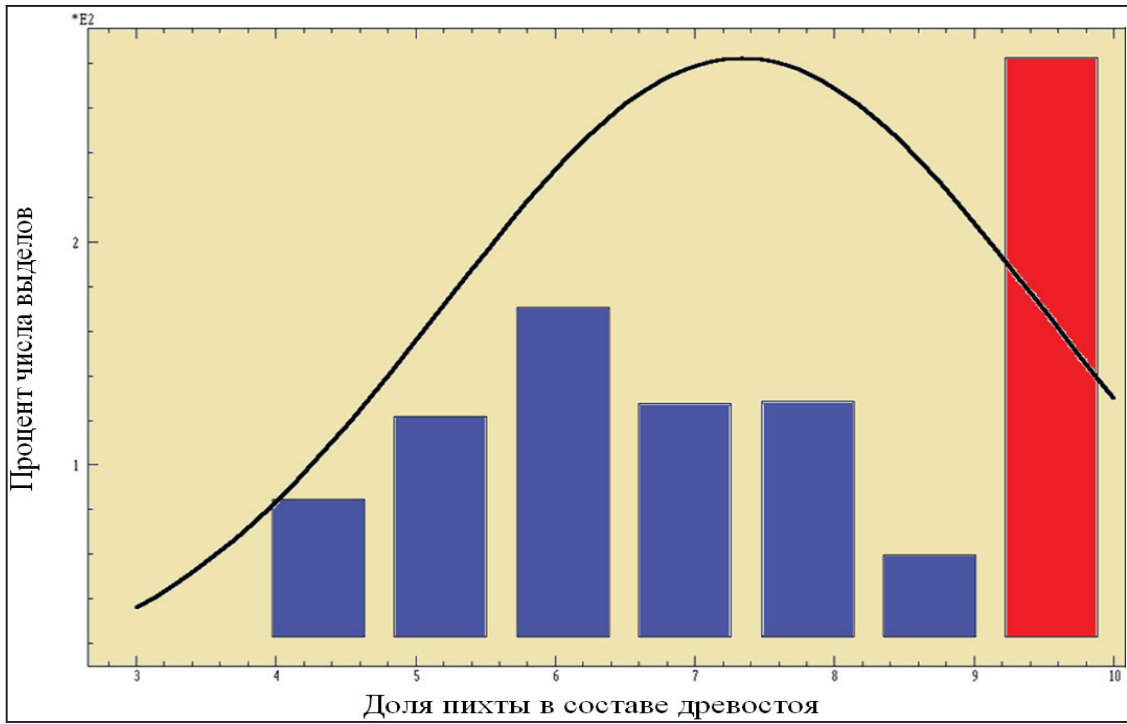


Рисунок 4.3. Структура численности выделов с долевым участием пихты в составе древостоев

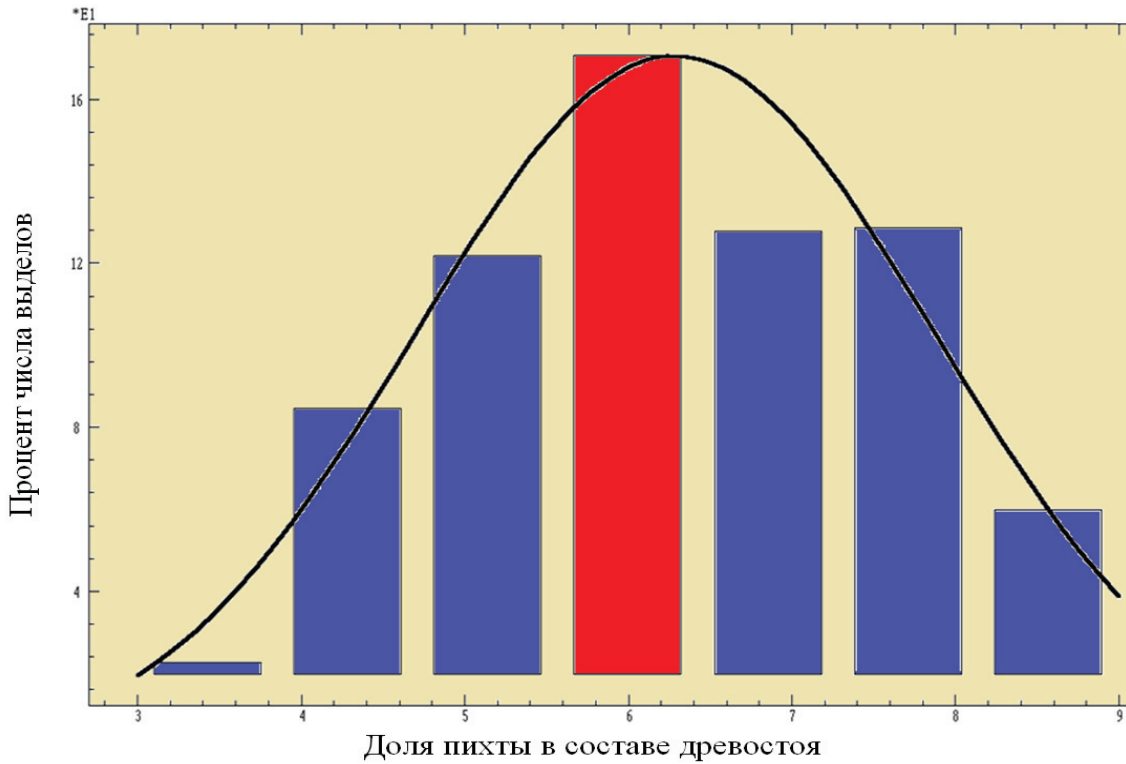


Рисунок 4.4. Структура численности выделов с долевым участием пихты в составе без чистых древостоев

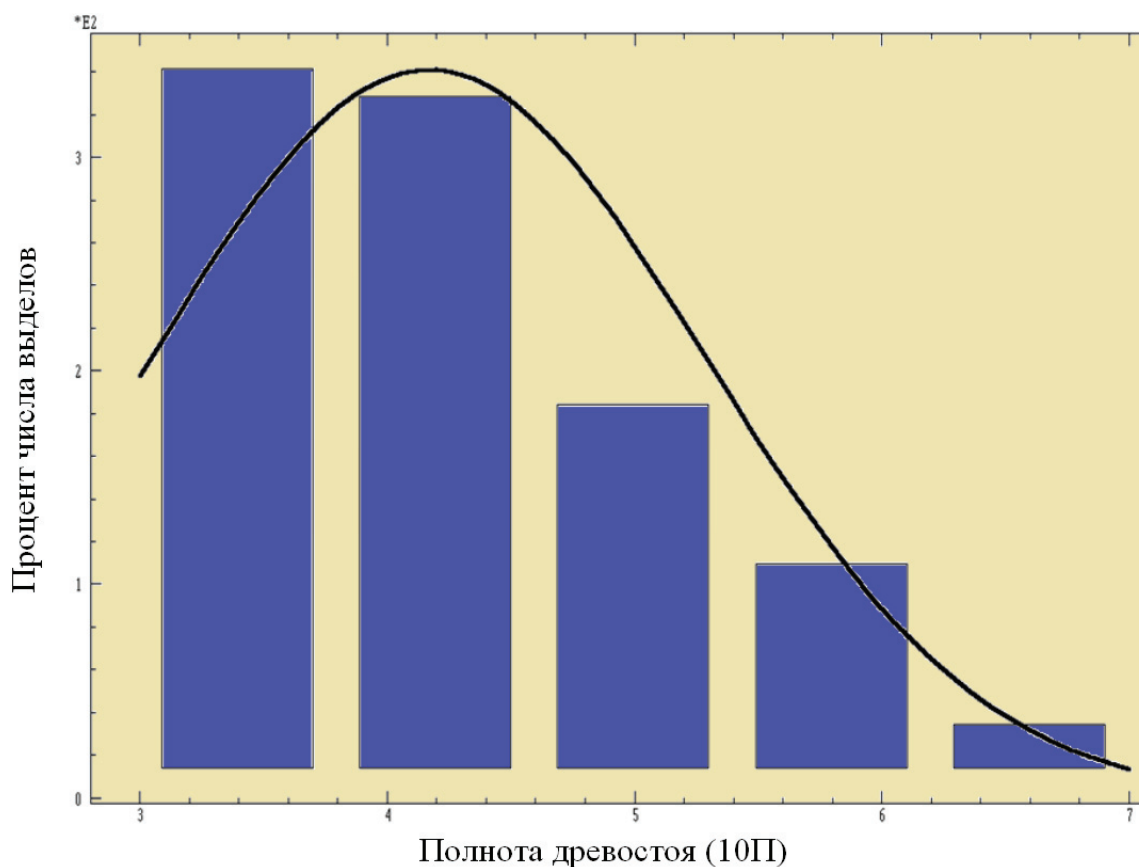


Рисунок 4.5. Структура численности выделов по полноте древостоев (П*10)

Статистические показатели, полученные при обработке более 1000 лесотаксационных участков с разной долей пихты в составе древостоев разной полноты представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.2. Статистические показатели определения таксационных признаков древостоев Кавказского заповедника

Таксационный показатель	Статистический показатель				Точность определения средней, %
	Средняя	Ошибка средней	Стандартное отклонение	Изменчивость, %	
Доля пихты в составе, ед.	7,30	±0,100	2,10	7,30	0,10
Доля пихты в составе без 10 ед.	6,29	±0,060	1,58	6,29	0,06
Полнота, ед.	0,42	±0,001	0,11	0,42	0,00

Представленные значения статистических показателей позволили определить центральную тенденцию лесотаксационных нормативов и определить ориентиры изменчивости породной структуры и полноты пихтарников.

4.4. Возрастная динамика средней высоты по ярусам в древостоях разных типов леса

Средняя высота – это средняя высота совокупности деревьев, относящихся к конкретному ярусу, основной породе и возрастному поколению. При перечислительном методе таксации среднюю высоту древостоя определяют по графику зависимости высот деревьев от их диаметров, при этом значению среднего диаметра соответствует значение средней высоты.

Средняя высота один из важнейших таксационных показателей, характеризующих состояние и производительность древостоя, а также качество лесорастительных условий. Средняя высота служит основой для построения многих лесотаксационных нормативов.

Для осуществления перехода от бонитетной шкалы к типам леса по средней высоте необходимо применить статистическое моделирование с применением блоковых фиктивных переменных.

При разработке шкалы по типам леса независимые переменные, выраженные качественными показателями – типами леса, были выражены блоковыми фиктивными переменными путем построения матрицы в виде таблицы 1.

Сочетание указанных в матрице значений переменных (X_1 - X_8) с данными возраста (A) пихтового элемента леса и порядкового номера яруса ($Яр$) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних высот (H_{cp}) вида:

Таблица 4.3. Матрица бинарных переменных, характеризующих типы леса

Тип леса	Блоковые фиктивные переменные							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
БККЛ	0	0	0	0	0	0	0	0
БКСО	1	0	0	0	0	0	0	0
ПК	0	1	0	0	0	0	0	0
ПКЛК	0	0	1	0	0	0	0	0
ПКРП	0	0	0	1	0	0	0	0
ПРЗ	0	0	0	0	1	0	0	0
ПСК	0	0	0	0	0	1	0	0
ПСО	0	0	0	0	0	0	1	0
ПСОП	0	0	0	0	0	0	0	1

$$H_{cp} = \exp(-6,62920 - 0,09043X_1 - 0,23667X_2 - 0,07647X_3 - 0,09525X_4 - 0,22740X_5 - 0,46171X_6 - 0,11683X_7 - 0,07626X_8 + 3,24012 \ln A - 0,25359 \ln^2 A - 0,06053 \ln Яр) \quad (4.1)$$

$R^2=0,947$; $m_R=\pm 0,12$; $t=-39,2$; $-1,1$; $-4,6$; $-1,6$; $-2,0$; $-4,8$; $-8,1$; $-2,5$; $-1,6$; $45,6$; $-32,0$; $-3,5$; $F=1789,6$ при $P<0,05$

где:

R^2 - коэффициент детерминации;

m_R – стандартная ошибка уравнения регрессии;

t – значимость численных коэффициентов;

F – критерий Фишера достоверности уравнения;

P – значимость F -критерия.

Достаточно высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,947$), статистически значимое различие средней высоты по типам леса от константы начального роста (-6,6292), соответствующей типу леса БККЛ ($t > t_{05}=2,0$) (за исключением типов леса БКСО (X_1), ПКЛК (X_3), ПСОП (X_8) близких к типу леса БККЛ) позволили по модели (1) построить четко дифференцированные линии регрессии (Рис. 4.5). Статистическая значимость численного коэффициента при номере яруса ($t > t_{05}$), а также различие в линиях регрессии по ярусам указывает на снижение интенсивности роста в высоту нижних ярусов относительно первого яруса.

F -критерий Фишера указывает на достоверность полученной модели, так как значимость F -критерия меньше 5-ти процентного уровня.

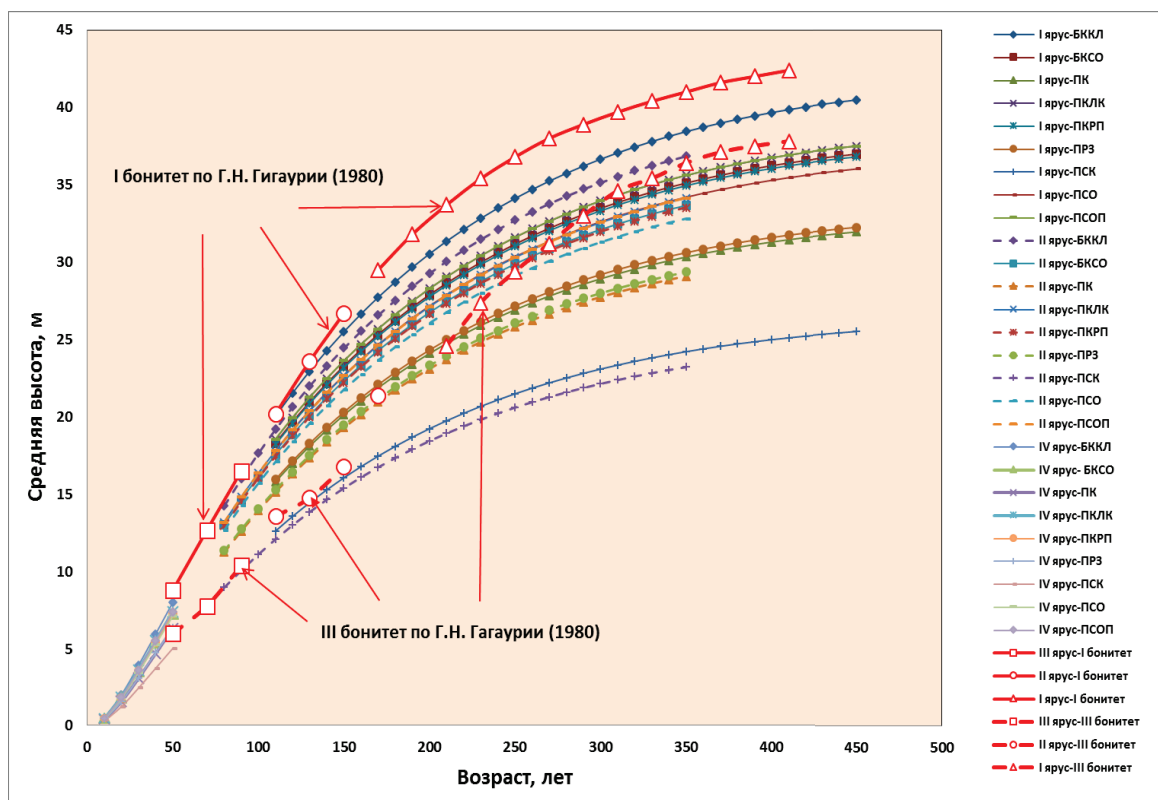


Рисунок 4.6. Ход роста по средней высоте пихтового элемента леса по ярусам и типам леса

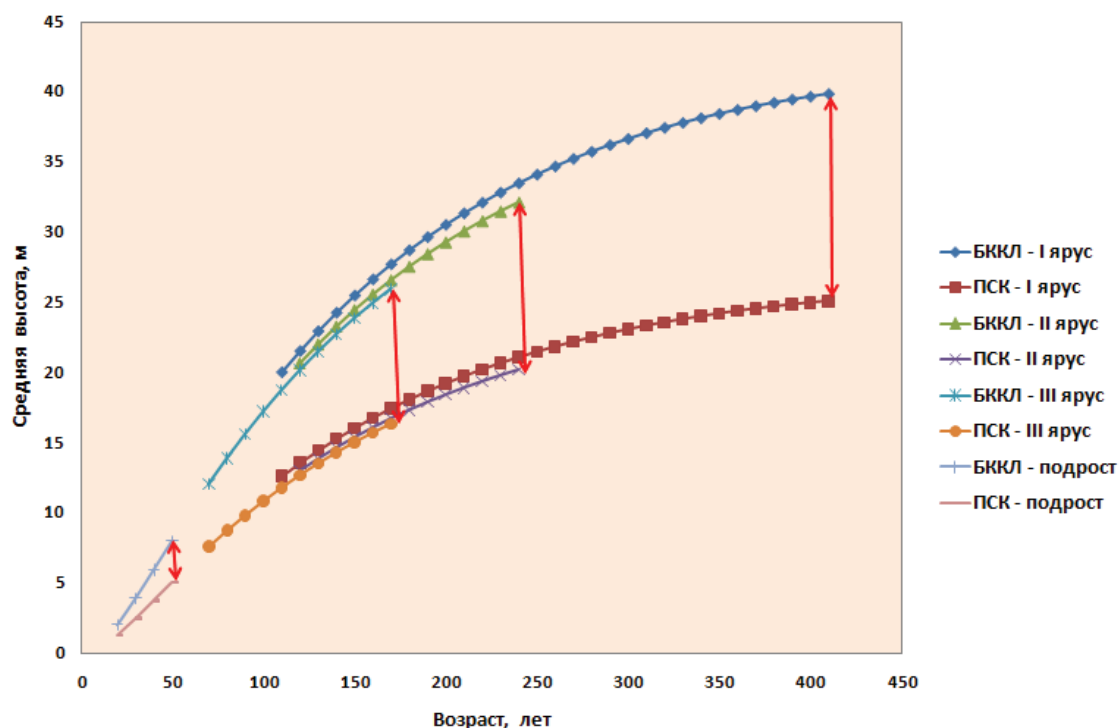


Рисунок 4.7. Сопоставление хода роста многоярусных пихтовых древостоев по средней высоте в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса

Полученная модель охватила весь диапазон высот включенных в анализ древостоев. По линиям регрессии (Рис. 4.6) следует сделать вывод, что наилучшими условиями для произрастания пихты кавказской является тип леса БККЛ – букняк колхидско-кустарниковый, а менее благоприятными в условиях ПСК – пихтарник скальный.

Уровни снижения продуктивности древостоев пихты кавказской ранжируются в следующем порядке:

- букняк колхидскокустарниковый (БККЛ);
- пихтарник среднетравно-ожиново-папоротниковый (ПСОП);
- пихтарник колхидскокустарниковый (ПКЛК);
- букняк среднетравно-ожиново-папоротниковый (БКСО);
- пихтарник крупнотравно-крупнопапоротниковый (ПКРП);
- пихтарник среднетравно-овсяницевого (ПСО);
- пихтарник разнотравный (ПРЗ);
- пихтарник каменистый (ПК);
- пихтарник скальный (ПСК).

4.5. Возрастная динамика среднего диаметра древостоев пихты кавказской по ярусам, полноте и типам леса

Сочетание указанных в матрице (табл. 4.2) значений переменных (X_1 - X_8) с возрастом (A) пихтового элемента леса, порядковым номером яруса ($Яр$) и полнотой (Π) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних диаметров (D_{cp}) вида:

$$D = \exp(-0,42000 - 0,07757X_1 - 0,12218X_2 + 0,01158X_3 - 0,08749X_4 - 0,08573X_5 - 0,24887X_6 - 0,05623X_7 - 0,02494X_8 + 0,82276\ln A - 0,12942\ln Яр - 0,12000\ln \Pi) \quad (4.2)$$

$$R^2 = 0,833;$$

$$t = \{-2,8; -1,0; -2,3; 0,2; -1,8; -1,7; -4,2; -1,2; -0,5; 38,9; -7,1; 4,5\} \quad F = 456,9 \text{ при } P < 0,05$$

Полученная регрессия позволила получить графики хода роста по среднему диаметру пихтовых древостоев разной полноты по типам леса (Рис. 4.10 - 4.13).

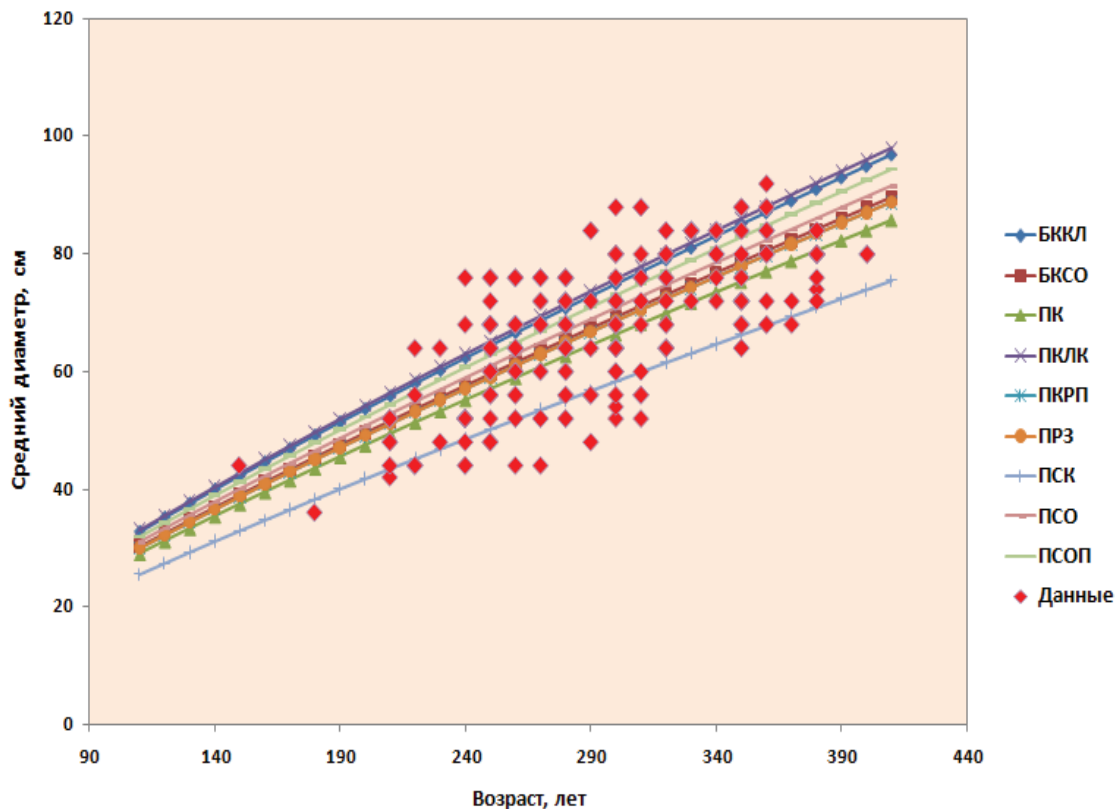


Рисунок 4.8. Ход роста по среднему диаметру древостоев I яруса в разных типах леса при $\Pi=0,7$

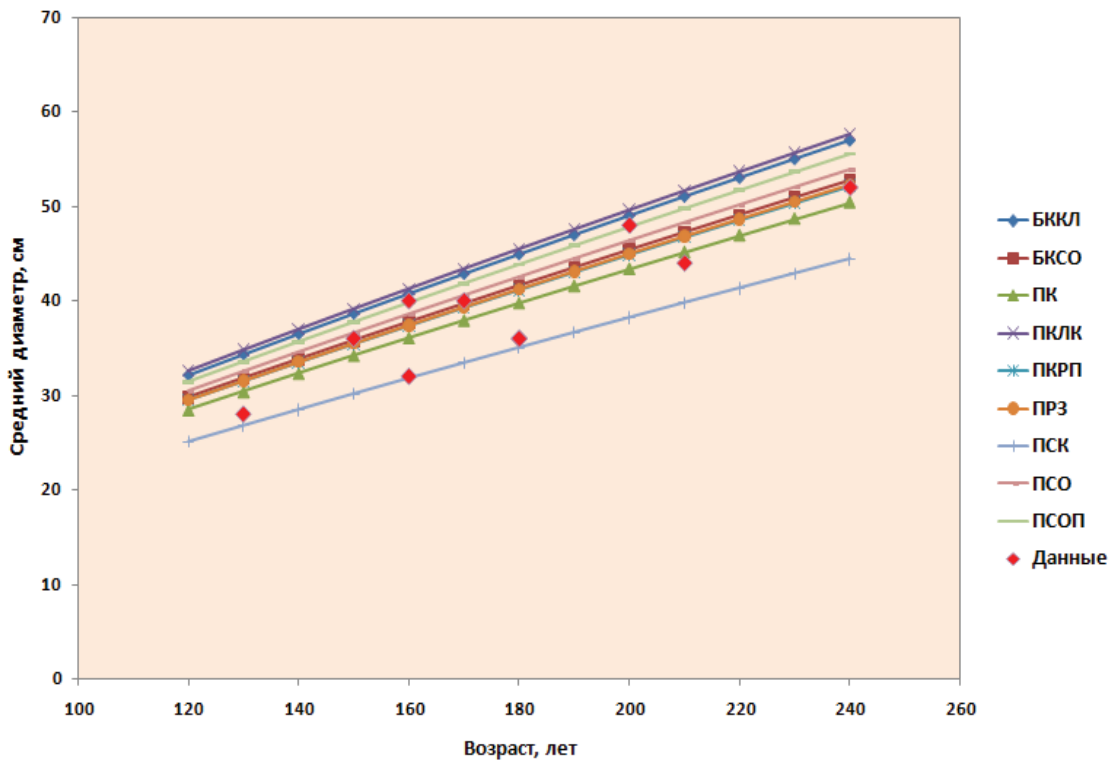


Рисунок 4.9. Ход роста по среднему диаметру деревьев II яруса в разных типах леса при $\Pi=0,7$

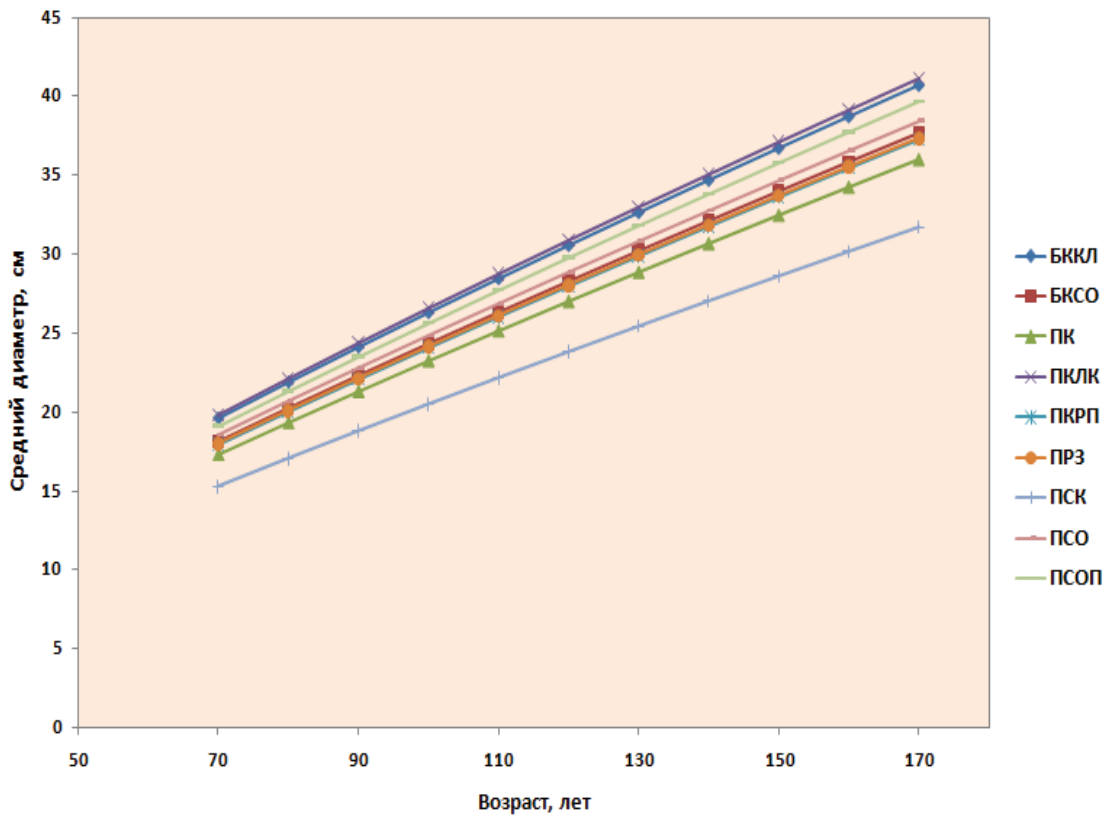


Рисунок 4.10. Ход роста по среднему диаметру деревьев III яруса в разных типах леса при $\Pi=0,7$

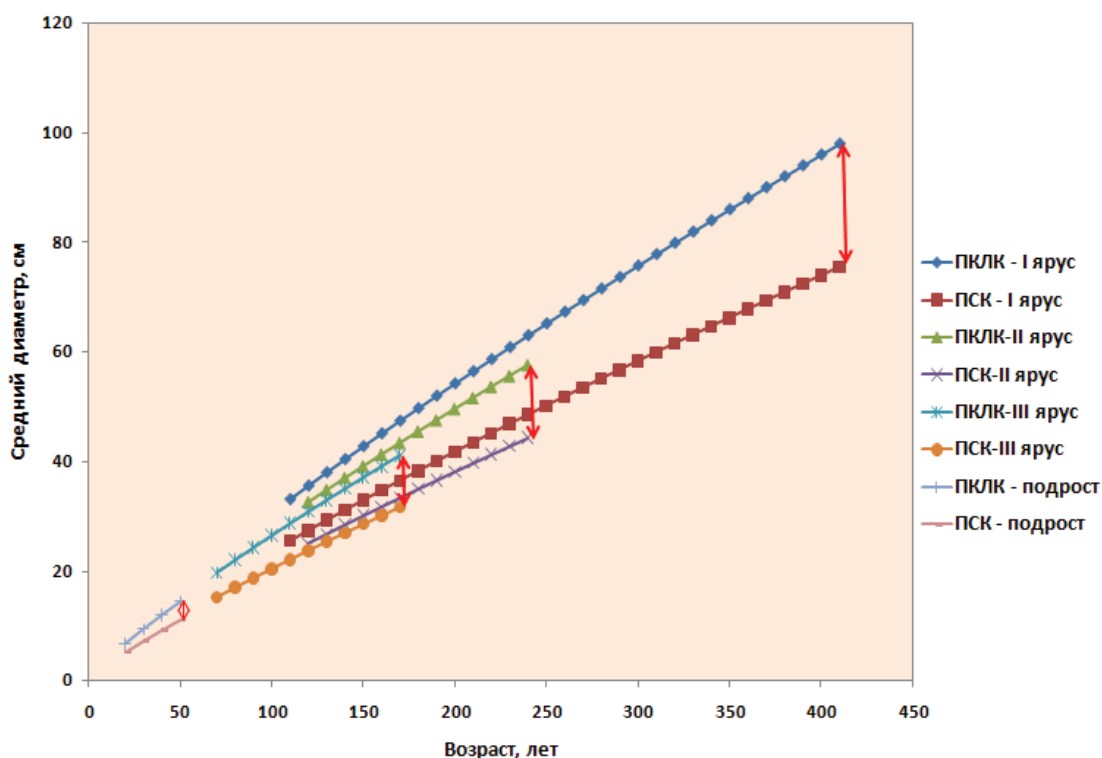


Рисунок 4.11. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по среднему диаметру в высокопродуктивном (ПКЛК) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $\Pi=0,7$

Полученные регрессии охватывают весь диапазон диаметров древостоев. Уравнения характеризуются достаточно высоким показателем детерминации ($R^2=0,833$) и отображают динамику среднего диаметра древостоев.

Наибольший средний диаметр для древостоя пихты кавказской соответствует ПКЛК – пихтарнику колхидскокустарниковому, а наименьший типу леса ПСК – пихтарнику скальному.

Ранжирование среднего диаметра по типам леса выглядит следующим образом:

- пихтарник колхидскокустарниковый (ПКЛК);
- букняк колхидскокустарниковый (БККЛ);
- пихтарник среднетравно-ожиново-папоротниковый (ПСОП);
- пихтарник среднетравно-овсяницевоый (ПСО);
- букняк среднетравно-ожиново-папоротниковый (БКСО);
- пихтарник разнотравный (ПРЗ);
- пихтарник крупнотравно-крупнопапоротниковый (ПКРП);
- пихтарник каменистый (ПК);
- пихтарник скальный (ПСК).

4.6. Возрастная динамика запасообразующих показателей древостоев разной полноты по ярусам и типам леса

В разделе, без особой детализации, показана динамика формообразования стволов, выраженная средним видовым числом (Рис 4.12), суммы площадей сечения (Рис. 4.13), запаса (Рис. 4.14), объема среднего дерева (Рис. 4.15), числа деревьев на 1 га (Рис. 4.16), текущего и среднего прироста по запасу (Рис. 4.17 – 4.18).

Линии регрессии относятся к древостоям с полнотой 0,7 ед. в самых высоко (БККЛ) и низко продуктивных (ПСК) типов леса. Их расхождение свидетельствует о размахе варьирования запасообразующих таксационных показателей. Выявленные закономерности и полученные модели естественного формирования самых сложных и максимально продуктивных в Евразии древостоев, подтверждают методическую обоснованность и производственную целесообразность разработки многомерных экологических лесотаксационных нормативов для лесов Российской Федерации.

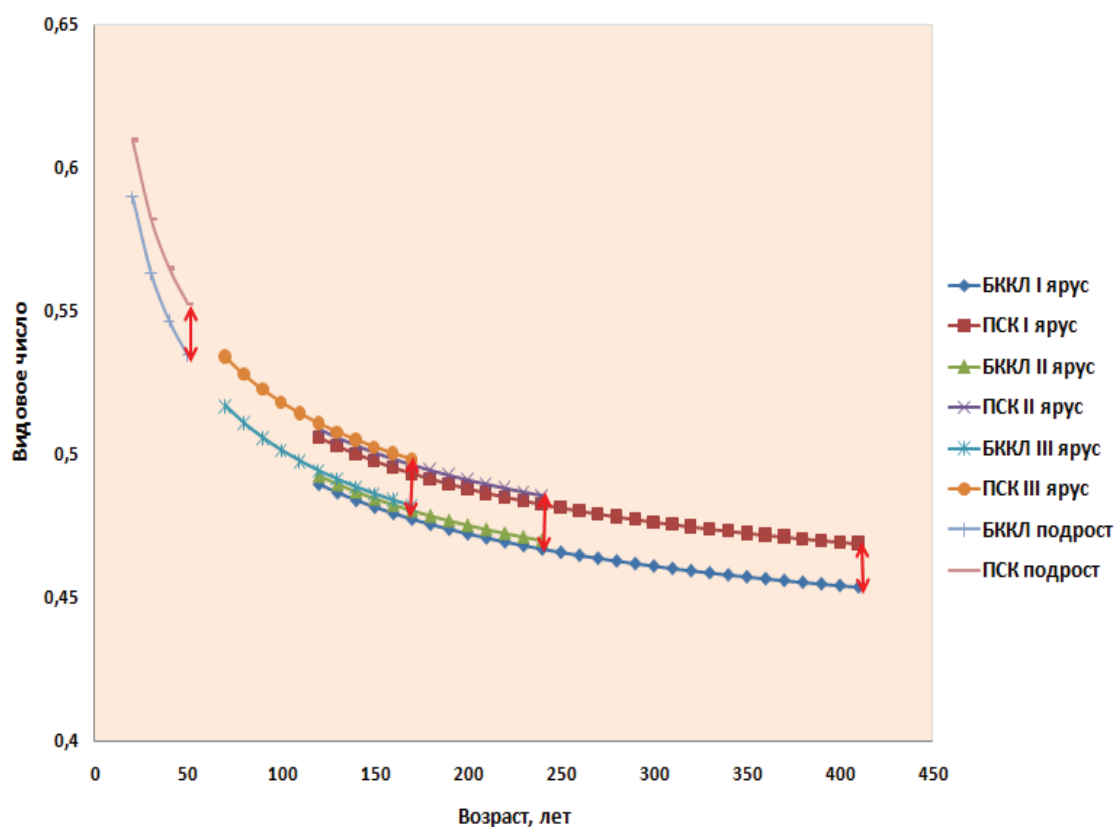


Рисунок 4.12. Сопоставление зависимости среднего видового числа пихтовых древостоев от возраста по ярусам в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $P=0,7$

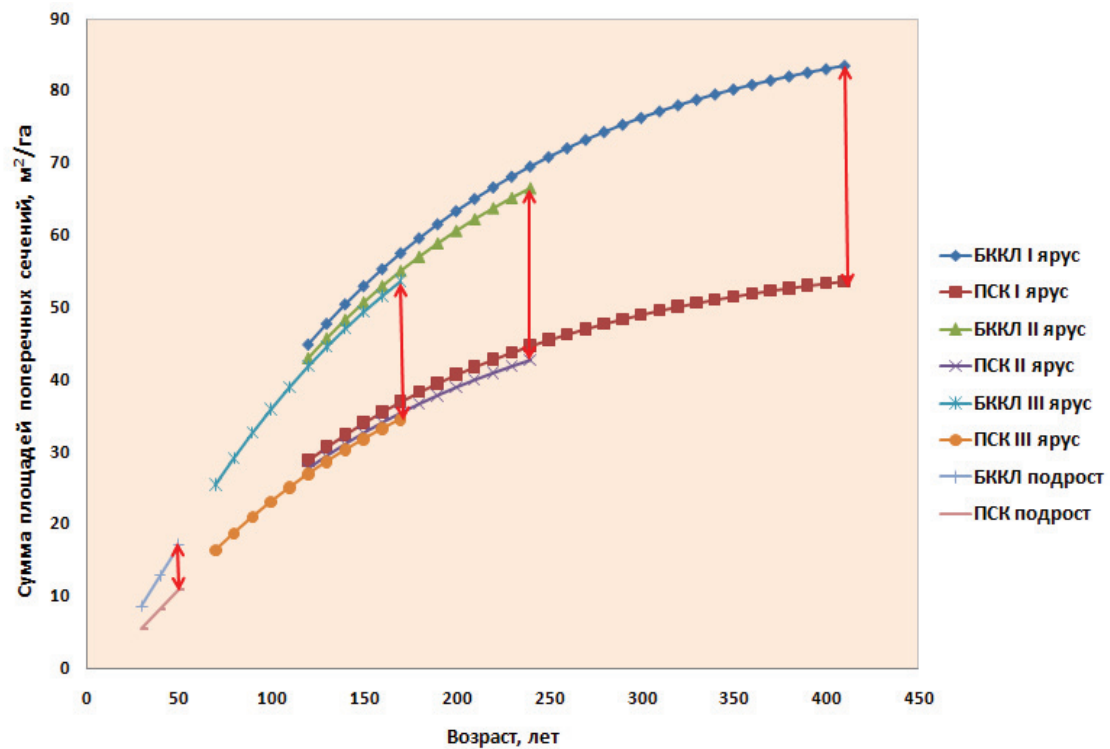


Рисунок 4.13. Сопоставление хода роста пихтовых древостоев по сумме площадей поперечных сечений по ярусам в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $\Pi=0,7$

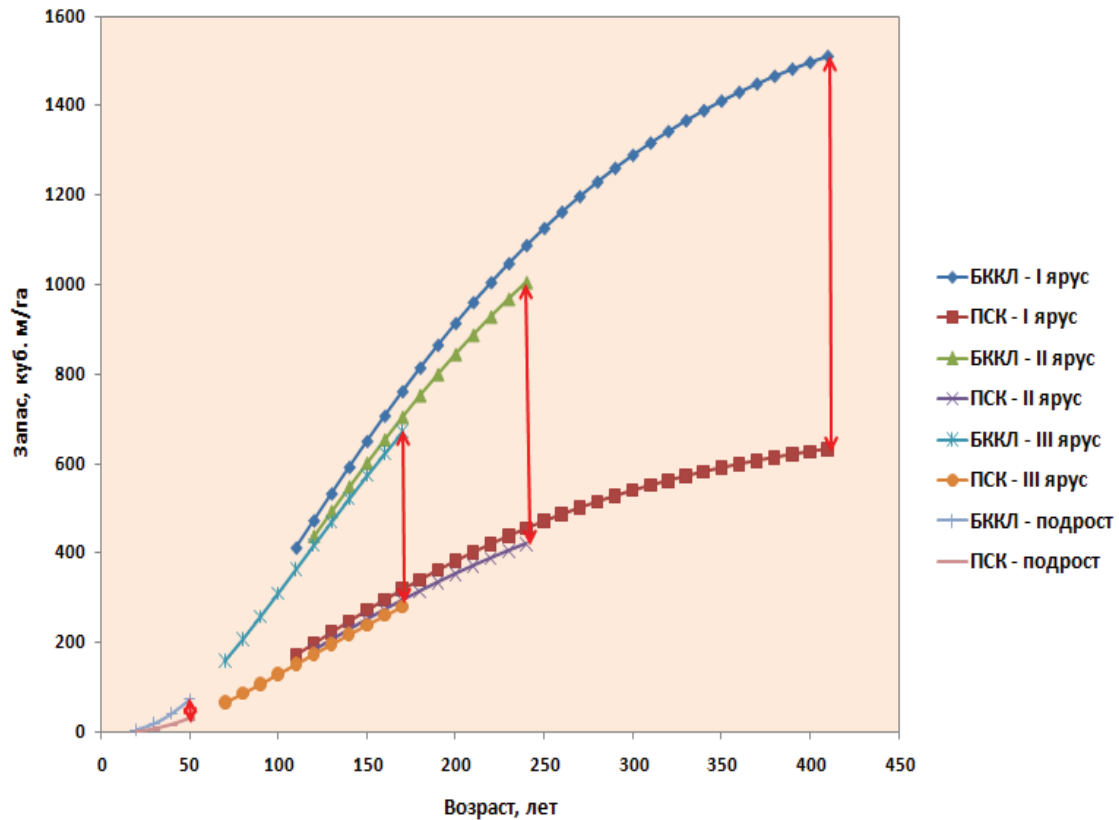


Рисунок 4.14. Сопоставление хода роста по запасу пихтовых древостоев по ярусам в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $\Pi=0,7$

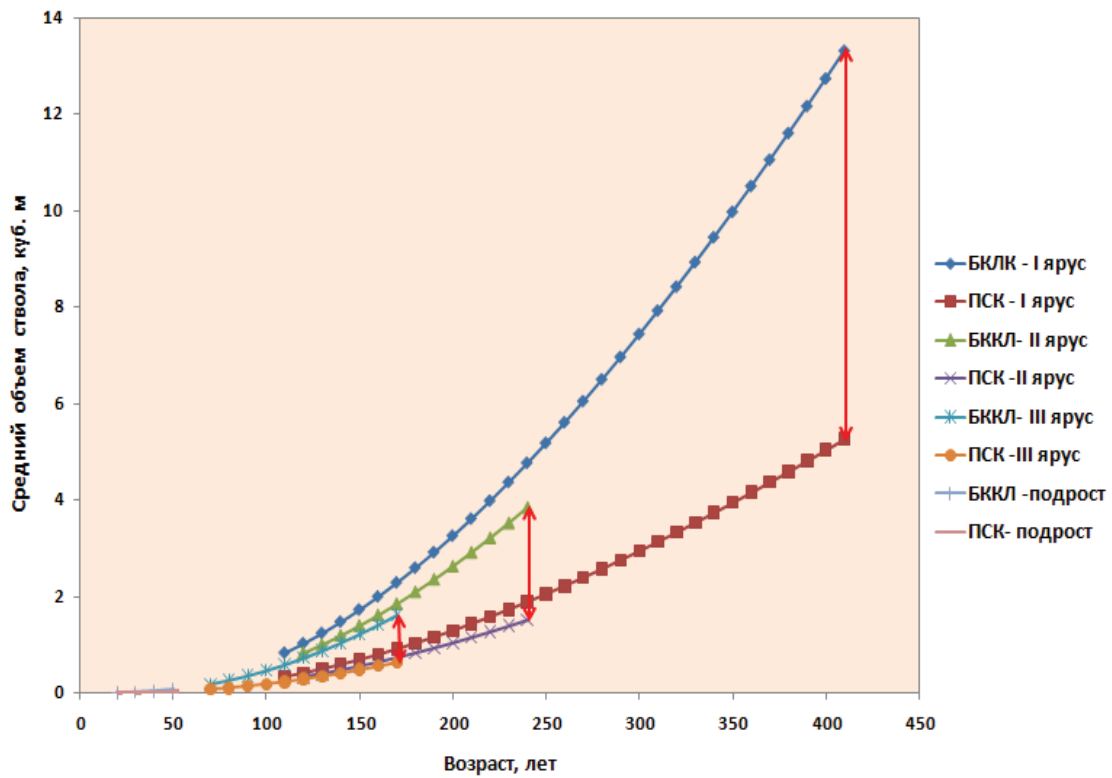


Рисунок 4.15. Сопоставление ход роста среднего объема стволов пихтовых древостоев по ярусам в высокопродуктивном (БКЛК) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $\Pi=0,7$

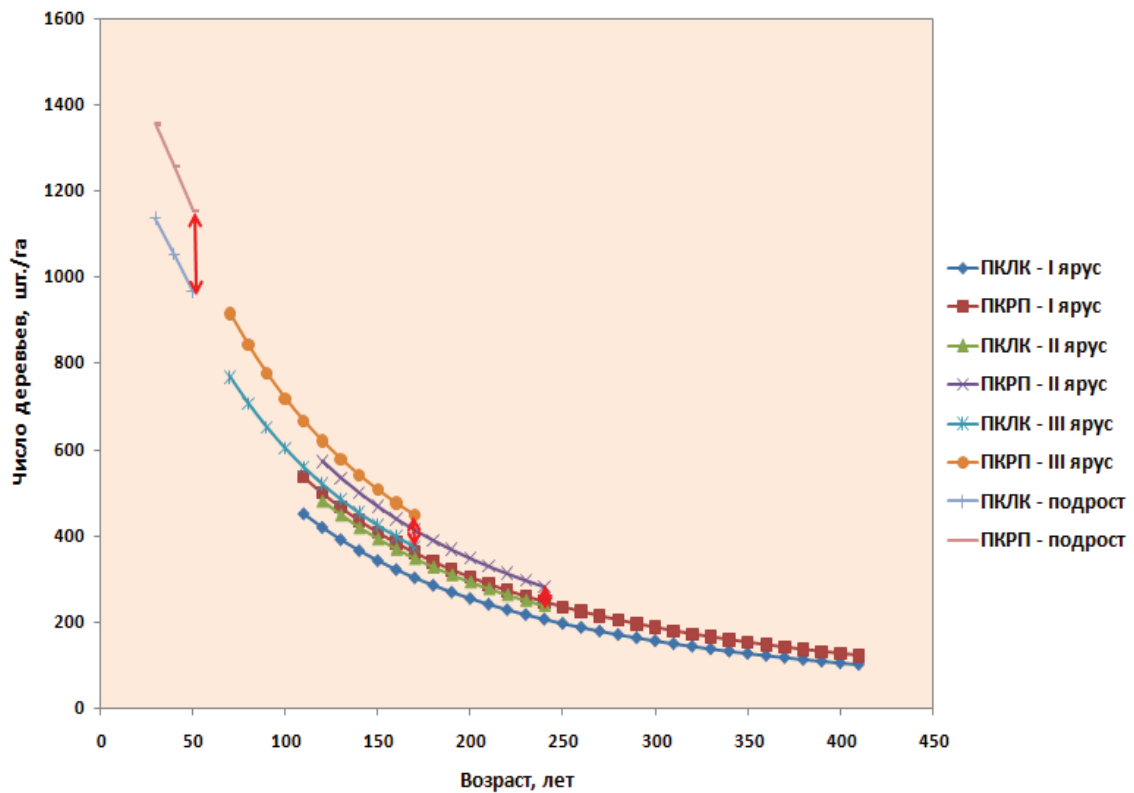


Рисунок 4.16. Сопоставление возрастной динамики самоизреживания пихтовых древостоев по ярусам в высокопродуктивном (ПКРП) и низкопродуктивном (ПКЛК) типах леса по ярусам при $\Pi=0,7$

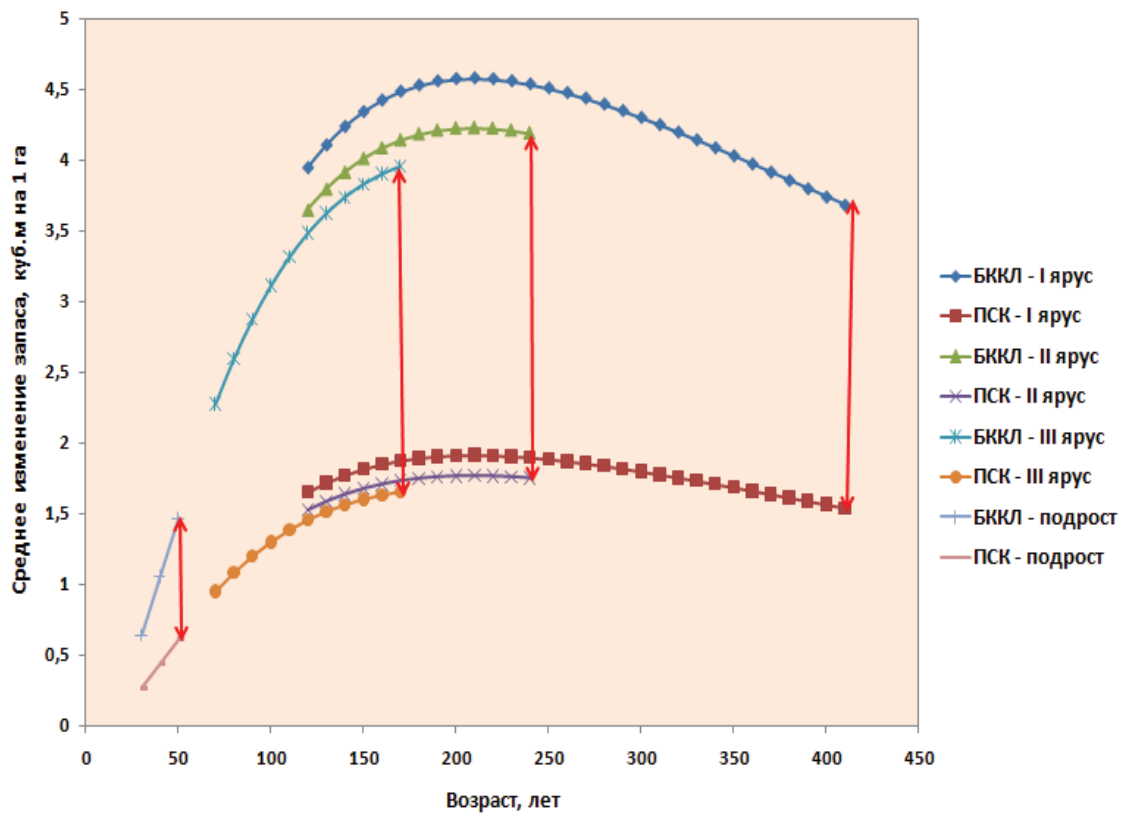


Рисунок 4.17. Сопоставление возрастной динамики среднего изменения запаса пихтовых древостоев по ярусам в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $P=0,7$

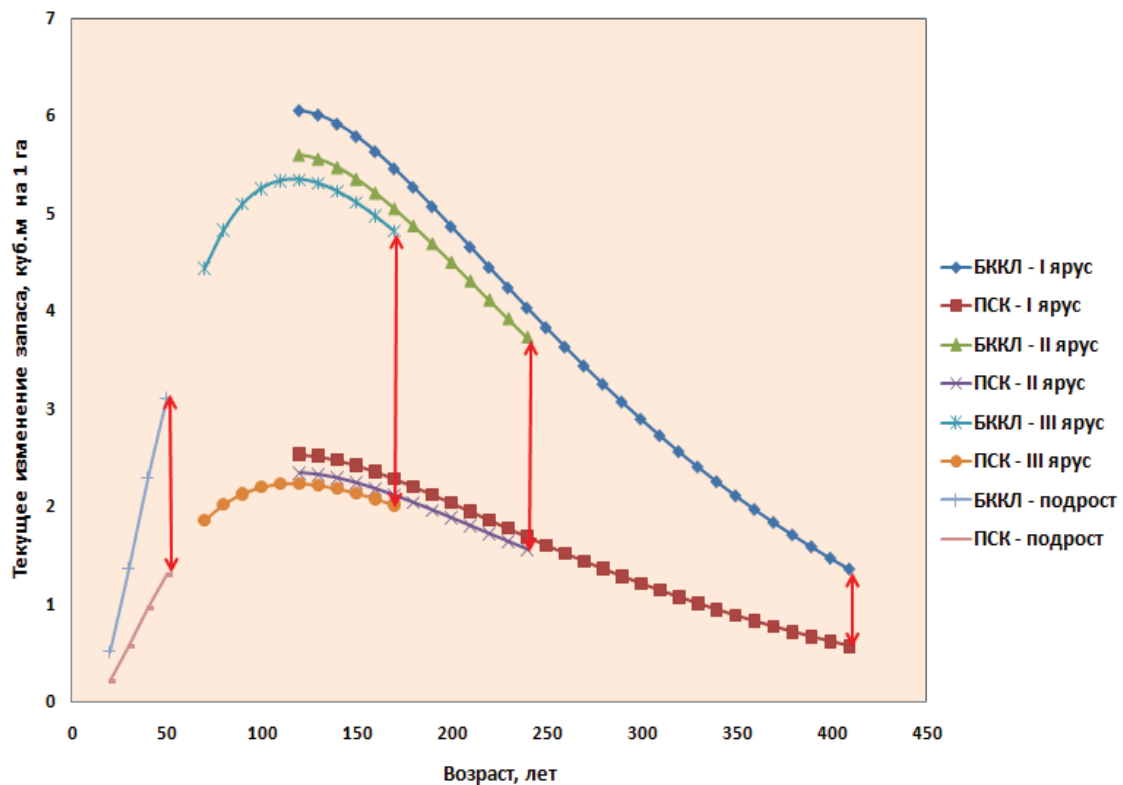


Рисунок 4.18. Сопоставление возрастной динамики текущего изменения запаса пихтовых древостоев по ярусам в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $P=0,7$

4.7. Количественная спелость древостоев пихты кавказской

Количественная спелость – это состояние дерева или древостоя, при котором они способны давать наибольший средний прирост (среднее изменение запаса) соответственно по объему и запасу. Она наступает тогда, когда величина среднего и текущего изменения запасов совпадают. Возраст количественной спелости является нижним пределом установления возраста рубки.

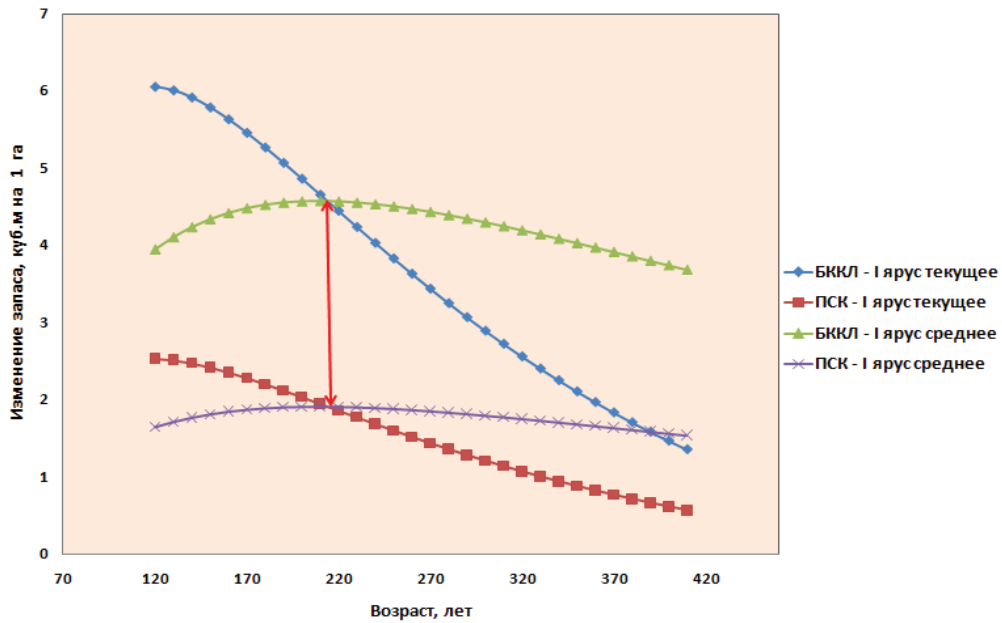


Рисунок 4.19. Возрастная динамика показателей прироста пихтовых древостоев I яруса в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $\Pi=0,7$

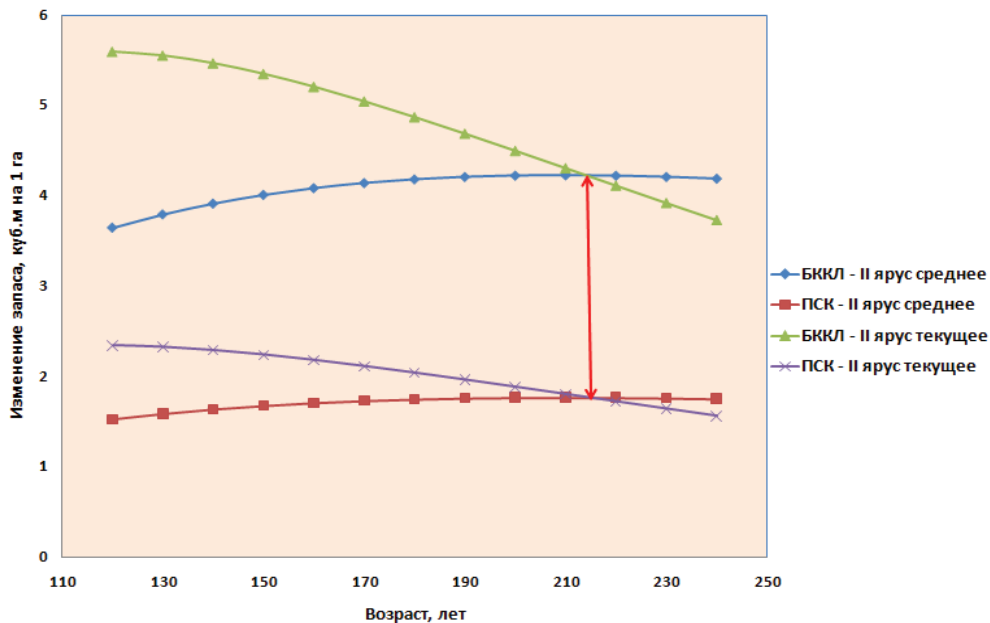


Рисунок 4.20. Возрастная динамика показателей прироста пихтовых древостоев II яруса в высокопродуктивном (БККЛ) и низкопродуктивном (ПСК) типах леса при $\Pi=0,7$

Значения показателей прироста в высокопродуктивных (БККЛ) и низкопродуктивных (ПСК) типах леса совпадают в возрасте 220 лет, о чем свидетельствуют пересечение линий регрессии на рисунках 4.19 и 4.20.

Аналогичным образом выполнена работа, относящаяся к насаждениям бука восточного, результаты которой представлены в следующем разделе монографии.

4.8. Типология буковых лесов Кавказского заповедника

Господствующими видами лесного пояса в Кавказском природном биосферном заповеднике являются третичные реликты: бук восточный (*Fagus orientalis*) и пихта Кавказская (*Abies nordmanniana*). Их состав и соотношение изменяется при движении с запада на восток. В западных районах бук восточный достигает наибольшего бонитета и в нижней части гор образует чистые древостои. С высоты 700 м над уровнем моря к буку присоединяется пихта, а с высоты 1200-1500 м бук становится составной частью пихтовых лесов и на верхней границе леса формируется буковое криволесье. С запада на восток возрастает роль пихты, бук становится сопутствующей породой и не поднимается выше 1700 м. В восточной части заповедника к пихте присоединяется ель восточная (*Picea orientalis*).

Широко распространены буковые леса, занимающие наиболее затененные и хорошо увлажняемые места в пределах 900-1200 м. На южном склоне Главного хребта они нередко покрывают весь склон от 500 м до верхней границы леса, где представлены в виде букового криволесья. Буковые леса тенисты. Колонновидные светло-серые стволы бука несут густые, широкие кроны, высоко вверху смыкающиеся в плотный шатер. Обычно буковые леса представлены чистыми древостоями. Примесь других древесных пород крайне незначительна и обычно не превышает 0,1 состава 1 яруса [5а].

Исключение составляет пихта кавказская, образующая на отдельных высотах (с 700 м над уровнем моря) смешанные пихтово-буковые и буково-пихтовые леса. Из других пород наиболее обычной примесью в буковых древостоях является граб, явор, ильм.

В буковых лесах, растущих у верхнего предела леса, наиболее постоянным спутником бука является клен высокогорный (*Acer trautvetteri* Medw). Здесь не редко встречаются береза и рябина. Из подлесочных пород распространены понтийский рододендрон (*Rhododendron ponticum*), падуб (*Ilex colchica et Istenocarpa*), кавказская черника (*Vaccinium arctostaphylos*), азалия (*Rhododendron luteum*), лавровишня (*Laurocerasus officinalis*). Флористический состав травяного яруса не богат и довольно однороден экологически и представлен преимущественно мезофильными, теневыносливыми видами.

Буковые леса на Западном Кавказе представлены несколькими типами: букняки среднетравно-ожиново-папоротниковые, букняки колхидско-кустарниковые, букняки крупнопапоротниковые, букняки среднетравно-овсяницевые, букняки верхних частей склонов – криволесья [5б, 29а].

Букняки среднетравно-ожиново-папоротниковые наиболее распространенный тип леса. Эти леса приурочены к склонам различной крутизны (0-30°) и экспозиции, но преимущественно к затененным и северным, расчлененным многочисленными ложбинами, на высотах до 1650 м. Букняки произрастают в условиях достаточного увлажнения, на мощных и среднемощных бурых горно-лесных суглинистых почвах, сформированных на глинистых сланцах. В этом типе леса имеют место как чистые буковые древостои, так и с участками пихты в первом ярусе. Букняки с примесью пихты встречаются в пределах 750-1650 м, также единично встречаются явор, граб, ильм, клен во 2 и 3 ярусе. Кустарники не образуют выраженного яруса подлеска. Эдификаторную роль в травяном покрове играют папоротники, преимущественно кочедыжник женский (*Athyrium filix femina*) и щитовник мужской (*Dryopteris filix mas*), сопутствуемые обычно ежевикой и другими видами. Эти растения в условиях оптимального освещения образуют верхний подъярус травяного покрова высотой 50-60 см. С изреживанием древостоя усиливается роль ежевики. С изменением освещенности при загущении древесного полога снижается жизненность большинства видов травянистого яруса. В группе среднетравно-ожиново-папоротниковых букняков преобладают высокопродуктивные деревья. Средняя высота господствующего полога равна 31-36 м, а запас древесины колеблется от 350 до 700 м³. Естественное возобновление древесных пород при высокой развитости травяного покрова затруднено.

Букняки колхидскокустарниковые тяготеют к крутым (20-30) склонам различной экспозиции с маломощными каменистыми почвами, сформировавшимися на глинистых сланцах и песчаниках юры до высоты 1000-1100 м. Иногда они встречаются на крупноглыбистых шлейфах, сложенных кристаллическими породами. Среди буковых лесов с подлеском из колхидских кустарников преобладают букняки рододендроновые.

Букняки крупнопапоротниковые имеют небольшое распространение, встречаются по ложбинам, террасовидным уступам, пологим понижениям близ ручьев. Эти буковые леса приурочены к местам с избыточным, но проточным увлажнением пологих северных или затененных склонов. Они распространены на разнообразных по мощности и скелетности почвах, от мощных слабоскелетных до маломощных сильноскелетных и щебнистых с небольшим содержанием мелкозема. В составе древостоя нередко присутствуют

ильм, граб, клен, явор и пихта. В этих условиях бук образует полнодревесные стволы, с мощной широкой кроной на толстых сучьях. Сложение ярусов не равномерное, имеются окна. Из кустарников обычна бузина черная (*Sambucus nigra*). В травяном покрове присутствуют влаголюбивые виды, дополняющиеся мезофильными растениями. В оптимальных условиях освещенности папоротник достигает 1-1,2 м, образуя сомкнутый ярус.

Букняки среднетравно-овсяницевые приурочены к хорошо освещенным местоположениям, дренированным участкам, испытывающим временный недостаток увлажнения южным склонам, выпуклым элементам рельефа и пригребневым участкам северных склонов. Почвы бурые горнолесные суглинистые, весьма разные по мощности и степени скелетности.

В этих типах леса обычно участие граба, реже явора и липы, подлесок не выражен. В травяном покрове при оптимальных условиях освещенности господствует овсяница горная, образующая почти сплошной покров высотой 30-50 см. в качестве примеси присутствуют мезофильные виды. При снижении освещенности под пологом древесным ярусом жизненность овсяницы снижается, и она уступает свое место теневыносливым видам.

Буковые редколесья имеют локальное распространение на высотах от 1700 (1650) до 2000 (2100) м. В состав буковых криволесий входят клен высокогорный, рябина. На северо-западе Главного Кавказского хребта в районе горного массива Фишт-Оштен в результате хозяйственной деятельности верхний предел леса проходит на высоте 1500-1700 м. В бассейне реки Белой он достигает уже 1800 – 1900 м [1а, 33а].

Значительная мощность снега и укороченный вегетационный период в условиях общей снежности на этих высотах обуславливают пониженную интенсивность роста бука и искривленную форму стволов. Верхнюю опушку на границе с субальпийскими лугами или зарослями рододендрона образуют густые заросли низкорослой кустовидной формы бука с многочисленными стелющимися вниз по склону стволиками, не превышающей 2-2,5 м диаметром 6-8 см. Ниже по склону интенсивность роста бука быстро нарастает и уменьшается изгиб стволов.

Бук восточный является господствующим видом лесного пояса в Кавказском природном биосферном заповеднике. В западных районах бук восточный достигает наибольшего бонитета и в нижней части гор образует чистые древостои. Широко распространены буковые леса, занимающие наиболее затененные и хорошо увлажняемые места в пределах 900-1200 м. На южном склоне Главного хребта они нередко покрывают весь склон от 500 м до верхней границы леса, где представлены в виде букового криволесья.

Буковые леса Кавказского заповедника представлены такими типами леса, как:

- БКК – букняк каменистый,
- БККЛ – букняк колхидский,
- БККР – букняк крупнотравный,
- БКРЗ – букняк разнотравный,
- БКСЗ – букняк среднетравно-злаковый,
- БКСО – букняк среднетравно-ожиновый.

Процентное распределение площадей буковых лесов по типам леса представлено на рисунке 4.21.

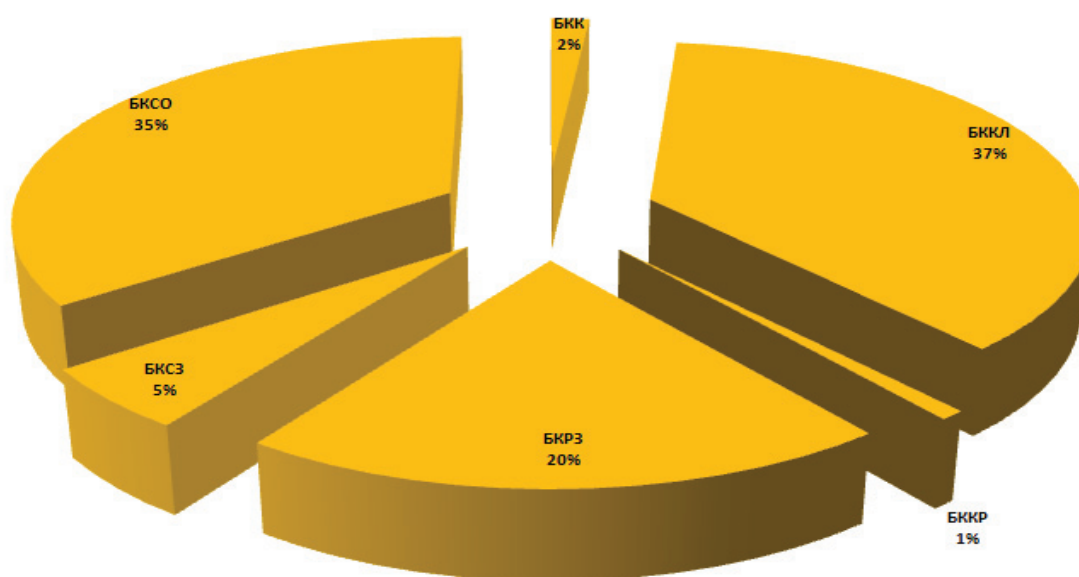


Рисунок 4.21. Распределение площадей под буковыми типами леса

4.9. Возрастная динамика средней высоты по ярусам в древостоях разных типов леса

Средняя высота – это средняя высота совокупности деревьев, относящихся к основному ярусу, основной породе и основному возрастному поколению. При перечислительном методе таксации среднюю высоту древостоя определяют по графику зависимости высот деревьев от их диаметров, при этом значению среднего диаметра соответствует значение средней высоты.

Средняя высота один из важнейших таксационных показателей, характеризующих состояние и производительность древостоя, а также качество лесорастительных условий. Средняя высота служит основой для построения многих лесотаксационных нормативов [11].

Осуществить переход от бонитетной шкалы к типам леса по средней высоте позволяет статистическое моделирование с применением блоковых фиктивных переменных [55].

При разработке шкалы по типам леса независимые переменные, выраженные качественными показателями – типами леса, были выражены блоковыми фиктивными переменными путем построения матрицы в виде таблицы 4.4.

Таблица 4.4. – Матрица бинарных переменных, характеризующих типы леса

Тип леса	Блоковые фиктивные переменные				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
БКК	0	0	0	0	0
БККЛ	1	0	0	0	0
БККР	0	1	0	0	0
БКРЗ	0	0	1	0	0
БКСЗ	0	0	0	1	0
БКСО	0	0	0	0	1

где: БКК – букняк каменистый, БККЛ – букняк колхидский, БККР – букняк крупнотравный, БКРЗ – букняк разнотравный, БКСЗ – букняк среднетравно-злаковый, БКСО – букняк среднетравно-ожиновый.

Уравнение регрессии средней высоты для сложных буковых древостоев имеет вид:

$$H_{cp} = \exp(-9,740 + 0,31878X_1 + 0,39056X_2 + 0,15653X_3 + 0,14853X_4 + 0,35422X_5 + 4,37181 \ln A - 0,36560 \ln^2 A - 0,13504 \ln \Psi) \quad (4.3)$$

$$R^2=0,977; m_R=\pm 0,14; t= \{-67,9; 9,8; 7,6; 4,7; 4,2; 9,8; 67,1; -48,2; -6,8\}; F=7416,692; P<0,05$$

Средняя высота древостоев ранжируется в следующем порядке:

- букняк каменистый (БКК);
- букняк среднетравно-злаковый (БКСЗ);
- букняк разнотравный (БКРЗ);
- букняк колхидский (БККЛ);
- букняк среднетравно-ожиновый (БКСО);
- букняк крупнотравный (БККР);

Графическая интерпретация выявленных закономерностей возрастной динамики вредней высоты представлен на рисунках 4.22, 4.23.

Сочетание кодированных значений типов леса (X_1 - X_5) с возрастом (А), порядковым номером яруса (Яр) и полнотой (П) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних диаметров (D_{cp}) вида:

$$D_{cp} = \exp(0,49300 + 0,18705X_1 + 0,14541X_2 + 0,00763X_3 + 0,11017X_4 + 0,21477X_5 - 1,12892\ln A + 0,62348\ln^2 A - 0,05490\ln^3 A - 0,21072\ln Яр - 0,09508\ln П) \quad (4.4)$$

$$R^2=0,984; m_R=\pm 0,12; t=\{0,6; 6,4; 3,1; 0,3; 3,5; 7,3; -2,0; 4,8; -5,8; -12,5; 6,9\}; F=8362,8; P<0,05;$$

Линии регрессии выявленных закономерностей изменения среднего диаметра, среднего объема ствола, суммы площадей сечения, запаса, среднего изменения запаса, текущего изменения запаса с возрастом по ярусам при полноте 0,5 показаны на рисунках 4.24 – 4.29.

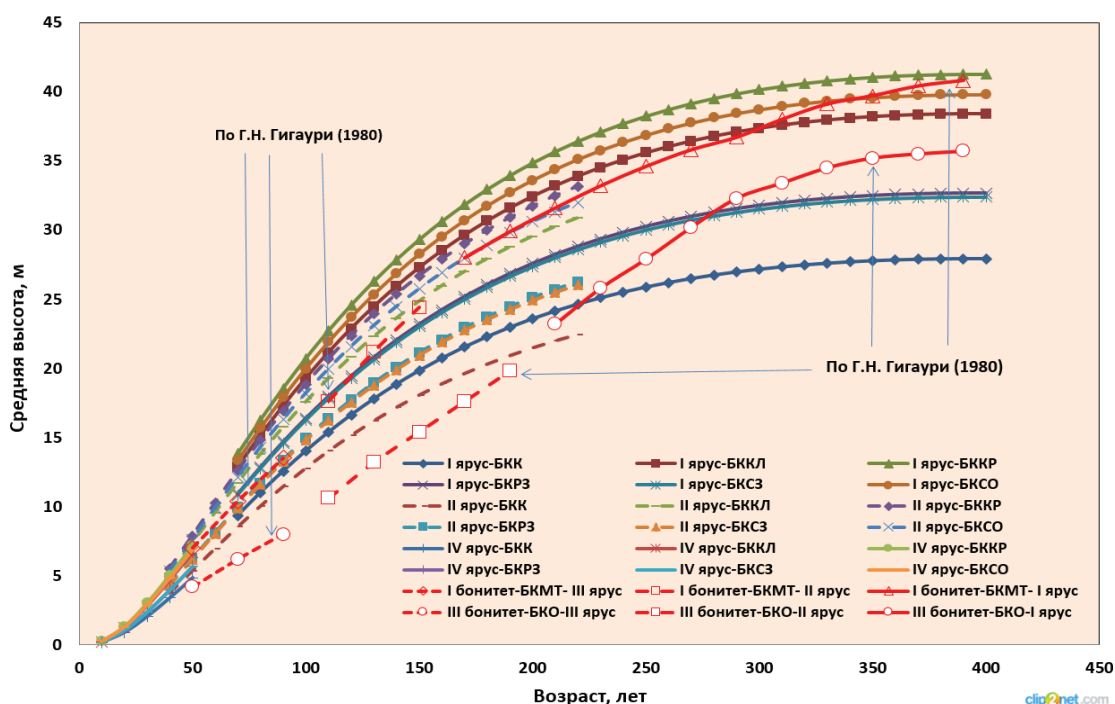


Рисунок 4.22. Ход роста по средней высоте букового элемента леса по ярусам и типам леса

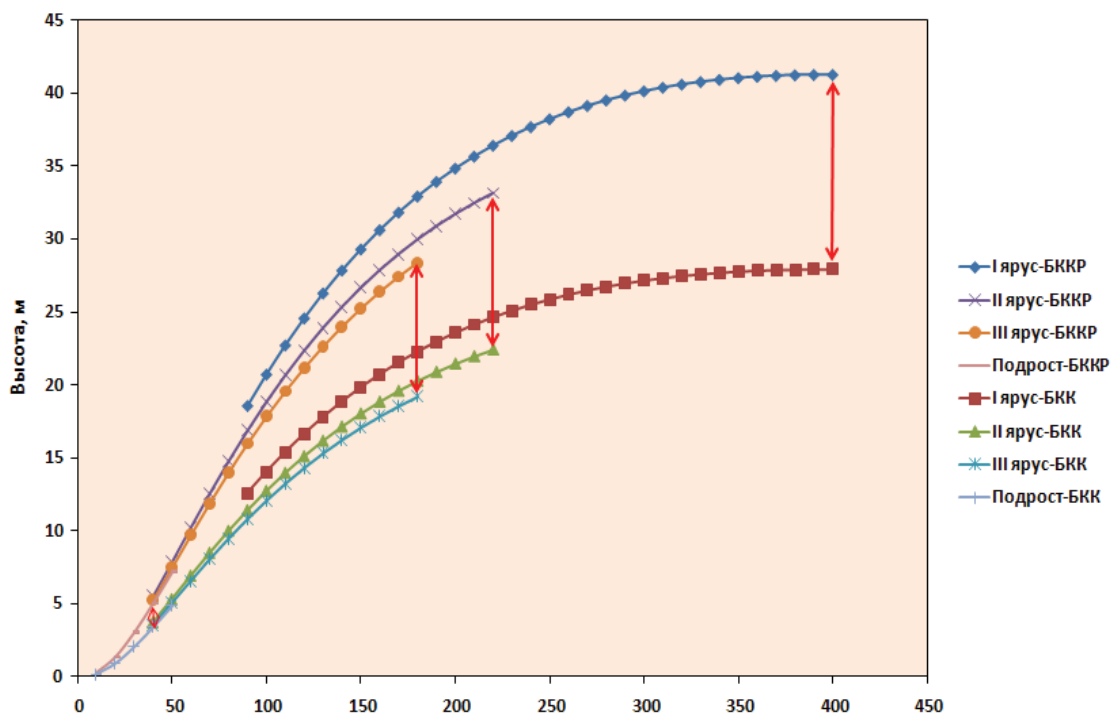


Рисунок 4.23. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по средней высоте в высокопродуктивном (БККР) и низкопродуктивном (БКК) типах леса

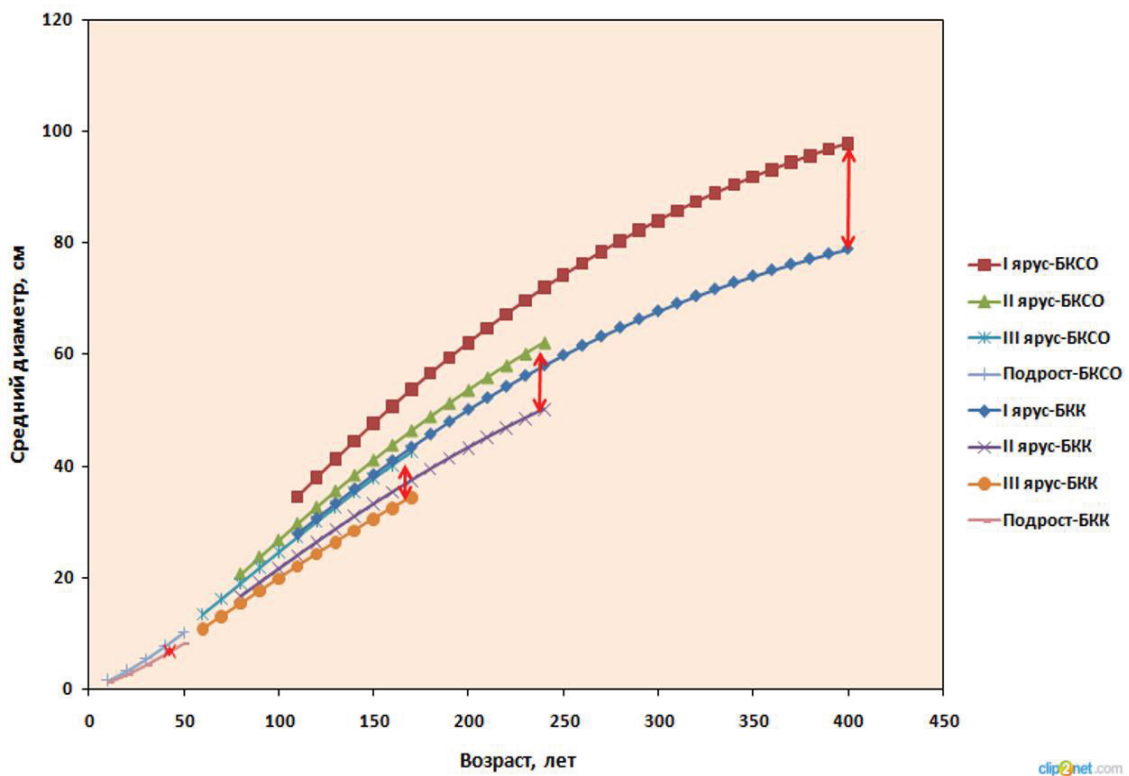


Рисунок 4.24. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по среднему диаметру в высокопродуктивном (БККР) и низкопродуктивном (БКК) типах леса при $P=0,7$

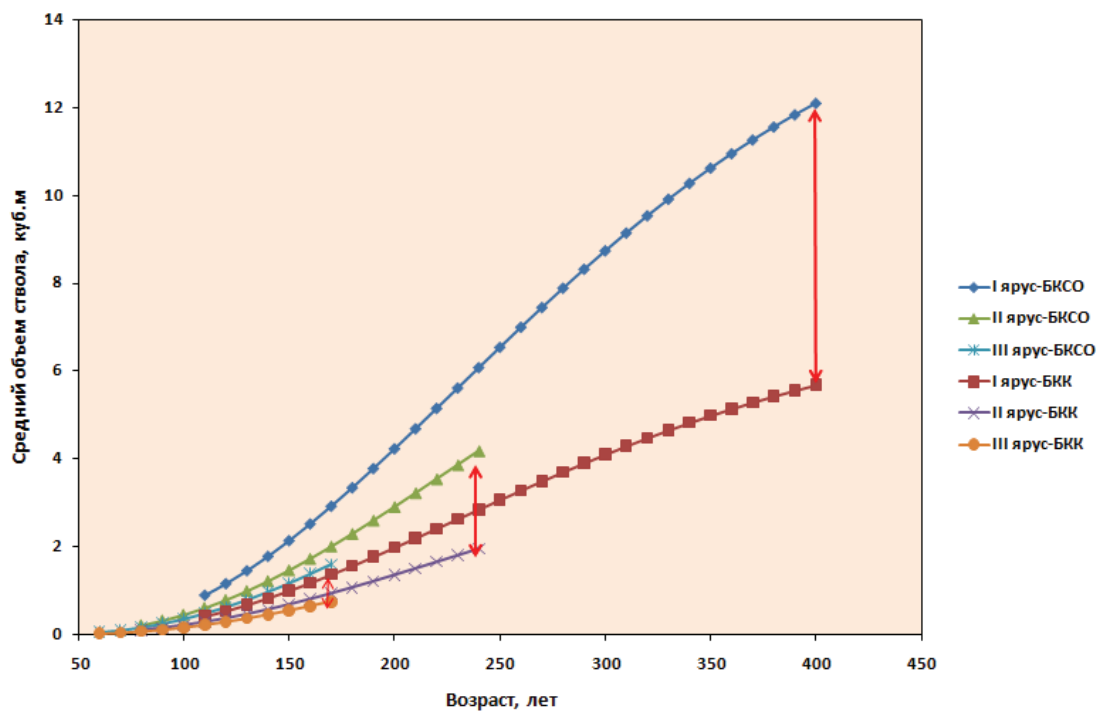


Рисунок 4.25. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по объему ствола среднего дерева в высокопродуктивном (БКСО) и низкопродуктивном (БКК) типах леса при $\Pi=0,7$

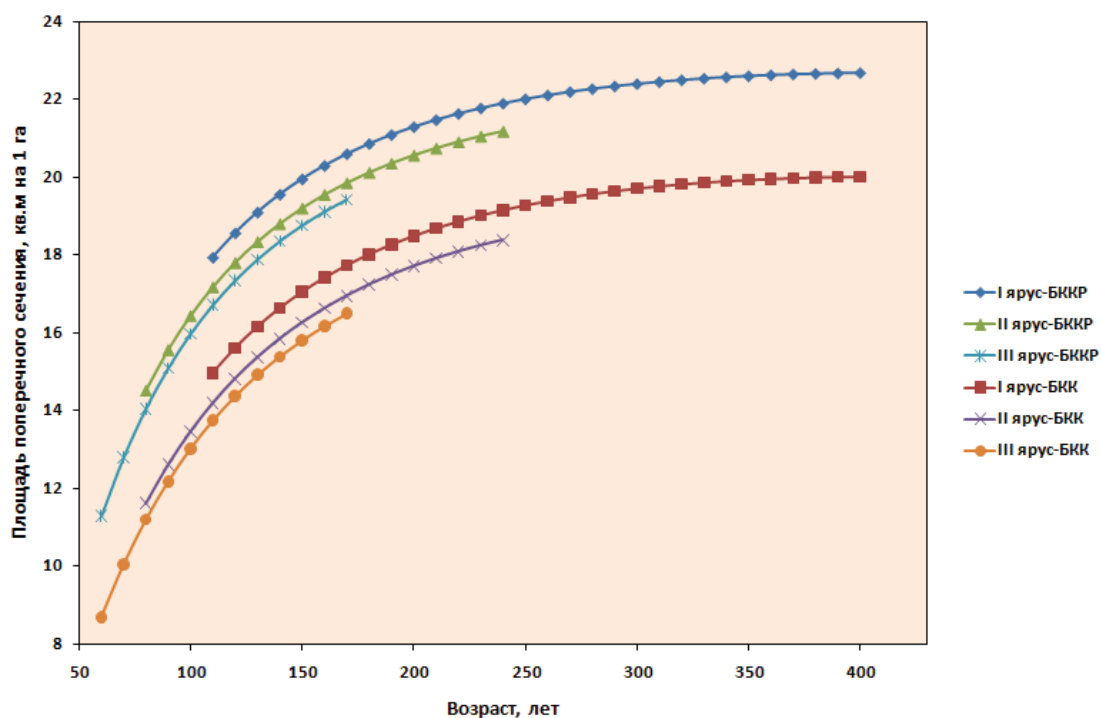


Рисунок 4.26. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по сумме площадей сечения в высокопродуктивном (БКСО) и низкопродуктивном (БКК) типах леса при $\Pi=0,7$

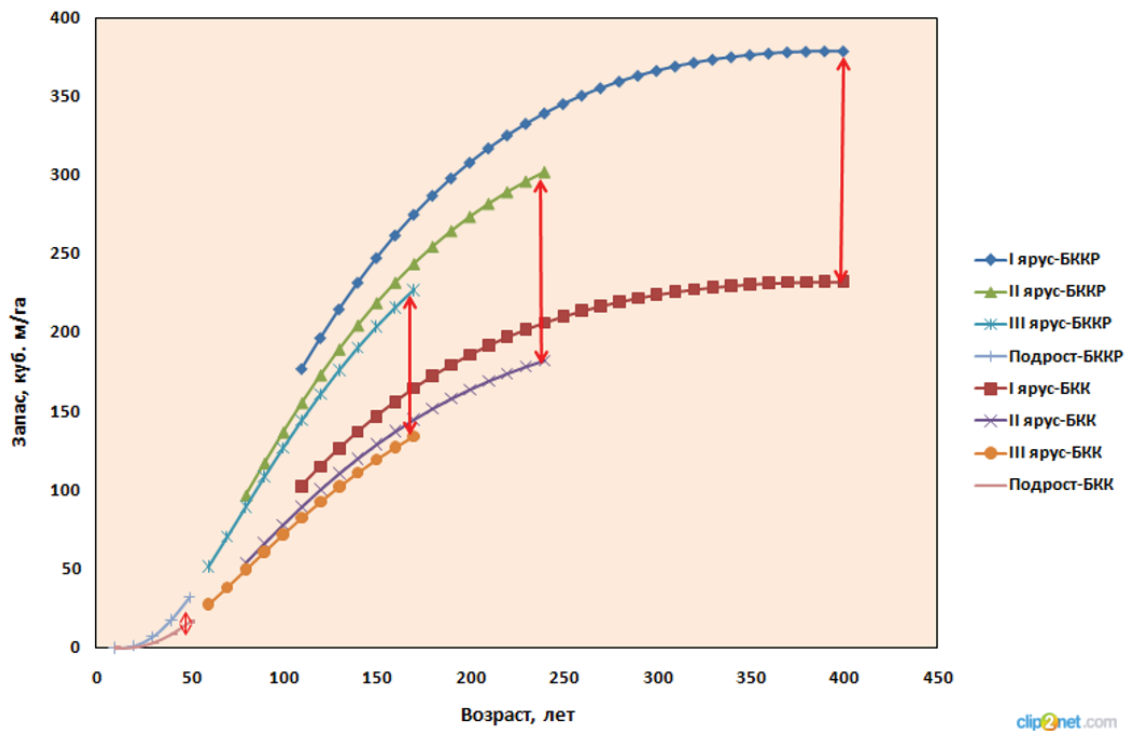


Рисунок 4.27. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по запасу в высокопродуктивном (БККР) и низкопродуктивном (БКК) типах леса при $\Pi=0,7$

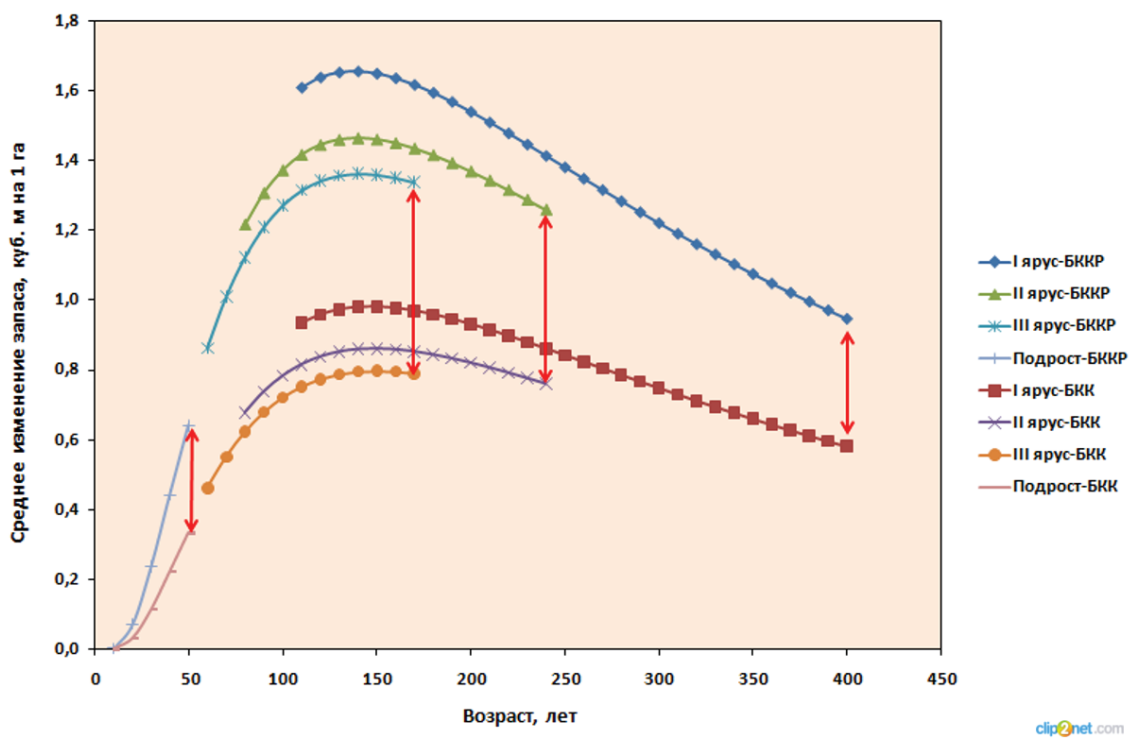


Рисунок 4.28. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по среднему изменению запаса в высокопродуктивном (БККР) и низкопродуктивном (БКК) типах леса при $\Pi=0,7$

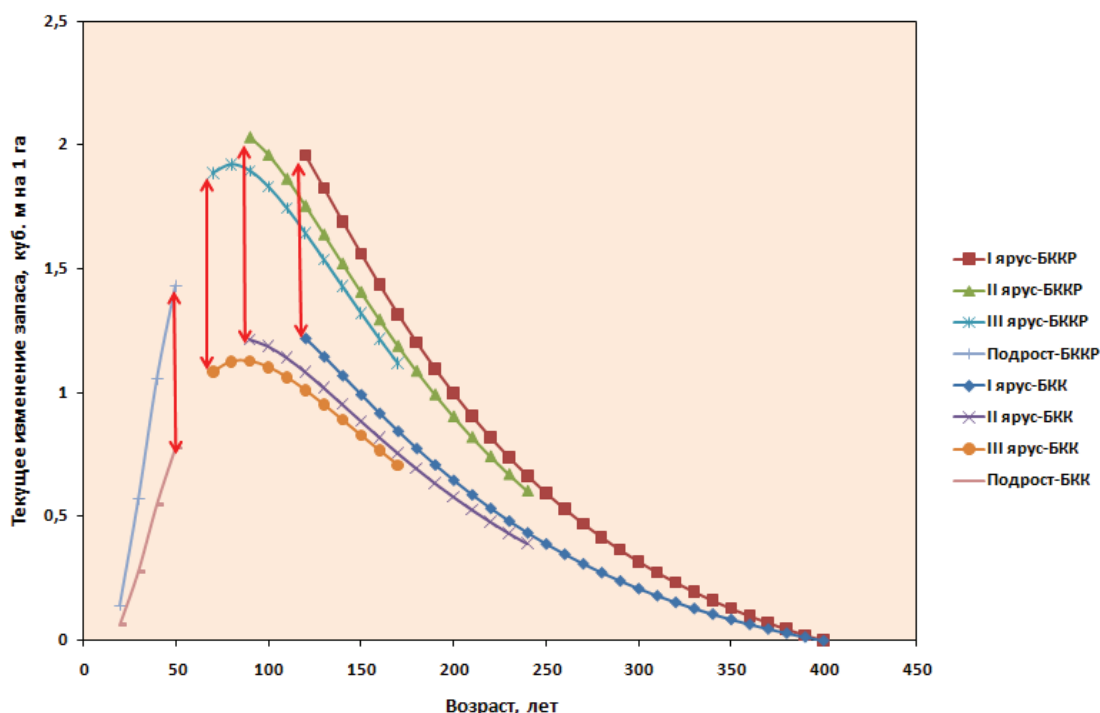


Рисунок 4.29. Сопоставление хода роста многоярусных древостоев по текущему изменению запаса в высокопродуктивном (БККР) и низкопродуктивном (БКК) типах леса при $\Pi=0,7$

4.10. Нормативы возрастной динамика роста и продуктивности элементов леса в сложных древостоях разной полноты по ярусам и типам леса

Представленные в разделе статистические модели возрастной динамики роста и продуктивности древостоев пихтового элемента леса по ярусам и типам леса, их графическая интерпретация позволили разработать экологические нормативы для таксации самых сложных в таксационном отношении древостоев Северного Кавказа.

Для целостного представления новых нормативов продемонстрируем их преимущественные информационные возможности перед разработанными эскизами таблиц хода роста Г.Н. Гагаури (1980) (табл. 4.5) в НИИ горного лесоводства имени В.З. Гулисашвили (Тбилиси) [5а]. Следует указать, что других, более полных и совершенных таблиц возрастной динамики роста и продуктивности сложных древостоев горных лесов Северного Кавказа до сих пор не предложено. Главным недостатком предложенных эскизов ТХР является, то что они получены не аналитическим путем, а в результате графического выравнивания таксационных показателей древостоев с возрастом, что не соответствует методическим требованиям. Подтверждением тому является сопоставление ломаных линий, полученных по данным из эскизов ТХР с линиями регрессий,

полученными по модели (4.1) (Рис. 4.6 – 4.20). Линии возрастной динамики средних высот I и III классов бонитета по всем теоретическим канонам лесной таксации не соответствуют реальным изменениям, представленным лесотипологическими кривыми хода роста.

Наряду с графической интерпретацией хода роста пихтового элемента леса по средней высоте разных ярусов по типам леса на рисунке 4.22 показаны аналогичные закономерности, относящиеся к элементу леса, представленному буком восточным. Сопоставление полученных линий регрессии с данными из эскизов таблиц хода роста также (табл. 4.5) свидетельствует о более совершенных нормативах, полученных на лесотипологической основе.

Поэтому очевидно преимущество предложенных нами моделей и нормативов для самых сложных в таксационном отношении горных лесов Северного Кавказа.

Таблица 4.5. Эскиз таблицы хода роста девственных разновозрастных пихтовых древостоев по возрастным стадиям развития леса

Класс возраста	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Площадь сечения ср. ствола кв. м	Объем ср. ствола, куб. м	Видовое число	Видовая высота, м	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечения, м/га	Изменение запаса	
										Запас, куб. м/га	среднее текущее куб.м/га
Бонитет I, тип леса - пихтарник мелкотравный											
III поколение - стадия молодняка (III ярус)											
III	50	15.6	8.8	0.019	0.096	572	5.0	78	1.490	7.50	0.15
IV	70	22.2	12.2	0.039	0.262	556	6.8	66	2.554	17.33	0.24
V	90	29.2	15.4	0.067	0.552	535	8.2	57	3.819	31.46	0.39
Ср. стадии	77	22.3	13.5	0.391	0.28	-	-	201	7.863	56.29	0.78
II поколение - стадия средневозрастная и приспевающая (II ярус)											
VI	110	38	20.2	0.113	1.205	526	10.6	48	5.443	57.84	0.52
VII	130	48.2	23.6	0.183	2.188	508	12.0	41	7.483	89.71	0.69
VIII	150	56	26.7	0.246	3.262	496	13.2	33	8.128	107.64	0.72
Ср. стадии	134	46.9	24.1	0.173	2.091	-	-	122	21.054	255.19	1.93
I поколение - стадия спелости (I ярус)											
IX	170	65.8	29.9	0.340	4.92	484	14.5	20	6.800	98.41	0.58
X	190	69.2	31.8	0.376	5.645	472	15.0	12	4.513	67.75	0.36
XI	210	72.6	33.7	0.414	6.418	460	15.5	10	4.140	64.18	0.27
XII	230	76	35.4	0.454	7.162	446	15.8	7	3.175	50.13	0.22
Ср. стадии	195	69.6	32.2	0.380	5.723	-	-	49	18.628	280.47	1.47
I поколение - стадия старения (I ярус)											
XIII	250	80.6	36.8	0.510	7.98	425	15.6	6	3.061	47.68	0.19
XIV	270	84.4	38	0.560	8.845	416	15.8	4	2.238	35.38	0.13
XV	290	87.6	38.8	0.603	9.588	410	15.9	3	1.808	28.76	0.11
XVI	310	90.2	39.4	0.639	10.322	410	16.2	2	1.278	20.64	0.07
Ср. стадии	273	84.4	38	0.560	8.845	-	-	15	8.386	132.66	0.49
I поколение - стадия естественной спелости (I ярус)											
XVII	330	93.0	40.2	0.679	11.113	407	16.4	3	2.038	33.34	0.1
XVIII	350	96.0	41.0	0.724	12.05	406	16.6	2	1.448	24.1	0.07
XIX	370	99.2	41.6	0.773	13.02	405	16.8	1	0.773	13.02	0.03
XX	390	101.8	42.2	0.814	13.88	404	17.0	1	0.814	13.88	0.04
XXI	410	104.6	42.6	0.859	14.73	403	17.2	1	0.859	14.75	0.03
Ср. стадии	360	97.1	41.2	0.741	12.38	-	-	8	5.932	99.09	0.27
Итого по насаждению									61.862	823.7	4.5

Класс возраста	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Площадь сечения ср. ствола кв. м	Объем ср. ствола, куб. м	Видовое число	Видовая высота, м	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечения, м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса	
											среднее	текущее
Бонитет II, тип леса - пихтарник папоротниково-разнотравный												
III поколение - стадия молодняка (III ярус)												
III	50	14.2	7.4	0.016	0.08	580	4.3	149	2.354	10.10	0.20	0.20
IV	70	19.0	10.0	0.028	0.18	565	5.7	105	2.582	16.85	0.24	0.52
V	90	24.0	12.6	0.045	0.34	545	6.9	90	4.068	27.93	0.31	0.72
Ср. стадии	76	18.6	10.8	0.027	0.16	-	-	344	9.404	54.88	0.75	1.44
II поколение - стадия средневозрастная и приспевающая (II ярус)												
VI	110	33.0	16.2	0.086	0.81	532	8.6	75	6.413	55.27	0.50	1.74
VII	130	40.8	18.8	0.131	1.40	520	9.8	50	6.535	63.89	0.49	1.48
VIII	150	46.6	21.4	0.171	1.99	513	11.0	35	5.968	65.77	0.44	1.04
IX	170	52.4	23.8	0.216	2.73	505	12.0	25	5.390	64.78	0.38	0.92
Ср. стадии	141	40.9	29.2	0.131	1.35	-	-	185	24.305	249.71	1.81	5.18
I поколение - стадия спелости (I ярус)												
X	190	58.2	27.2	0.266	3.76	492	13.4	17	4.523	60.53	0.32	0.38
XI	210	64.4	29.4	0.326	4.86	485	14.9	14	4.560	65.02	0.31	0.77
XII	230	70.2	31.2	0.387	5.97	475	14.8	10	3.870	57.35	0.25	0.55
XIII	250	74.2	33.0	0.432	6.79	460	15.2	7	3.027	45.95	0.18	0.29
Ср. стадии	217	65.1	30.0	0.333	4.77	-	-	48	15.980	228.85	1.06	2.49
I поколение - стадия старения (I ярус)												
XIV	270	77.2	34.5	0.468	7.45	445	15.4	5	2.341	35.93	0.13	0.16
XV	290	81.2	35.5	0.518	8.27	428	15.2	4	2.071	31.47	0.11	0.16
XVI	310	84.4	36.4	0.560	9.08	412	15.0	3	1.679	25.17	0.08	0.12
Ср. стадии	288	80.4	35.3	0.508	7.71	-	-	12	6.090	92.57	0.32	0.44
I поколение - стадия естественной спелости (I ярус)												
XVII	330	87.0	37.7	0.595	9.81	408	15.3	2	1.189	18.24	0.06	0.07
XVIII	350	89.8	38.6	0.633	10.56	406	15.7	2	1.267	19.85	0.05	0.01
XIX	370	92.4	39.2	0.671	11.23	405	15.9	1	0.671	10.65	0.03	0.03
XX	390	95.0	39.6	0.709	11.79	404	16.0	1	0.709	11.34	0.03	0.02
XXI	410	97.2	40.0	0.742	18.37	402	16.1	1	0.742	11.93	0.03	0.03
Ср. стадии	364	31.2	38.8	0.654	10.29	-	-	7	4.577	72.01	0.20	0.22
Итого по насаждению										698.02	3.8	3.8

Класс возраста	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Площадь сечения	Объем ср. ствола, куб. м	Видовое число	Видовая высота, м	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечения, м/га	Запас, куб. м/га	Изменение запаса	
											среднее	текущее
				ср. ствола, куб. м	ср. ствола, куб. м	ср. ствола, куб. м	ср. ствола, куб. м	шт./га	ср. сечения, м/га	ср. сечения, куб. м/га	ср. сечения, куб. м/га	ср. сечения, куб. м/га
Бонитет III, тип леса - пихтарник овсяницевый												
III поколение - стадия молодняка (III ярус)												
III	50	12.4	6.0	0.012	0.05	624	3.7	172	2.081	7.79	0.16	0.16
IV	70	16.6	7.8	0.022	0.10	594	4.6	124	2.678	12.41	0.18	0.33
V	90	22.2	10.4	0.039	0.23	568	5.9	117	4.528	26.75	0.29	0.76
Ср. стадии	78	16.9	8.9	0.023	0.11	-	-	413	9.288	46.95	0.63	1.25
II поколение - стадия средневозрастная и приспевающая (II ярус)												
VI	110	30.4	13.6	0.073	0.54	544	7.4	112	8.131	60.16	0.54	1.72
VII	130	34.4	14.3	0.093	0.72	523	7.7	98	9.104	70.47	0.54	0.89
VIII	150	38.0	16.8	0.113	0.96	505	8.5	77	8.732	74.08	0.49	0.94
IX	170	42.2	19.2	0.140	1.31	486	9.3	42	5.876	54.83	0.32	0.72
X	190	46.0	21.4	0.166	1.66	466	10.0	26	4.321	43.09	0.23	0.46
Ср. стадии	147	36.0	16.7	0.102	0.85	-	-	355	36.164	302.63	2.12	4.73
I поколение - стадия спелости (I ярус)												
XI	210	53.4	24.6	0.224	2.52	457	11.2	19	4.256	47.85	0.23	0.81
XII	230	59.6	27.4	0.279	3.45	451	12.4	12	3.348	41.37	0.17	0.56
XIII	250	64.4	29.4	0.326	4.23	442	13.0	6	1.954	25.39	0.10	0.24
XIV	270	69.2	31.2	0.376	5.09	434	13.5	5	1.881	25.60	0.09	0.21
Ср. стадии	234	58.3	27.5	0.272	3.34	-	-	42	11.439	140.21	0.59	1.82
I поколение - стадия старения (I ярус)												
XV	290	74.4	33.0	0.435	6.13	427	14.1	4	1.739	20.51	0.07	0.21
XVI	310	78.6	34.6	0.485	7.07	421	14.6	3	1.456	21.20	0.07	0.14
XVII	330	81.8	35.4	0.526	7.80	419	14.8	2	1.051	15.59	0.05	0.07
Ср. стадии	308	77.5	34.2	0.472	6.97	-	-	9	4.245	57.30	0.19	42.00
I поколение - стадия естественной спелости (I ярус)												
XVIII	350	84.6	36.4	0.562	8.55	418	15.2	2	1.124	17.10	0.05	0.07
XIX	370	86.4	37.1	0.586	9.07	417	15.5	1	0.586	9.07	0.02	0.03
XX	390	88.2	37.5	0.611	9.53	416	15.6	1	0.611	9.53	0.02	0.01
XXI	410	89.6	37.8	0.631	9.87	414	15.6	1	0.631	9.87	0.02	0.01
Ср. стадии	375	86.7	37.1	0.590	9.06	-	-	5	2.952	45.57	0.11	0.12
Итого по насаждению								824	64.088	592.66	3.6	clip2net.com

Таблица 4.6. (фрагмент)

**Ход роста чистых древостоев пихты кавказской разной полноты по ярусам
в пихтарнике среднетравно-ожиново-папоротниковом**

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га		Изменение запаса, куб. м/га
							среднее	текущее	
Пихтарник среднетравно-ожиново-папоротниковый - ПСОП									
І ярус, Полнога=0,7; Доля пихты в составе=10 ед.									
120	20.0	34.4	0.9103	451	41.8	0.492	410	3.42	5.25
130	21.3	36.7	1.0998	421	44.5	0.489	463	3.56	5.21
140	22.5	39.0	1.3065	393	47.0	0.486	514	3.67	5.13
150	23.6	41.3	1.5301	369	49.3	0.484	564	3.76	5.02
160	24.7	43.5	1.7702	346	51.5	0.482	613	3.83	4.88
170	25.7	45.8	2.0261	326	53.6	0.480	660	3.88	4.73
180	26.6	48.0	2.2975	307	55.5	0.478	706	3.92	4.57
190	27.5	50.1	2.5838	290	57.3	0.476	750	3.95	4.40
200	28.3	52.3	2.8845	275	59.0	0.475	792	3.96	4.22
210	29.1	54.4	3.1993	260	60.6	0.473	832	3.96	4.04
220	29.8	56.6	3.5275	247	62.0	0.472	871	3.96	3.86
230	30.4	58.7	3.8687	235	63.4	0.470	908	3.95	3.68
240	31.0	60.8	4.2225	223	64.7	0.469	943	3.93	3.50
250	31.6	62.8	4.5885	213	66.0	0.468	976	3.90	3.32
260	32.2	64.9	4.9662	203	67.1	0.467	1008	3.88	3.15
270	32.7	67.0	5.3552	194	68.2	0.466	1037	3.84	2.99
280	33.1	69.0	5.7551	185	69.2	0.465	1066	3.81	2.82
290	33.6	71.0	6.1655	177	70.1	0.464	1092	3.77	2.67
300	34.0	73.0	6.5860	170	71.0	0.463	1117	3.72	2.51
310	34.3	75.0	7.0163	163	71.8	0.462	1141	3.68	2.37
320	34.7	77.0	7.4560	156	72.6	0.462	1163	3.64	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник среднегравно-ожинково-папоротниковый - ПСОП									
330	35.0	79.0	7.9048	150	73.4	0.461	1184	3.59	2.09
340	35.3	80.9	8.3623	144	74.0	0.460	1204	3.54	1.96
350	35.6	82.9	8.8282	138	74.7	0.460	1222	3.49	1.83
360	35.9	84.8	9.3022	133	75.3	0.459	1239	3.44	1.71
370	36.1	86.8	9.7841	128	75.8	0.458	1255	3.39	1.60
380	36.4	88.7	10.2734	124	76.4	0.458	1270	3.34	1.49
390	36.6	90.6	10.7701	119	76.8	0.457	1284	3.29	1.38
400	36.8	92.5	11.2736	115	77.3	0.456	1297	3.24	1.28
410	36.9	94.4	11.7840	111	77.7	0.456	1309	3.19	1.18
И ярус, Полнога=0,6; Доля пихты в составе=10 ед.									
110	18.6	32.6	0.7658	466	38.8	0.495	357	3.24	-
120	20.0	35.0	0.9438	433	41.7	0.491	409	3.41	5.23
130	21.3	37.4	1.1402	404	44.3	0.489	461	3.55	5.19
140	22.5	39.7	1.3546	378	46.8	0.486	512	3.66	5.11
150	23.6	42.1	1.5864	354	49.2	0.483	562	3.75	5.00
160	24.7	44.3	1.8353	333	51.4	0.481	611	3.82	4.87
170	25.7	46.6	2.1007	313	53.4	0.479	658	3.87	4.72
180	26.6	48.9	2.3820	295	55.3	0.477	703	3.91	4.55
190	27.5	51.1	2.6788	279	57.1	0.476	747	3.93	4.38
200	28.3	53.3	2.9906	264	58.8	0.474	789	3.95	4.20
210	29.1	55.5	3.3169	250	60.4	0.473	830	3.95	4.03
220	29.8	57.6	3.6572	237	61.9	0.471	868	3.95	3.84
230	30.4	59.8	4.0110	226	63.3	0.470	905	3.93	3.66
240	31.0	61.9	4.3779	215	64.6	0.469	940	3.91	3.49
250	31.6	64.0	4.7573	204	65.8	0.468	973	3.89	3.31
260	32.2	66.1	5.1489	195	66.9	0.467	1004	3.86	3.18

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник среднеградно-ожиново-папоротниковый - ПСОП									
270	32.7	68.2	5.5522	186	68.0	0.466	1034	3.83	2.98
280	33.1	70.3	5.9668	178	69.0	0.465	1062	3.79	2.81
290	33.6	72.3	6.3923	170	69.9	0.464	1089	3.75	2.66
300	34.0	74.4	6.8283	163	70.8	0.463	1114	3.71	2.51
310	34.3	76.4	7.2744	156	71.7	0.462	1137	3.67	2.36
320	34.7	78.4	7.7303	150	72.4	0.461	1159	3.62	2.22
330	35.0	80.4	8.1955	144	73.2	0.461	1180	3.58	2.08
340	35.3	82.4	8.6699	138	73.8	0.460	1200	3.53	1.95
350	35.6	84.4	9.1529	133	74.5	0.459	1218	3.48	1.83
360	35.9	86.4	9.6444	128	75.1	0.458	1235	3.43	1.71
370	36.1	88.4	10.1440	123	75.6	0.458	1251	3.38	1.59
380	36.4	90.4	10.6513	119	76.2	0.457	1266	3.33	1.48
390	36.6	92.3	11.1662	115	76.6	0.457	1280	3.28	1.38
400	36.8	94.2	11.6884	111	77.1	0.456	1292	3.23	1.28
410	36.9	96.2	12.2174	107	77.5	0.456	1304	3.18	1.18
I ярус, Полнога=0,5; Доля пихты в составе=10 ед.									
110	18.6	33.3	0.7992	444	38.7	0.494	355	3.23	-
120	20.0	35.8	0.9850	414	41.5	0.491	407	3.39	5.21
130	21.3	38.2	1.1900	386	44.2	0.488	459	3.53	5.17
140	22.5	40.6	1.4137	361	46.7	0.485	510	3.64	5.09
150	23.6	43.0	1.6557	338	49.0	0.483	560	3.73	4.98
160	24.7	45.3	1.9154	318	51.2	0.481	608	3.80	4.85
170	25.7	47.6	2.1923	299	53.3	0.479	655	3.85	4.70
180	26.6	49.9	2.4860	282	55.2	0.477	701	3.89	4.53
190	27.5	52.2	2.7958	266	57.0	0.475	744	3.92	4.36
200	28.3	54.5	3.1212	252	58.6	0.474	786	3.93	-

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник среднеградно-ожиново-папоротниковый - ПСОП									
210	29.1	56.7	3.4617	239	60.2	0.472	826	3.93	4.01
220	29.8	58.9	3.8169	226	61.7	0.471	864	3.93	3.83
230	30.4	61.1	4.1861	215	63.1	0.470	901	3.92	3.65
240	31.0	63.3	4.5690	205	64.4	0.468	936	3.90	3.47
250	31.6	65.4	4.9650	195	65.6	0.467	969	3.87	3.30
260	32.2	67.6	5.3736	186	66.7	0.466	1000	3.85	3.13
270	32.7	69.7	5.7946	178	67.8	0.465	1030	3.81	2.96
280	33.1	71.8	6.2272	170	68.8	0.464	1058	3.78	2.80
290	33.6	73.9	6.6713	162	69.7	0.463	1084	3.74	2.65
300	34.0	76.0	7.1263	156	70.6	0.462	1109	3.70	2.49
310	34.3	78.1	7.5919	149	71.4	0.462	1132	3.65	2.35
320	34.7	80.2	8.0677	143	72.2	0.461	1155	3.61	2.21
330	35.0	82.2	8.5533	137	72.9	0.460	1175	3.56	2.07
340	35.3	84.3	9.0483	132	73.6	0.459	1195	3.51	1.94
350	35.6	86.3	9.5525	127	74.3	0.459	1213	3.47	1.82
360	35.9	88.3	10.0654	122	74.8	0.458	1230	3.42	1.70
370	36.1	90.3	10.5868	118	75.4	0.457	1246	3.37	1.59
380	36.4	92.3	11.1163	113	75.9	0.457	1261	3.32	1.48
390	36.6	94.3	11.6537	109	76.4	0.456	1274	3.27	1.37
400	36.8	96.3	12.1986	106	76.9	0.456	1287	3.22	1.27
410	36.9	98.3	12.7508	102	77.3	0.455	1299	3.17	1.17
Г ярус, Полнота=0,4; Доля пихты в составе=10 ед.									
110	18.6	34.2	0.8421	420	38.6	0.494	353	3.21	-
120	20.0	36.7	1.0379	390	41.4	0.490	405	3.38	5.18
130	21.3	39.2	1.2539	364	44.0	0.487	457	3.51	5.14
140	22.5	41.7	1.4896	341	46.5	0.485	507	3.62	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
150	23.6	44.1	1.7446	319	48.8	0.482	557	3.71	4.96
160	24.7	46.6	2.0182	300	51.0	0.480	605	3.78	4.82
170	25.7	48.9	2.3100	282	53.1	0.478	652	3.83	4.67
180	26.6	51.3	2.6194	266	55.0	0.476	697	3.87	4.51
190	27.5	53.6	2.9459	251	56.7	0.475	740	3.90	4.34
200	28.3	55.9	3.2888	238	58.4	0.473	782	3.91	4.17
210	29.1	58.2	3.6476	225	60.0	0.472	822	3.91	3.99
220	29.8	60.5	4.0218	214	61.5	0.470	860	3.91	3.81
230	30.4	62.8	4.4108	203	62.8	0.469	896	3.90	3.63
240	31.0	65.0	4.8143	193	64.1	0.468	931	3.88	3.46
250	31.6	67.2	5.2315	184	65.3	0.467	964	3.86	3.28
260	32.2	69.4	5.6621	176	66.5	0.466	995	3.83	3.11
270	32.7	71.6	6.1056	168	67.5	0.465	1024	3.79	2.95
280	33.1	73.8	6.5616	160	68.5	0.464	1052	3.76	2.79
290	33.6	75.9	7.0295	153	69.5	0.463	1079	3.72	2.63
300	34.0	78.1	7.5089	147	70.3	0.462	1103	3.68	2.48
310	34.3	80.2	7.9995	141	71.2	0.461	1127	3.63	2.34
320	34.7	82.3	8.5008	135	71.9	0.460	1149	3.59	2.20
330	35.0	84.5	9.0125	130	72.7	0.459	1169	3.54	2.06
340	35.3	86.6	9.5341	125	73.3	0.459	1189	3.50	1.93
350	35.6	88.6	10.0653	120	74.0	0.458	1207	3.45	1.81
360	35.9	90.7	10.6058	115	74.6	0.457	1224	3.40	1.69
370	36.1	92.8	11.1551	111	75.1	0.457	1240	3.35	1.58
380	36.4	94.9	11.7131	107	75.6	0.456	1254	3.30	1.47
390	36.6	96.9	12.2793	103	76.1	0.456	1268	3.25	1.36
400	36.8	98.9	12.8535	100	76.6	0.455	1280	3.20	

Пихтарник среднетравно-ожиново-папоротниковый - ПСОП

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение	
								среднее	текущее
410	36.9	101.0	13.4353	96	77.0	0.454	1292	3.15	1.17
Пихтарник среднетравно-ожинно-папоротниковый - ПСОП									
I ярус, Полнота=0,3; Доля пихты в составе=10 ед.									
110	18.6	35.4	0.9008	390	38.4	0.493	351	3.19	-
120	20.0	38.0	1.1103	363	41.2	0.490	403	3.36	5.15
130	21.3	40.6	1.3413	338	43.8	0.487	454	3.49	5.11
140	22.5	43.2	1.5935	316	46.3	0.484	504	3.60	5.03
150	23.6	45.7	1.8662	296	48.6	0.482	553	3.69	4.92
160	24.7	48.2	2.1590	278	50.8	0.479	601	3.76	4.79
170	25.7	50.7	2.4712	262	52.8	0.477	648	3.81	4.64
180	26.6	53.1	2.8021	247	54.7	0.476	693	3.85	4.48
190	27.5	55.5	3.1513	233	56.5	0.474	736	3.87	4.31
200	28.3	57.9	3.5181	221	58.1	0.472	777	3.89	4.14
210	29.1	60.3	3.9020	209	59.7	0.471	817	3.89	3.96
220	29.8	62.6	4.3023	199	61.2	0.469	855	3.88	3.78
230	30.4	65.0	4.7185	189	62.5	0.468	891	3.87	3.61
240	31.0	67.3	5.1500	180	63.8	0.467	925	3.85	3.43
250	31.6	69.6	5.5964	171	65.0	0.466	958	3.83	3.26
260	32.2	71.9	6.0570	163	66.1	0.465	988	3.80	3.09
270	32.7	74.1	6.5315	156	67.2	0.464	1018	3.77	2.93
280	33.1	76.4	7.0192	149	68.2	0.463	1045	3.73	2.77
290	33.6	78.6	7.5197	143	69.1	0.462	1072	3.70	2.62
300	34.0	80.8	8.0326	136	70.0	0.461	1096	3.65	2.47
310	34.3	83.0	8.5574	131	70.8	0.460	1119	3.61	2.32
320	34.7	85.2	9.0937	126	71.6	0.459	1141	3.57	2.18
330	35.0	87.4	9.6410	121	72.3	0.459	1162	3.52	2.05
340	35.3	89.6	10.1990	116	73.0	0.458	1181	3.47	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение	
								запас, куб. м/га	текущее
Пихтарник среднеградно-ожиново-папоротниковый - ПСОП									
350	35.6	91.8	10.7673	111	73.6	0.457	1199	3.43	1.80
360	35.9	93.9	11.3454	107	74.2	0.457	1216	3.38	1.68
370	36.1	96.1	11.9331	103	74.8	0.456	1232	3.33	1.57
380	36.4	98.2	12.5300	99	75.3	0.455	1246	3.28	1.46
390	36.6	100.3	13.1357	96	75.7	0.455	1260	3.23	1.36
400	36.8	102.4	13.7499	93	76.2	0.454	1272	3.18	1.26
410	36.9	104.5	14.3723	89	76.6	0.454	1284	3.13	1.16
II ярус, Полнога=0,7; Доля пихты в составе=10 ед.									
120	19.2	31.4	0.7340	517	40.0	0.495	379	3.16	4.85
130	20.4	33.5	0.8868	482	42.6	0.492	427	3.29	4.81
140	21.6	35.7	1.0535	451	45.0	0.489	475	3.39	4.74
150	22.7	37.7	1.2339	422	47.2	0.487	521	3.47	4.64
160	23.7	39.8	1.4274	397	49.3	0.485	566	3.54	4.51
170	24.6	41.8	1.6338	373	51.3	0.483	610	3.59	4.37
180	25.5	43.8	1.8526	352	53.1	0.481	652	3.62	4.22
190	26.4	45.8	2.0835	333	54.9	0.479	693	3.65	4.06
200	27.1	47.8	2.3260	315	56.5	0.478	732	3.66	3.90
210	27.9	49.8	2.5798	298	58.0	0.476	769	3.66	3.73
220	28.5	51.7	2.8444	283	59.4	0.475	805	3.66	3.56
230	29.2	53.6	3.1196	269	60.7	0.473	839	3.65	3.40
240	29.8	55.6	3.4049	256	62.0	0.472	871	3.63	3.23
II ярус, Полнога=0,6; Доля пихты в составе=10 ед.									
120	19.2	32.0	0.7610	497	39.9	0.495	378	3.15	4.83
130	20.4	34.2	0.9194	463	42.5	0.492	426	3.28	4.80
140	21.6	36.3	1.0923	433	44.9	0.489	473	3.38	4.72
150	22.7	38.4	1.2793	406	47.1	0.486	519	3.46	4.61

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее

Пихтарник среднеградно-ожиново-папоротниковый - ПСОП

160	23.7	40.5	1.4799	381	49.2	0.484	564	3.53	4.50
170	24.6	42.6	1.6939	359	51.2	0.482	608	3.58	4.36
180	25.5	44.7	1.9208	338	53.0	0.480	650	3.61	4.21
190	26.4	46.7	2.1601	320	54.7	0.479	690	3.63	4.05
200	27.1	48.7	2.4116	302	56.3	0.477	729	3.65	3.88
210	27.9	50.7	2.6747	287	57.8	0.476	766	3.65	3.72
220	28.5	52.7	2.9491	272	59.3	0.474	802	3.65	3.55
230	29.2	54.6	3.2344	258	60.6	0.473	836	3.63	3.39
240	29.8	56.6	3.5302	246	61.8	0.472	868	3.62	3.22

II ярус, Полнота=0,5; Доля пихты в составе=10 ед.

120	19.2	32.7	0.7943	474	39.8	0.494	376	3.14	4.81
130	20.4	34.9	0.9596	442	42.3	0.491	424	3.26	4.78
140	21.6	37.1	1.1400	413	44.7	0.488	471	3.37	4.70
150	22.7	39.3	1.3351	387	47.0	0.486	517	3.45	4.60
160	23.7	41.4	1.5445	364	49.0	0.484	562	3.51	4.48
170	24.6	43.6	1.7678	342	51.0	0.482	605	3.56	4.34
180	25.5	45.7	2.0046	323	52.8	0.480	647	3.60	4.19
190	26.4	47.7	2.2544	305	54.5	0.478	688	3.62	4.03
200	27.1	49.8	2.5168	289	56.2	0.477	726	3.63	3.87
210	27.9	51.8	2.7914	273	57.7	0.475	763	3.63	3.70
220	28.5	53.8	3.0778	259	59.1	0.474	799	3.63	3.54
230	29.2	55.9	3.3756	247	60.4	0.472	832	3.62	3.37
240	29.8	57.8	3.6843	235	61.6	0.471	864	3.60	3.21

II ярус, Полнота=0,4; Доля пихты в составе=10 ед.

120	19.2	33.6	0.8369	447	39.6	0.493	374	3.12	4.79
130	20.4	35.9	1.0111	417	42.2	0.490	422	3.25	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник среднетравно-ожиново-папоротниковый - ПСОП									
140	21.6	38.1	1.2012	390	44.6	0.488	469	3.35	4.68
150	22.7	40.4	1.4068	366	46.8	0.485	515	3.43	4.58
160	23.7	42.6	1.6274	344	48.9	0.483	559	3.49	4.46
170	24.6	44.7	1.8628	323	50.8	0.481	602	3.54	4.32
180	25.5	46.9	2.1122	305	52.6	0.479	644	3.58	4.17
190	26.4	49.0	2.3755	288	54.3	0.478	684	3.60	4.01
200	27.1	51.1	2.6520	272	55.9	0.476	723	3.61	3.85
210	27.9	53.2	2.9413	258	57.4	0.475	759	3.62	3.68
220	28.5	55.3	3.2430	245	58.9	0.473	795	3.61	3.52
230	29.2	57.4	3.5568	233	60.2	0.472	828	3.60	3.36
240	29.8	59.4	3.8821	222	61.4	0.471	860	3.58	3.19
П ярус, Полнога=0,3; Доля пихты в составе=10 ед.									
120	19.2	34.8	0.8953	416	39.4	0.493	372	3.10	4.76
130	20.4	37.1	1.0816	388	42.0	0.490	419	3.22	4.72
140	21.6	39.5	1.2849	362	44.3	0.487	466	3.33	4.65
150	22.7	41.8	1.5049	340	46.6	0.485	511	3.41	4.55
160	23.7	44.1	1.7409	319	48.6	0.482	556	3.47	4.43
170	24.6	46.3	1.9927	300	50.6	0.480	598	3.52	4.29
180	25.5	48.5	2.2595	283	52.4	0.479	640	3.55	4.14
190	26.4	50.7	2.5411	267	54.1	0.477	680	3.58	3.99
200	27.1	52.9	2.8369	253	55.7	0.475	718	3.59	3.82
210	27.9	55.1	3.1464	240	57.2	0.474	755	3.59	3.66
220	28.5	57.3	3.4692	228	58.6	0.472	790	3.59	3.50
230	29.2	59.4	3.8048	216	59.9	0.471	823	3.58	3.33
240	29.8	61.5	4.1528	206	61.1	0.470	855	3.56	3.19

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./Га	Сумма площадей сечения, кв.м/Га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/Га	Изменение запаса, куб. м/Га	
								среднее	текущее
Пихтарник среднетравно-ожинково-папоротниковый - ПСОП									
III ярус, Полнота=0,7; Доля пихты в составе=10 ед.									
70	11.2	19.1	0.1671	826	23.7	0.519	138	1.97	3.85
80	12.9	21.3	0.2368	759	27.2	0.513	180	2.25	4.18
90	14.5	23.5	0.3198	701	30.4	0.508	224	2.49	4.41
100	16.0	25.7	0.4159	648	33.5	0.504	270	2.70	4.55
110	17.4	27.7	0.5251	601	36.3	0.500	316	2.87	4.62
120	18.7	29.8	0.6472	559	39.0	0.497	362	3.02	4.63
130	19.9	31.8	0.7819	522	41.5	0.494	408	3.14	4.60
140	21.1	33.8	0.9289	488	43.9	0.491	453	3.24	4.53
150	22.1	35.8	1.0879	457	46.0	0.489	498	3.32	4.43
160	23.1	37.8	1.2586	430	48.1	0.486	541	3.38	4.31
170	24.0	39.7	1.4405	404	50.0	0.484	582	3.43	4.18
III ярус, Полнота=0,6; Доля пихты в составе=10 ед.									
60	9.4	17.2	0.1147	865	20.0	0.526	99	1.65	-
70	11.2	19.5	0.1733	794	23.7	0.519	138	1.96	3.84
80	12.9	21.7	0.2455	730	27.1	0.513	179	2.24	4.17
90	14.5	24.0	0.3315	673	30.4	0.508	223	2.48	4.40
100	16.0	26.1	0.4312	623	33.4	0.503	269	2.69	4.54
110	17.4	28.3	0.5444	578	36.2	0.500	315	2.86	4.60
120	18.7	30.4	0.6710	538	38.9	0.496	361	3.01	4.61
130	19.9	32.4	0.8107	502	41.4	0.493	407	3.13	4.58
140	21.1	34.5	0.9631	469	43.7	0.491	452	3.23	4.51
150	22.1	36.5	1.1279	440	45.9	0.488	496	3.31	4.41
160	23.1	38.5	1.3049	413	48.0	0.486	539	3.37	4.29
170	24.0	40.4	1.4935	389	49.9	0.484	580	3.41	4.18

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник среднегравно-ожиново-папоротниковый - ПСОП									
III ярус, Полнота=0,5; Доля пихты в составе=10 ед.									
60	9.4	17.5	0.1197	826	20.0	0.526	99	1.65	-
70	11.2	19.9	0.1809	757	23.6	0.518	137	1.96	3.82
80	12.9	22.2	0.2563	697	27.0	0.512	179	2.23	4.15
90	14.5	24.5	0.3460	643	30.3	0.507	222	2.47	4.38
100	16.0	26.7	0.4500	594	33.3	0.503	267	2.67	4.52
110	17.4	28.9	0.5682	551	36.1	0.499	313	2.85	4.59
120	18.7	31.0	0.7003	513	38.8	0.496	359	2.99	4.60
130	19.9	33.1	0.8461	479	41.3	0.493	405	3.11	4.56
140	21.1	35.2	1.0051	448	43.6	0.490	450	3.21	4.49
150	22.1	37.3	1.1772	419	45.8	0.488	494	3.29	4.39
160	23.1	39.3	1.3618	394	47.8	0.486	537	3.35	4.28
170	24.0	41.3	1.5587	371	49.7	0.483	578	3.40	4.14
III ярус, Полнота=0,4; Доля пихты в составе=10 ед.									
60	9.4	18.0	0.1261	780	19.9	0.525	98	1.64	-
70	11.2	20.5	0.1906	715	23.5	0.518	136	1.95	3.80
80	12.9	22.8	0.2700	658	26.9	0.512	178	2.22	4.13
90	14.5	25.2	0.3646	607	30.1	0.507	221	2.46	4.36
100	16.0	27.4	0.4742	561	33.2	0.502	266	2.66	4.50
110	17.4	29.7	0.5987	521	36.0	0.498	312	2.83	4.56
120	18.7	31.9	0.7379	484	38.6	0.495	357	2.98	4.57
130	19.9	34.0	0.8915	452	41.1	0.492	403	3.10	4.54
140	21.1	36.2	1.0591	423	43.4	0.490	448	3.20	4.47
150	22.1	38.3	1.2404	396	45.6	0.487	491	3.28	4.37
160	23.1	40.4	1.4349	372	47.6	0.485	534	3.34	4.26
170	24.0	42.5	1.6424	350	49.5	0.483	575	3.38	4.14

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
60	9.4	18.7	0.1349	724	19.8	0.524	98	1.63	-
70	11.2	21.2	0.2039	664	23.4	0.517	135	1.93	3.78
80	12.9	23.6	0.2888	611	26.8	0.511	176	2.21	4.11
90	14.5	26.0	0.3900	563	30.0	0.506	220	2.44	4.33
100	16.0	28.4	0.5073	521	33.0	0.501	264	2.64	4.47
110	17.4	30.7	0.6405	484	35.8	0.498	310	2.82	4.53
120	18.7	33.0	0.7894	450	38.5	0.494	355	2.96	4.54
130	19.9	35.2	0.9537	420	40.9	0.491	400	3.08	4.51
140	21.1	37.5	1.1329	392	43.2	0.489	445	3.18	4.44
150	22.1	39.6	1.3269	368	45.4	0.486	488	3.25	4.34
160	23.1	41.8	1.5350	346	47.4	0.484	530	3.31	4.23
170	24.0	43.9	1.7570	325	49.3	0.482	571	3.36	3.36

Пихтарник среднетравно-ожинно-папоротниковый - ПСОП

III ярус, Полнота=0,3; Доля пихты в составе=10 ед.

Таблица 4.7. (фрагмент)

Ход роста пихтового элемента леса при доле участия породы в составе 6 ед. в древостоях разной полноты по ярусам в пихтарнике крупнотравно-крупнопороотниковом

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	площадей сечения, кв.м/га	видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
120	19.6	32.3	0.7912	300	24.6	0.494	238	1.98	-
130	20.9	34.5	0.9558	280	26.1	0.491	268	2.06	3.02
140	22.1	36.6	1.1355	262	27.6	0.488	297	2.12	2.97
150	23.2	38.8	1.3299	246	29.0	0.486	326	2.18	2.91
160	24.2	40.9	1.5385	231	30.3	0.484	355	2.22	2.83
170	25.2	43.0	1.7609	217	31.5	0.482	382	2.25	2.74
180	26.1	45.1	1.9968	205	32.6	0.480	409	2.27	2.65
190	27.0	47.1	2.2456	193	33.7	0.478	434	2.28	2.55
200	27.8	49.1	2.5070	183	34.7	0.476	459	2.29	2.44
210	28.5	51.1	2.7805	173	35.6	0.475	482	2.29	2.34
220	29.2	53.1	3.0658	164	36.5	0.474	504	2.29	2.23
230	29.9	55.1	3.3624	156	37.3	0.472	526	2.28	2.13
240	30.5	57.1	3.6699	149	38.0	0.471	546	2.27	2.03
250	31.0	59.0	3.9880	142	38.8	0.470	565	2.26	1.92
260	31.5	61.0	4.3162	135	39.4	0.469	583	2.24	1.83
270	32.0	62.9	4.6543	129	40.1	0.468	601	2.22	1.73
280	32.5	64.8	5.0019	123	40.7	0.467	617	2.20	1.63
290	32.9	66.7	5.3586	118	41.2	0.466	632	2.18	1.54
300	33.3	68.6	5.7240	113	41.7	0.465	647	2.16	1.46
310	33.7	70.5	6.0980	108	42.2	0.464	661	2.13	1.37
320	34.0	72.3	6.4802	104	42.7	0.463	673	2.10	1.29
330	34.4	74.2	6.8702	100	43.1	0.463	686	2.08	

Пихтарник крупнотравно-крупнопороотниковый - ПКРП

I ярус, Полнота=0,7; Доля пихты в составе=6 ед.

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопояротно-крупнопородный - ПХРП									
340	34.7	76.0	7.2678	96	43.5	0.462	697	2.05	1.13
350	35.0	77.9	7.6728	92	43.9	0.461	708	2.02	1.06
360	35.2	79.7	8.0848	89	44.2	0.461	717	1.99	0.99
370	35.4	81.5	8.5036	85	44.6	0.460	727	1.96	0.92
380	35.7	83.3	8.9289	82	44.9	0.459	735	1.93	0.86
390	35.9	85.1	9.3605	79	45.2	0.459	743	1.91	0.80
400	36.1	86.9	9.7982	77	45.4	0.458	751	1.88	0.74
410	36.2	88.7	10.2417	74	45.7	0.458	758	1.85	0.69
И ярус, Полнота=0,6; Доля пихты в составе=6 ед.									
110	18.2	30.6	0.6655	310	22.8	0.497	206	1.88	-
120	19.6	32.9	0.8203	289	24.5	0.493	237	1.97	3.03
130	20.9	35.1	0.9910	269	26.1	0.490	267	2.05	3.01
140	22.1	37.3	1.1773	252	27.5	0.488	296	2.12	2.96
150	23.2	39.5	1.3788	236	28.9	0.485	325	2.17	2.90
160	24.2	41.7	1.5951	222	30.2	0.483	354	2.21	2.82
170	25.2	43.8	1.8257	209	31.4	0.481	381	2.24	2.73
180	26.1	45.9	2.0703	197	32.5	0.479	407	2.26	2.64
190	27.0	48.0	2.3282	186	33.6	0.478	433	2.28	2.54
200	27.8	50.1	2.5992	176	34.6	0.476	457	2.28	2.43
210	28.5	52.1	2.8828	167	35.5	0.475	480	2.29	2.33
220	29.2	54.1	3.1786	158	36.4	0.473	502	2.28	2.23
230	29.9	56.2	3.4861	150	37.2	0.472	524	2.28	2.12
240	30.5	58.2	3.8049	143	38.0	0.471	544	2.27	2.02
250	31.0	60.1	4.1347	136	38.7	0.469	563	2.25	1.92
260	31.5	62.1	4.4750	130	39.3	0.468	581	2.24	1.82
270	32.0	64.1	4.8255	124	40.0	0.467	598	2.22	1.82

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./Га	Сумма площадей сечения, кв.м/Га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/Га	Изменение запаса, куб. м/Га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопороотниковый - ПКРП									
280	32.5	66.0	5.1859	119	40.6	0.466	615	2.20	1.63
290	32.9	67.9	5.5557	113	41.1	0.466	630	2.17	1.54
300	33.3	69.9	5.9346	109	41.6	0.465	645	2.15	1.45
310	33.7	71.8	6.3223	104	42.1	0.464	658	2.12	1.37
320	34.0	73.7	6.7186	100	42.6	0.463	671	2.10	1.28
330	34.4	75.6	7.1229	96	43.0	0.462	683	2.07	1.21
340	34.7	77.4	7.5352	92	43.4	0.462	694	2.04	1.13
350	35.0	79.3	7.9550	89	43.8	0.461	705	2.01	1.06
360	35.2	81.2	8.3822	85	44.1	0.460	715	1.99	0.99
370	35.4	83.0	8.8164	82	44.5	0.460	724	1.96	0.92
380	35.7	84.9	9.2573	79	44.8	0.459	733	1.93	0.86
390	35.9	86.7	9.7048	76	45.0	0.458	741	1.90	0.80
400	36.1	88.5	10.1586	74	45.3	0.458	748	1.87	0.74
410	36.2	90.3	10.6185	71	45.6	0.457	755	1.84	0.68
Гярус, Полнота=0,5; Доля пихты в составе=6 ед.									
110	18.2	31.3	0.6946	296	22.7	0.496	206	1.87	-
120	19.6	33.6	0.8561	275	24.4	0.493	236	1.96	3.02
130	20.9	35.9	1.0342	257	26.0	0.490	266	2.04	2.99
140	22.1	38.1	1.2287	240	27.5	0.487	295	2.11	2.95
150	23.2	40.4	1.4390	225	28.8	0.485	324	2.16	2.88
160	24.2	42.6	1.6647	212	30.1	0.483	352	2.20	2.81
170	25.2	44.8	1.9054	199	31.3	0.481	379	2.23	2.72
180	26.1	46.9	2.1606	188	32.4	0.479	406	2.25	2.63
190	27.0	49.0	2.4299	177	33.5	0.477	431	2.27	2.53
200	27.8	51.2	2.7127	168	34.5	0.475	455	2.28	2.42
210	28.5	53.3	3.0087	159	35.4	0.474	478	2.28	2.28

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопорогниковый - ПКРП									
220	29.2	55.3	3.3173	151	36.3	0.473	500	2.27	2.22
230	29.9	57.4	3.6383	143	37.1	0.471	522	2.27	2.11
240	30.5	59.4	3.9710	136	37.8	0.470	542	2.26	2.01
250	31.0	61.5	4.3152	130	38.5	0.469	561	2.24	1.91
260	31.5	63.5	4.6704	124	39.2	0.468	579	2.23	1.81
270	32.0	65.5	5.0362	118	39.8	0.467	596	2.21	1.72
280	32.5	67.5	5.4123	113	40.4	0.466	612	2.19	1.62
290	32.9	69.5	5.7982	108	41.0	0.465	628	2.16	1.53
300	33.3	71.4	6.1937	104	41.5	0.464	642	2.14	1.44
310	33.7	73.4	6.5983	99	42.0	0.463	656	2.11	1.36
320	34.0	75.3	7.0118	95	42.4	0.463	668	2.09	1.28
330	34.4	77.2	7.4339	92	42.9	0.462	680	2.06	1.20
340	34.7	79.2	7.8641	88	43.3	0.461	692	2.03	1.13
350	35.0	81.1	8.3023	85	43.6	0.460	702	2.01	1.05
360	35.2	83.0	8.7481	81	44.0	0.460	712	1.98	0.98
370	35.4	84.9	9.2012	78	44.3	0.459	721	1.95	0.92
380	35.7	86.7	9.6615	76	44.6	0.458	730	1.92	0.85
390	35.9	88.6	10.1285	73	44.9	0.458	738	1.89	0.79
400	36.1	90.5	10.6021	70	45.2	0.457	745	1.86	0.74
410	36.2	92.3	11.0820	68	45.4	0.457	752	1.83	0.68
І ярус, Полнота=0,4; Доля пихты в составе=6 ед.									
110	18.2	32.1	0.7319	280	22.7	0.496	205	1.86	-
120	19.6	34.5	0.9020	260	24.3	0.492	235	1.96	3.00
130	20.9	36.9	1.0898	243	25.9	0.489	264	2.03	2.98
140	22.1	39.2	1.2946	227	27.3	0.487	294	2.10	2.93
150	23.2	41.5	1.5163	213	28.7	0.484	322	2.15	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
160	24.2	43.7	1.7541	200	30.0	0.482	350	2.19	2.79
170	25.2	46.0	2.0077	188	31.2	0.480	377	2.22	2.71
180	26.1	48.2	2.2766	177	32.3	0.478	404	2.24	2.61
190	27.0	50.4	2.5603	167	33.4	0.476	429	2.26	2.51
200	27.8	52.5	2.8583	158	34.3	0.475	453	2.26	2.41
210	28.5	54.7	3.1702	150	35.3	0.473	476	2.27	2.31
220	29.2	56.8	3.4954	142	36.1	0.472	498	2.26	2.21
230	29.9	59.0	3.8336	135	36.9	0.471	519	2.26	2.10
240	30.5	61.1	4.1842	129	37.7	0.470	539	2.25	2.00
250	31.0	63.1	4.5468	123	38.4	0.468	558	2.23	1.90
260	31.5	65.2	4.9211	117	39.1	0.467	576	2.22	1.80
270	32.0	67.3	5.3066	112	39.7	0.466	593	2.20	1.71
280	32.5	69.3	5.7028	107	40.3	0.465	609	2.18	1.61
290	32.9	71.3	6.1095	102	40.8	0.464	624	2.15	1.52
300	33.3	73.4	6.5262	98	41.3	0.464	639	2.13	1.44
310	33.7	75.4	6.9526	94	41.8	0.463	652	2.10	1.35
320	34.0	77.4	7.3883	90	42.3	0.462	665	2.08	1.27
330	34.4	79.3	7.8330	86	42.7	0.461	677	2.05	1.19
340	34.7	81.3	8.2863	83	43.1	0.460	688	2.02	1.12
350	35.0	83.3	8.7480	80	43.5	0.460	699	2.00	1.05
360	35.2	85.2	9.2177	77	43.8	0.459	708	1.97	0.98
370	35.4	87.2	9.6952	74	44.2	0.459	718	1.94	0.91
380	35.7	89.1	10.1801	71	44.5	0.458	726	1.91	0.85
390	35.9	91.0	10.6722	69	44.7	0.457	734	1.88	0.79
400	36.1	92.9	11.1712	66	45.0	0.457	741	1.85	0.73
410	36.2	94.9	11.6769	64	45.2	0.456	748	1.82	0.67

Пихтарник крупнотравно-крупнопорогниковый - ПКРП

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
110	18.2	33.3	0.7829	260	22.6	0.495	203	1.85	-
120	19.6	35.7	0.9649	242	24.2	0.491	233	1.94	2.98
130	20.9	38.2	1.1658	225	25.8	0.488	263	2.02	2.96
140	22.1	40.6	1.3849	211	27.2	0.486	292	2.08	2.91
150	23.2	42.9	1.6220	197	28.6	0.483	320	2.14	2.85
160	24.2	45.3	1.8764	185	29.8	0.481	348	2.18	2.77
170	25.2	47.6	2.1477	175	31.0	0.479	375	2.21	2.69
180	26.1	49.9	2.4354	165	32.1	0.477	401	2.23	2.60
190	27.0	52.1	2.7389	155	33.2	0.476	426	2.24	2.50
200	27.8	54.4	3.0577	147	34.2	0.474	450	2.25	2.40
210	28.5	56.6	3.3913	139	35.1	0.473	473	2.25	2.29
220	29.2	58.8	3.7392	132	35.9	0.471	495	2.25	2.19
230	29.9	61.0	4.1009	126	36.8	0.470	516	2.24	2.09
240	30.5	63.2	4.4760	120	37.5	0.469	535	2.23	1.99
250	31.0	65.4	4.8639	114	38.2	0.468	554	2.22	1.89
260	31.5	67.5	5.2643	109	38.9	0.467	572	2.20	1.79
270	32.0	69.6	5.6766	104	39.5	0.466	589	2.18	1.70
280	32.5	71.7	6.1005	99	40.1	0.465	605	2.16	1.60
290	32.9	73.8	6.5356	95	40.6	0.464	620	2.14	1.51
300	33.3	75.9	6.9813	91	41.1	0.463	635	2.12	1.43
310	33.7	78.0	7.4374	87	41.6	0.462	648	2.09	1.34
320	34.0	80.1	7.9035	84	42.1	0.461	661	2.06	1.26
330	34.4	82.1	8.3792	80	42.5	0.460	673	2.04	1.19
340	34.7	84.2	8.8642	77	42.9	0.460	684	2.01	1.11
350	35.0	86.2	9.3581	74	43.3	0.459	694	1.98	

Пихтарник крупнотравно-крупнопороговиковый - ПКРП

I ярус, Полнота=0,3; Доля пихты в составе=6 ед.

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение	
								среднее	текущее
Пихтарник крупногавно-крупнопорогниковый - ПКРП									
360	35.2	88.2	9.8606	71	43.6	0.458	704	1.96	0.97
370	35.4	90.2	10.3714	69	43.9	0.458	713	1.93	0.91
380	35.7	92.2	10.8901	66	44.2	0.457	721	1.90	0.84
390	35.9	94.2	11.4165	64	44.5	0.457	729	1.87	0.78
400	36.1	96.2	11.9504	62	44.8	0.456	736	1.84	0.73
410	36.2	98.2	12.4913	59	45.0	0.455	743	1.81	0.67
II ярус, Полнога=0,7; Доля пихты в составе=6 ед.									
120	18.8	29.5	0.6380	344	23.5	0.497	220	1.83	-
130	20.0	31.5	0.7707	321	25.0	0.494	247	1.90	2.79
140	21.2	33.5	0.9157	300	26.4	0.491	275	1.96	2.74
150	22.2	35.5	1.0724	281	27.8	0.489	302	2.01	2.68
160	23.2	37.4	1.2406	264	29.0	0.487	328	2.05	2.61
170	24.2	39.3	1.4200	249	30.1	0.485	353	2.08	2.53
180	25.1	41.2	1.6102	234	31.2	0.483	378	2.10	2.44
190	25.9	43.1	1.8108	221	32.2	0.481	401	2.11	2.35
200	26.6	44.9	2.0216	210	33.2	0.479	424	2.12	2.26
210	27.3	46.8	2.2421	199	34.1	0.478	445	2.12	2.16
220	28.0	48.6	2.4722	188	34.9	0.476	466	2.12	2.06
230	28.6	50.4	2.7113	179	35.7	0.475	486	2.11	1.97
240	29.2	52.2	2.9593	170	36.4	0.474	504	2.10	1.87
III ярус, Полнога=0,6; Доля пихты в составе=6 ед.									
120	18.8	30.1	0.6614	331	23.5	0.496	219	1.82	-
130	20.0	32.1	0.7991	308	25.0	0.493	247	1.90	2.78
140	21.2	34.1	0.9493	288	26.4	0.491	274	1.96	2.73
150	22.2	36.1	1.1118	270	27.7	0.488	301	2.00	2.68
160	23.2	38.1	1.2862	254	28.9	0.486	327	2.04	2.68

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупноплодно-крупноплодотникский - ПКРП									
170	24.2	40.0	1.4722	239	30.1	0.484	352	2.07	2.52
180	25.1	42.0	1.6694	225	31.2	0.482	376	2.09	2.44
190	25.9	43.9	1.8774	213	32.2	0.481	400	2.10	2.34
200	26.6	45.8	2.0959	201	33.1	0.479	422	2.11	2.25
210	27.3	47.6	2.3246	191	34.0	0.477	444	2.11	2.15
220	28.0	49.5	2.5631	181	34.8	0.476	464	2.11	2.06
230	28.6	51.3	2.8111	172	35.6	0.475	484	2.10	1.96
240	29.2	53.2	3.0682	164	36.3	0.474	503	2.09	1.87
II ярус, Полнога=0,5; Доля пихты в составе=6 ед.									
120	18.8	30.7	0.6903	316	23.4	0.496	218	1.82	-
130	20.0	32.8	0.8340	294	24.9	0.493	246	1.89	2.77
140	21.2	34.9	0.9908	275	26.3	0.490	273	1.95	2.72
150	22.2	36.9	1.1604	258	27.6	0.488	299	2.00	2.66
160	23.2	38.9	1.3424	242	28.8	0.486	325	2.03	2.59
170	24.2	40.9	1.5365	228	30.0	0.484	350	2.06	2.51
180	25.1	42.9	1.7423	215	31.1	0.482	375	2.08	2.43
190	25.9	44.8	1.9594	203	32.1	0.480	398	2.09	2.33
200	26.6	46.8	2.1874	192	33.0	0.478	420	2.10	2.24
210	27.3	48.7	2.4261	182	33.9	0.477	442	2.10	2.14
220	28.0	50.6	2.6750	173	34.7	0.476	462	2.10	2.05
230	28.6	52.5	2.9338	164	35.5	0.474	482	2.10	1.95
240	29.2	54.3	3.2021	156	36.2	0.473	500	2.09	1.86
II ярус, Полнога=0,4; Доля пихты в составе=6 ед.									
120	18.8	31.6	0.7274	298	23.3	0.495	217	1.81	-
130	20.0	33.7	0.8788	278	24.8	0.492	244	1.88	2.75
140	21.2	35.8	1.0440	260	26.2	0.490	271	1.94	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопороотниковый - ПКУП									
150	22.2	37.9	1.2227	244	27.5	0.487	298	1.99	2.65
160	23.2	40.0	1.4145	229	28.7	0.485	324	2.02	2.58
170	24.2	42.0	1.6190	215	29.9	0.483	349	2.05	2.50
180	25.1	44.0	1.8358	203	30.9	0.481	373	2.07	2.41
190	25.9	46.1	2.0646	192	31.9	0.479	396	2.08	2.32
200	26.6	48.0	2.3049	181	32.9	0.478	418	2.09	2.23
210	27.3	50.0	2.5563	172	33.8	0.476	440	2.09	2.13
220	28.0	52.0	2.8186	163	34.6	0.475	460	2.09	2.04
230	28.6	53.9	3.0913	155	35.4	0.474	479	2.08	1.94
240	29.2	55.8	3.3740	148	36.1	0.472	498	2.07	1.85
II ярус, Полнота=0,3; Доля пихты в составе=6 ед.									
120	18.8	32.7	0.7781	277	23.2	0.494	215	1.79	-
130	20.0	34.9	0.9400	258	24.7	0.491	243	1.87	2.73
140	21.2	37.1	1.1168	241	26.1	0.489	270	1.93	2.69
150	22.2	39.2	1.3079	226	27.4	0.486	296	1.97	2.63
160	23.2	41.4	1.5131	213	28.6	0.484	322	2.01	2.56
170	24.2	43.5	1.7319	200	29.7	0.482	346	2.04	2.48
180	25.1	45.6	1.9638	189	30.8	0.480	370	2.06	2.40
190	25.9	47.7	2.2085	178	31.8	0.479	393	2.07	2.31
200	26.6	49.7	2.4656	169	32.7	0.477	416	2.08	2.21
210	27.3	51.8	2.7346	160	33.6	0.476	437	2.08	2.12
220	28.0	53.8	3.0152	152	34.4	0.474	457	2.08	2.02
230	28.6	55.8	3.3069	144	35.2	0.473	476	2.07	1.93
240	29.2	57.8	3.6093	137	35.9	0.472	495	2.06	1.84
III ярус, Полнота=1,0; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	15.2	0.0884	657	11.9	0.530	58	0.97	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопороотниковый - ПКРП									
70	11.0	17.2	0.1336	603	14.0	0.522	81	1.15	2.25
80	12.7	19.2	0.1893	554	16.1	0.516	105	1.31	2.44
90	14.2	21.2	0.2556	511	18.0	0.511	131	1.45	2.58
100	15.7	23.1	0.3325	473	19.8	0.507	157	1.57	2.66
110	17.1	25.0	0.4198	439	21.5	0.503	184	1.68	2.70
120	18.3	26.8	0.5174	408	23.1	0.500	211	1.76	2.70
130	19.5	28.6	0.6251	381	24.5	0.497	238	1.83	2.68
140	20.7	30.5	0.7426	356	25.9	0.494	265	1.89	2.64
150	21.7	32.2	0.8697	334	27.2	0.491	290	1.94	2.58
160	22.7	34.0	1.0061	314	28.4	0.489	315	1.97	2.51
170	23.6	35.7	1.1516	295	29.6	0.487	340	2.00	2.44
III ярус, Полнога=0,9; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	15.4	0.0906	639	11.8	0.529	58	0.97	-
70	11.0	17.4	0.1370	587	14.0	0.522	80	1.15	2.24
80	12.7	19.5	0.1941	540	16.0	0.516	105	1.31	2.44
90	14.2	21.4	0.2620	498	18.0	0.511	130	1.45	2.57
100	15.7	23.4	0.3408	460	19.8	0.507	157	1.57	2.65
110	17.1	25.3	0.4303	427	21.4	0.503	184	1.67	2.69
120	18.3	27.2	0.5303	397	23.0	0.499	211	1.76	2.70
130	19.5	29.0	0.6407	371	24.5	0.496	238	1.83	2.68
140	20.7	30.8	0.7612	347	25.9	0.494	264	1.88	2.63
150	21.7	32.6	0.8915	325	27.2	0.491	290	1.93	2.58
160	22.7	34.4	1.0313	305	28.4	0.489	315	1.97	2.51
170	23.6	36.2	1.1804	287	29.5	0.487	339	1.99	2.44

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопороотниковый - ПХРП									
III ярус, Полнога=0,8; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	15.6	0.0932	620	11.8	0.529	58	0.96	-
70	11.0	17.7	0.1408	569	14.0	0.522	80	1.14	2.23
80	12.7	19.7	0.1995	524	16.0	0.516	104	1.31	2.43
90	14.2	21.7	0.2694	483	17.9	0.511	130	1.45	2.56
100	15.7	23.7	0.3503	447	19.7	0.506	156	1.56	2.64
110	17.1	25.6	0.4423	414	21.4	0.502	183	1.67	2.68
120	18.3	27.6	0.5452	386	23.0	0.499	210	1.75	2.69
130	19.5	29.4	0.6586	360	24.5	0.496	237	1.82	2.67
140	20.7	31.3	0.7825	336	25.8	0.493	263	1.88	2.63
150	21.7	33.1	0.9164	315	27.1	0.491	289	1.93	2.57
160	22.7	34.9	1.0602	296	28.3	0.489	314	1.96	2.50
170	23.6	36.7	1.2134	279	29.5	0.487	338	1.99	2.42
III ярус, Полнога=0,7; Доля пихты в составе=6 ед.									
70	11.0	18.0	0.1453	550	13.9	0.521	80	1.14	-
80	12.7	20.1	0.2058	506	16.0	0.515	104	1.30	2.42
90	14.2	22.1	0.2779	467	17.9	0.510	130	1.44	2.55
100	15.7	24.1	0.3615	432	19.7	0.506	156	1.56	2.64
110	17.1	26.1	0.4564	400	21.4	0.502	183	1.66	2.67
120	18.3	28.0	0.5625	373	22.9	0.499	210	1.75	2.68
130	19.5	29.9	0.6796	348	24.4	0.496	236	1.82	2.66
140	20.7	31.8	0.8073	325	25.8	0.493	262	1.87	2.62
150	21.7	33.6	0.9455	305	27.1	0.491	288	1.92	2.56
160	22.7	35.5	1.0939	286	28.3	0.488	313	1.96	2.49
170	23.6	37.3	1.2520	269	29.4	0.486	337	1.98	

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопороотниковый - ПХРП									
III ярус, Полнота=0,6; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	16.1	0.0996	576	11.8	0.528	57	0.96	-
70	11.0	18.3	0.1506	529	13.9	0.521	80	1.14	2.22
80	12.7	20.4	0.2134	486	15.9	0.515	104	1.30	2.41
90	14.2	22.5	0.2881	448	17.8	0.510	129	1.44	2.55
100	15.7	24.5	0.3748	415	19.6	0.505	155	1.55	2.63
110	17.1	26.5	0.4732	385	21.3	0.502	182	1.66	2.67
120	18.3	28.5	0.5832	358	22.9	0.498	209	1.74	2.67
130	19.5	30.5	0.7046	334	24.3	0.495	235	1.81	2.65
140	20.7	32.4	0.8370	312	25.7	0.493	261	1.87	2.61
150	21.7	34.3	0.9803	293	27.0	0.490	287	1.91	2.55
160	22.7	36.1	1.1341	275	28.2	0.488	312	1.95	2.49
170	23.6	38.0	1.2981	259	29.3	0.486	336	1.98	2.41
III ярус, Полнота=0,5; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	16.5	0.1040	550	11.7	0.528	57	0.95	-
70	11.0	18.7	0.1572	504	13.9	0.520	79	1.13	2.21
80	12.7	20.9	0.2227	464	15.9	0.514	103	1.29	2.40
90	14.2	23.0	0.3007	428	17.8	0.509	129	1.43	2.54
100	15.7	25.1	0.3911	396	19.6	0.505	155	1.55	2.62
110	17.1	27.1	0.4938	367	21.2	0.501	181	1.65	2.65
120	18.3	29.2	0.6087	342	22.8	0.498	208	1.73	2.66
130	19.5	31.1	0.7353	319	24.3	0.495	234	1.80	2.64
140	20.7	33.1	0.8736	298	25.6	0.492	260	1.86	2.60
150	21.7	35.0	1.0231	279	26.9	0.490	286	1.91	2.54
160	22.7	36.9	1.1836	262	28.1	0.487	311	1.94	2.48
170	23.6	38.8	1.3547	247	29.2	0.485	335	1.97	2.41

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, куб. м	Число деревьев, шт./га	Сумма площадей сечения, кв.м/га	Среднее видовое число	Запас, куб. м/га	Изменение запаса, куб. м/га	
								среднее	текущее
Пихтарник крупнотравно-крупнопоропникový - ПКРП									
III ярус, Полнота=0,4; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	16.9	0.1096	519	11.7	0.527	57	0.95	-
70	11.0	19.2	0.1656	476	13.8	0.520	79	1.13	2.20
80	12.7	21.4	0.2347	438	15.8	0.514	103	1.29	2.39
90	14.2	23.6	0.3169	404	17.7	0.509	128	1.42	2.52
100	15.7	25.8	0.4121	374	19.5	0.504	154	1.54	2.60
110	17.1	27.9	0.5204	347	21.2	0.500	180	1.64	2.64
120	18.3	29.9	0.6413	323	22.7	0.497	207	1.72	2.65
130	19.5	32.0	0.7748	301	24.2	0.494	233	1.79	2.63
140	20.7	34.0	0.9205	281	25.5	0.491	259	1.85	2.59
150	21.7	36.0	1.0780	264	26.8	0.489	284	1.90	2.53
160	22.7	37.9	1.2471	248	28.0	0.487	309	1.93	2.46
170	23.6	39.9	1.4275	233	29.1	0.485	333	1.96	2.39
III ярус, Полнота=0,3; Доля пихты в составе=6 ед.									
60	9.2	17.5	0.1172	482	11.6	0.526	57	0.94	-
70	11.0	19.9	0.1772	442	13.7	0.519	78	1.12	2.19
80	12.7	22.2	0.2510	407	15.7	0.513	102	1.28	2.38
90	14.2	24.5	0.3390	375	17.6	0.508	127	1.41	2.51
100	15.7	26.7	0.4409	347	19.4	0.503	153	1.53	2.59
110	17.1	28.9	0.5566	322	21.1	0.500	179	1.63	2.62
120	18.3	31.0	0.6861	300	22.6	0.496	206	1.71	2.63
130	19.5	33.1	0.8288	280	24.1	0.493	232	1.78	2.61
140	20.7	35.2	0.9847	261	25.4	0.491	257	1.84	2.57
150	21.7	37.2	1.1532	245	26.7	0.488	283	1.88	2.51
160	22.7	39.3	1.3341	230	27.9	0.486	307	1.92	2.45
170	23.6	41.3	1.5270	217	29.0	0.484	331	1.95	2.39

4.11. Экологическое обоснование возрастной динамики древостоев по типам роста

Учение о типах леса и типах лесорастительных условий представляет основу лесоведения. Основоположники учения - Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев, П.С. Погребняк. Их ученики и последователи разработали лесотипологические схемы для всех лесорастительных районов России и стран содружества. Эти схемы стали обязательным атрибутом таксационных описаний насаждений при проведении лесоустройства.

Наряду с этим учением, существует лесотаксационное учение, базирующееся на закономерностях хода роста, строения, сортиментной и товарной структуры древостоев. Это учение в основе своей не содержит экологической основы, так как практически все лесотаксационные нормативы разработаны с учетом бонитетной, а не лесотипологической классификации. Общебонитеровочные бонитетные шкалы профессора М.М. Орлова и новая шкала ВНИИЛМ, учитывающая энергию роста древесных пород в высоту, хотя и отражают ход роста сомкнутых древостоев по средней высоте, все же по своей сути являются условными, так как имеют градацию через 4 м в 100-летнем возрасте древостоев.

Принятая условность была оправдана необходимостью разработки таблиц хода роста (ТХР), которые тоже являются условными, так как отображают статичное состояние совокупности нормальных (сомкнутых) древостоев, разных уровней продуктивности.

Тем не менее, остается открытым вопрос естественного формирования древостоев в экологических нишах, так как одним классом бонитета, например, пятым по таксационному учению характеризуются древостои как в сухом лишайниковом сосняке, так и в сфагновом сосняке (в мокрых условиях местообитания).

Однако в научных кругах уже сформировалось твердое убеждение в том, что путь составления нормативов по классам бонитета является схематичным и тупиковым. А самое главное – этот путь по своим научно-методическим принципам не в состоянии учесть всего разнообразия возрастной, вертикальной, горизонтальной и породной структуры насаждений. Покажем решение этой задачи на примере березовых древостоев Калининградской области.

Усредненная линия регрессии ростовой функции Корсуня-Бакмана (4.3) по всем типам лесорастительных условий (ТЛУ) представлена на рисунке 4.30 в диапазоне бонитетных регрессий при $H_{100}=15$ м и $H_{100}=30$ м.

$$H_{cp} = \exp(-2,29991 + 2,131198 \ln A - 0,19837 \ln^2 A) \quad (4.3)$$

$$R^2 = 0,898; m_R = \pm 0,086; t = (-24,1; 40,6; -27,7) > t_{0,05} = 2,0;$$

$$F = 8838,0 \text{ при } P < 0,05$$

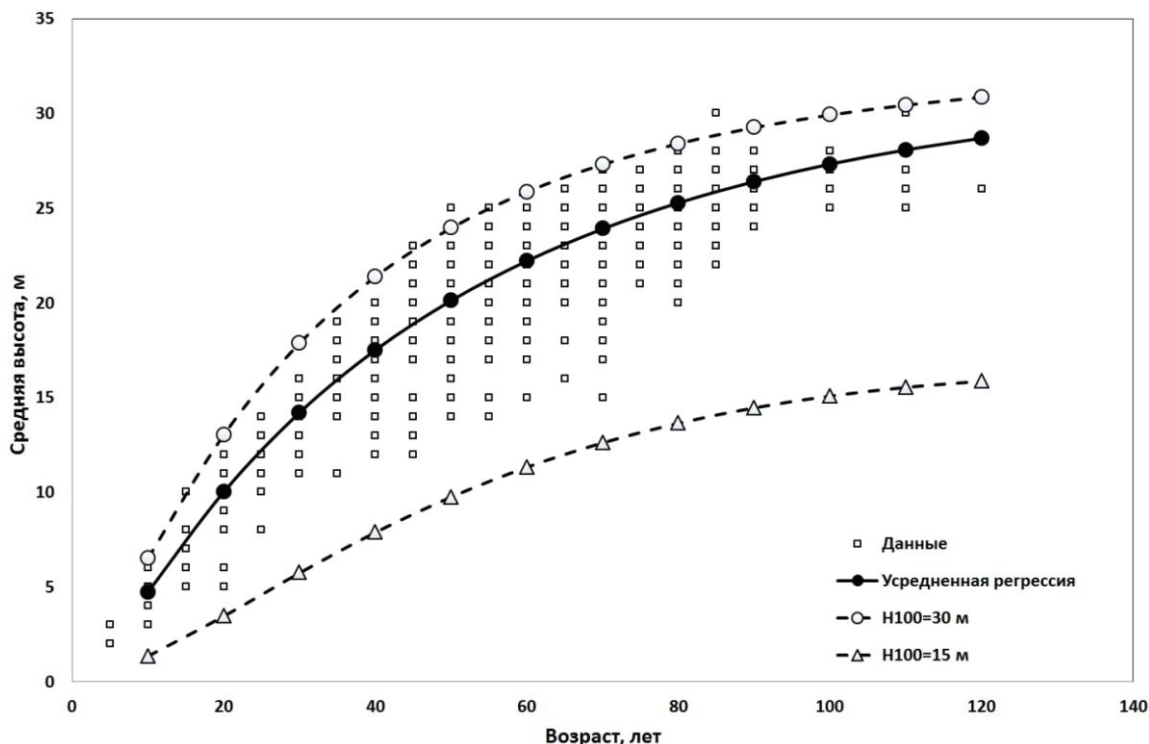


Рисунок 4.30. Усредненная линия регрессии возрастной динамики средних высот по всем типам лесорастительных условий

Усредненная линия регрессии отображает лишь общую тенденцию возрастной динамики средних высот в диапазоне уровней продуктивности от I до IV класса бонитета при N_{100} от 15 до 30 м. По общепринятой схеме составления бонитерочных шкал указанный диапазон средних высот разбивался на полосы с градацией через 4 м в 100-летнем возрасте.

Осуществить переход от бонитетной шкалы к лесотипологической по средней высоте позволяет статистическое моделирование с применением блоковых фиктивных переменных [6, 55].

Охватить весь диапазон экологических (лесотипологических) ниш стало возможным при проведении прицельно-измерительной таксации средних высот на 186 лесотаксационных участках с преобладанием березового элемента леса, охватывающих весь экологический ряд по трофности (А-боры, В-субори, С-сложные субори, Д-дубравы) и увлажненности от свежих - (2) до мокрых- (5) условий произрастания.

Таким образом, при разработке лесотипологической шкалы независимые переменные, выраженные качественными показателями-типами лесорастительных условий, были выражены блоковыми фиктивными переменными путем построения матрицы в виде таблицы 4.8.

Таблица 4.8. Матрица бинарных переменных, характеризующих типы лесорастительных условий

ТЛУ	Блоковые фиктивные переменные										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
A_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B_2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B_3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B_4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
B_5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
C_2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
C_4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
D_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

где: A_2 - свежие боры, A_3 - влажные боры, A_4 - сырые боры, A_5 - мокрые боры, B_2 - свежие суборы, B_3 - влажные суборы, B_4 - сырые суборы, B_5 - мокрые суборы, C_2 - свежие сложные суборы, C_4 - сырые сложные суборы, C_5 - мокрые сложные суборы, D_2 - свежие дубравы.

Сочетание указанных в матрице значений переменных (X_1 - X_{11}) с данными возраста березового элемента леса позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних высот вида:

$$H_{cp} = \exp(-2,436949 - 0,011911X_1 - 0,226699X_2 - 0,38131X_3 + 0,031906X_4 + 0,006894X_5 - 0,214122X_6 - 0,842500X_7 + 0,064282X_8 - 0,013831X_9 - 0,13357X_{10} + 0,09486X_{11} + 2,21198 \ln A - 0,21289 \ln^2 A) \quad (4.4)$$

$$R^2 = 0,941; mR = \pm 0,07;$$

$$t = (-38,3; -0,7; -7,8; -12,2; 2,7; 0,6; -13,7; -27,1; 5,7; -1,2; -3,6; 3,8; 64,1; -45,0) > t_{0,05}; F = 3687,9 \text{ при } P < 0,05.$$

Достаточно высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,941$), статистически значимое различие средней высоты по ТЛУ от свежих боров (A_2) ($t > t_{0,05}=2,0$) (за исключением A_3 , B_3 и C_4 при $t < t_{0,05}=2,0$), позволило по модели (4.4) построить линии регрессии, представленные на рисунке 4.24.

О степени соответствия лесотипологической шкалы бонитетной шкале можно судить по синхронности линий регрессии при $H_{100}=10$ м и $H_{100}=30$ м, которые ограничивают веер кривых сверху и снизу пятью уровнями продуктивности с интервалом 4 м в 100-летнем возрасте.

Показанное сравнение подтверждает достоверность проведенного моделирования.

В соответствии с ранее проведенными исследованиями, аналитически подтвердившими единство типов лесорастительных условий (ТЛУ), типов леса (ТЛ) и уровней продуктивности (H_{100}) [60], было проведено статистическое моделирование хода роста березовых древостоев по типам леса. Для этого была применена матрица переменных (табл. 4.6), сочетающихся с ростовой функцией Корсуня-Бакмана.

$$H_{cp} = \exp(-1,9243 - 0,20175X_1 + 0,06688X_2 + 0,1066X_3 + 0,02859X_4 - 0,4594X_5 - 0,1448X_6 + 1,9457\ln A - 0,1788\ln^2 A) \quad (4.5)$$

$$R^2 = 0,936; mR = \pm 0,07;$$

$$t = (-24,9; -12,1; 4,8; 4,3; 2,0; -16,5; -3,9; 46,4; -31,3) >$$

$$> t_{05} = 2,0;$$

$$F = 3682,9 \text{ при } P < 0,05$$

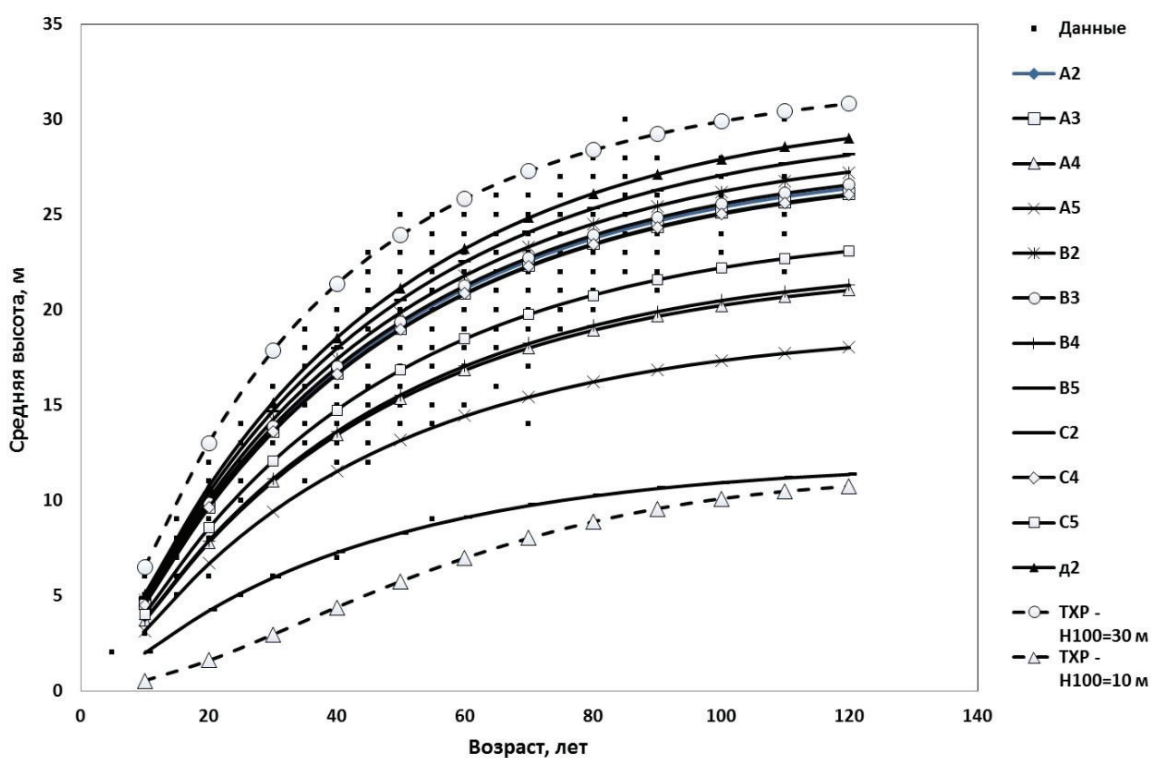


Рисунок 4.31. Лесотипологические кривые хода роста по средней высоте по типам лесорастительных условий.

Таблица 4.9. Матрица бинарных переменных, характеризующих типы леса

Тип леса	Блочные фиктивные переменные					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
БР	0	0	0	0	0	0
ДЛ	1	0	0	0	0	0
КС	0	1	0	0	0	0
ЛЛ	0	0	1	0	0	0
ОР	0	0	0	1	0	0
ОС	0	0	0	0	1	0
ТП	0	0	0	0	0	1

где: БР - брусничный, ДЛ - долгомошный, КС - кисличный, ЛЛ - лещино-липовый, ОР - орляковый, ОС - осоково-сфагновый, ТП - топяной.

Классификация березовых древостоев по типам леса в Калининградской области производится по схеме коренных сосновых и еловых типов леса.

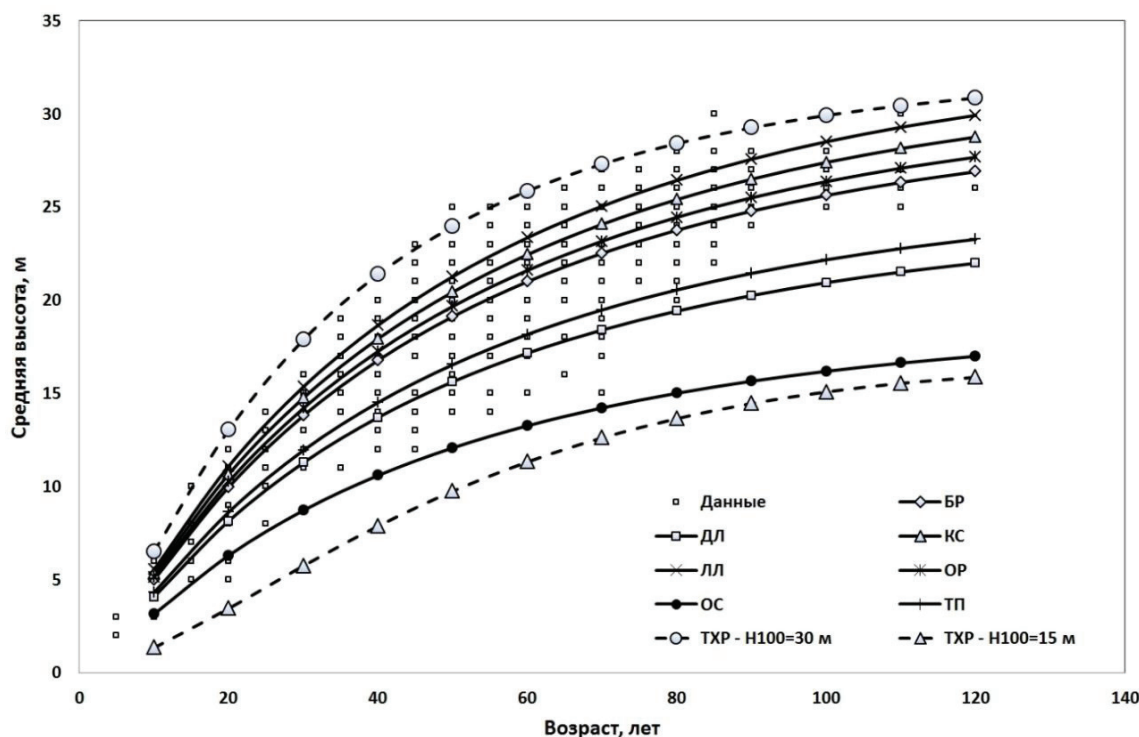


Рисунок 4.32. Возрастная динамика средних высот березового элемента леса по типам леса в диапазоне Н100 от 15 до 30 м.

Достоверность модели (4.5) подтверждена высоким показателем детерминации ($R^2=0,936$), значимостью численных коэффициентов уравнения ($t > t_{0,05}=2,0$). Графическая интерпретация полученных регрессий представлена на рисунке 4.25. Синхронность кривых хода роста по типам леса с кривыми, отображающими возрастную динамику средних высот по бонитеровочной шкале в диапазоне от 15 до 30 м в 100-летнем возрасте, подтверждает достоверность статистических моделей хода роста березовых древостоев во всем многообразии лесорастительных условий.

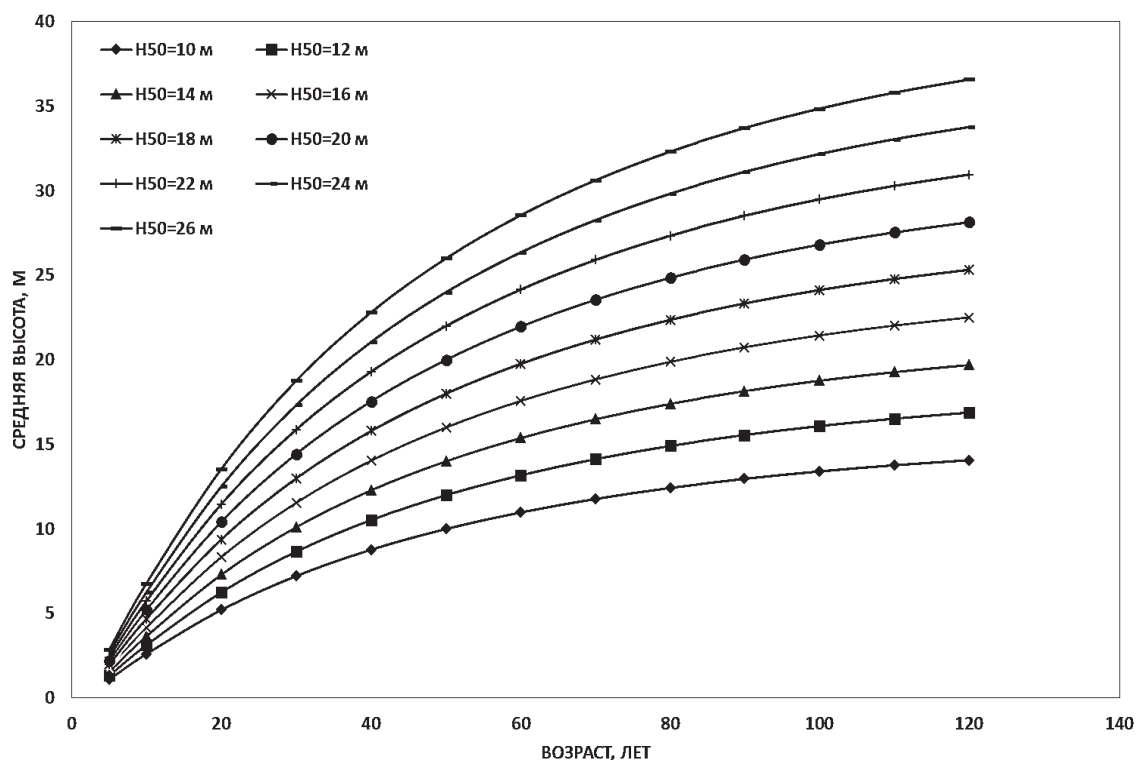


Рисунок 4.33. Кривые классов средней высоты с интервалом 2 м в 50-летнем возрасте

Преобразовав лесотипологическое уравнение регрессии (4.5) в функциональное уравнение (4.6) появилась возможность построить многоуровневую шкалу классов высот, приемлемую для описания возрастной динамики средних высот при известной высоте в базовом возрасте древостоя. В нашем случае базовый возраст древостоев составляет 50 лет.

$$H_{cp} = H_{50} * \exp(-4,87494 + 1,94569 \ln A - 0,17882 \ln^2 A) \quad (4.6)$$

Однако, следует признать, что найденное решение является не совсем удачным по причине того, что в моделях (4.4) и (4.5) использованы либо типы леса, либо типы лесорастительных условий, а в структуре регрессий не задействованы синергизм бинарных переменных с возрастом. Только включение с регрессионные уравнения синергизма позволяет выявить расхождение в типовых кривых хода роста под воздействием экологических факторов среды.

4.11.1. Влияние условий местообитания на изменение темпа роста таксационных показателей древостоев

Рассмотрим закономерности возрастной динамики таксационных показателей древостоев, произрастающих в разных условиях местообитания на материалах, относящихся к соснякам Рязанской области.

Так, для этих сосняков были получены регрессии возрастной динамики средних высот и запасов сомкнутых древостоев по типам леса в трофотопах разной степени увлажненности. Наглядно расхождение в линиях регрессии продемонстрировано на рисунках 4.34, 4.35.

О степени расхождения линий регрессии запаса в самых высокопродуктивных типах леса по трофотопам разной увлажненности свидетельствует рисунок 4.36. Так, была выявлена важная лесотаксационная закономерность, указывающая на то, что чем богаче почвенное плодородие (дубравы, сложные субори), тем больше энергия роста по высоте в стадии молодняков и средневозрастных древостоев. Однако древостои в этих условиях раньше прекращают свой рост чем древостои в бедных условиях трофности (боры и субори).

Для решения задачи оценки текущей продуктивности по типам лесорастительных условий были отобраны регрессии текущего изменения запаса наиболее продуктивных типов леса. Для боров это СБР, для суборей – СЛЖ, для сложных суборей – ЕПРЧ, для дубрав – ДСОП.

На рисунке 4.37 показаны линии регрессии в указанных лесотипологических условиях. Такое представление взаимосвязей позволило выявить новые закономерности прироста древостоев, в частности, связанные с возрастом его кульминации. Так, чем беднее трофотоп, тем позднее наступает кульминация прироста. Выявленная закономерность является одной из самых важных при обосновании возраста спелости древостоев по типам леса и ТЛУ.

Пересечение регрессий текущего и среднего прироста древостоев по запасу указывает на изменение возраста количественной спелости в зависимости от условий местопроизрастания. Так, количественная спелость в борах наступает в 60 лет, в субориях в 50 лет, в сложных субориях в 40 лет, в дубравах в 35 лет.

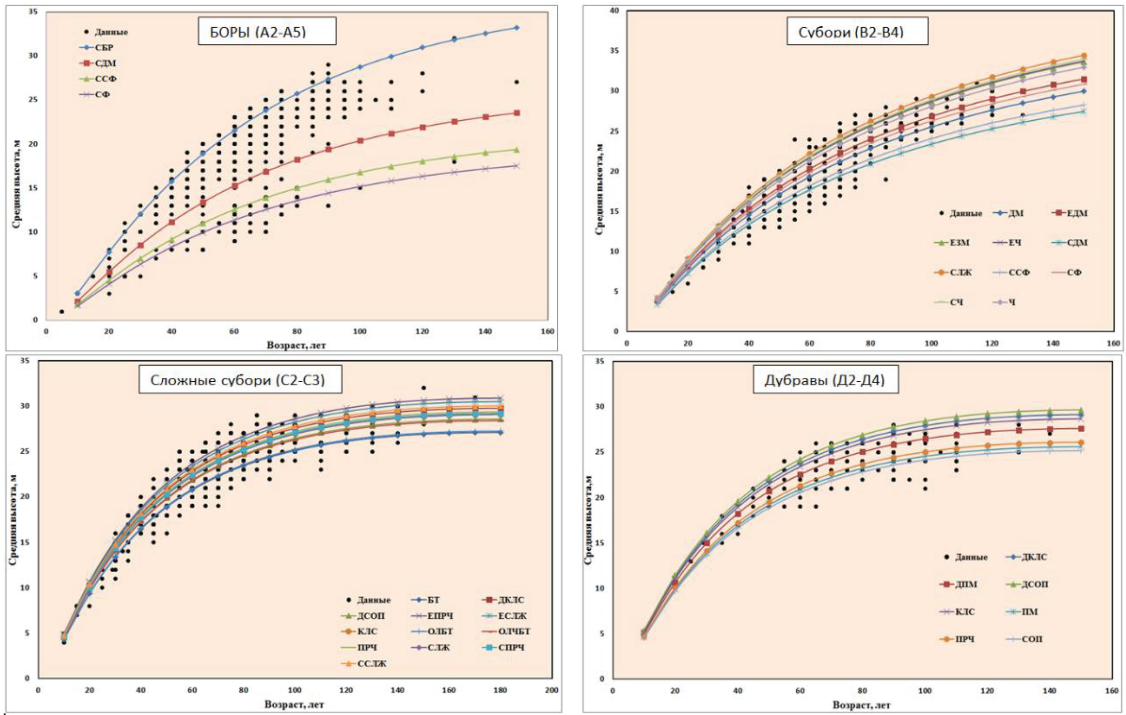


Рисунок 4.34. Возрастная динамика средних высот по типам леса в трофотопях разной увлажненности

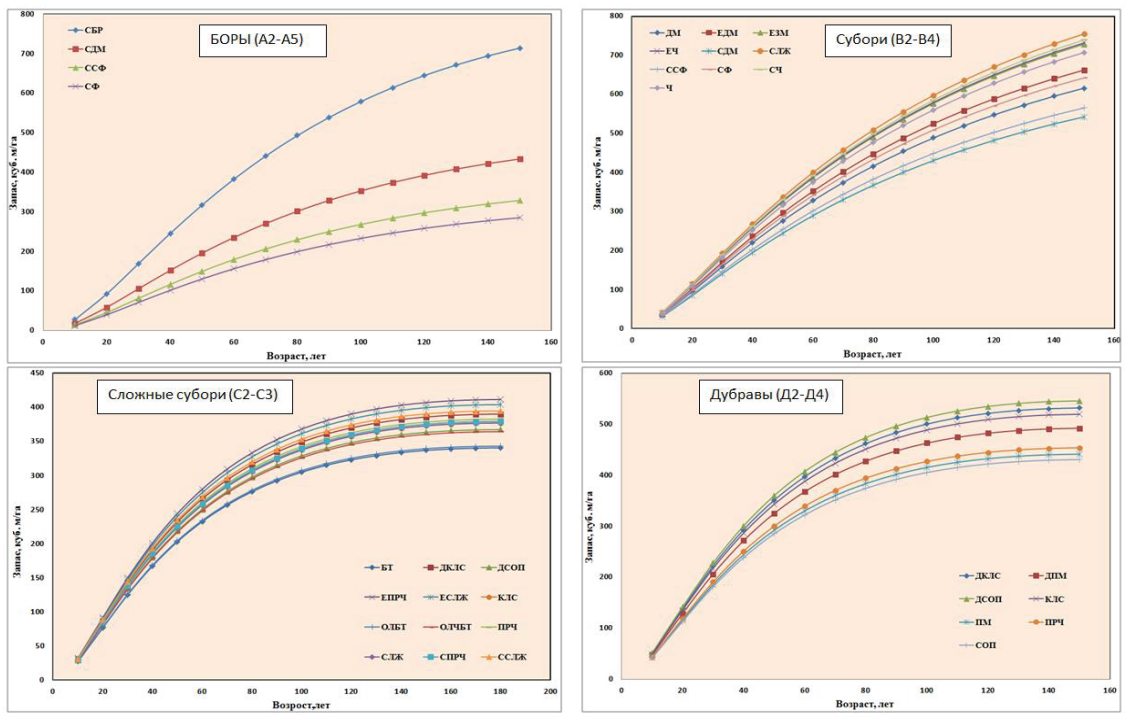


Рисунок 4.35. Возрастная динамика средних высот по типам леса в трофотопях разной увлажненности

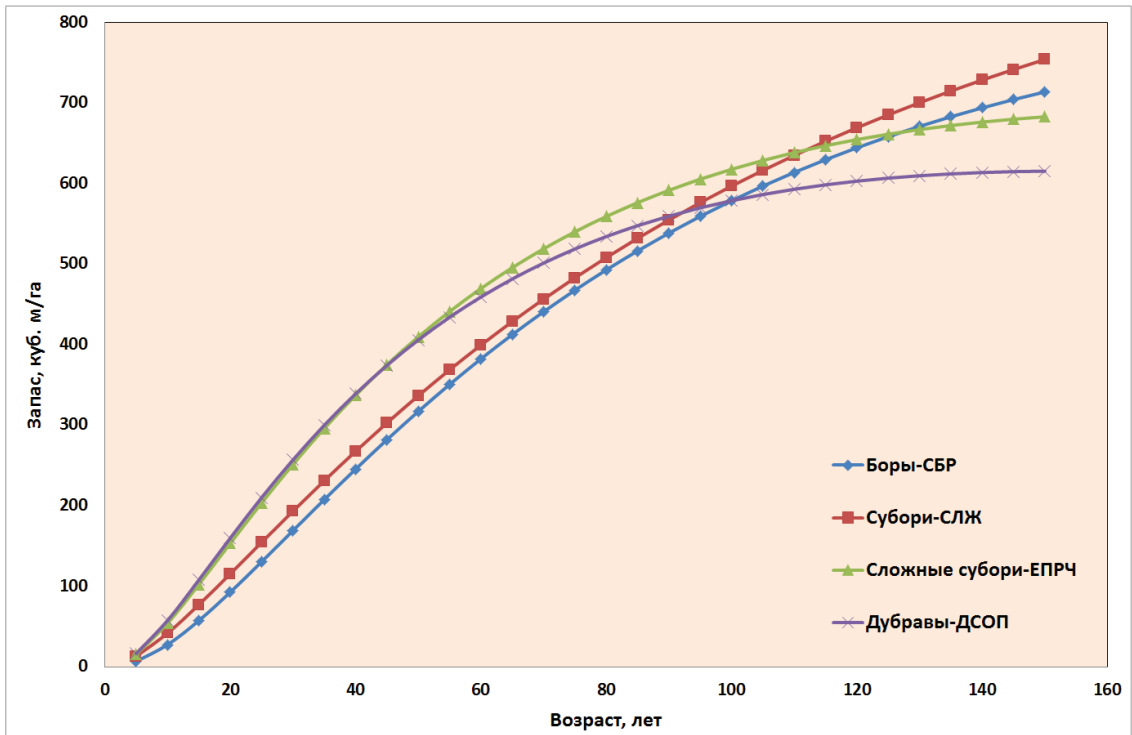


Рисунок 4.36. Возрастная динамика запаса сомкнутых древостоев в самых высокопродуктивных типах леса по трофотопам разной увлажненности

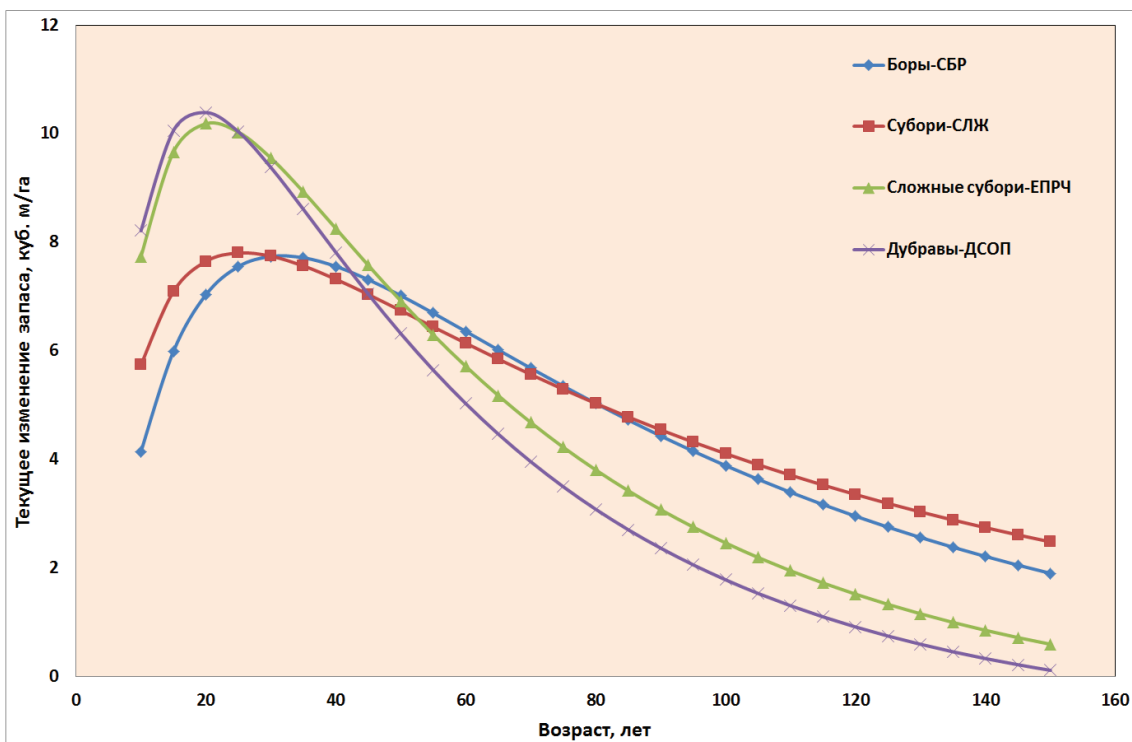


Рисунок 4.37. Зависимость текущего изменения запаса от возраста древостоев, произрастающих в самых продуктивных типах леса по типам лесорастительных условий.

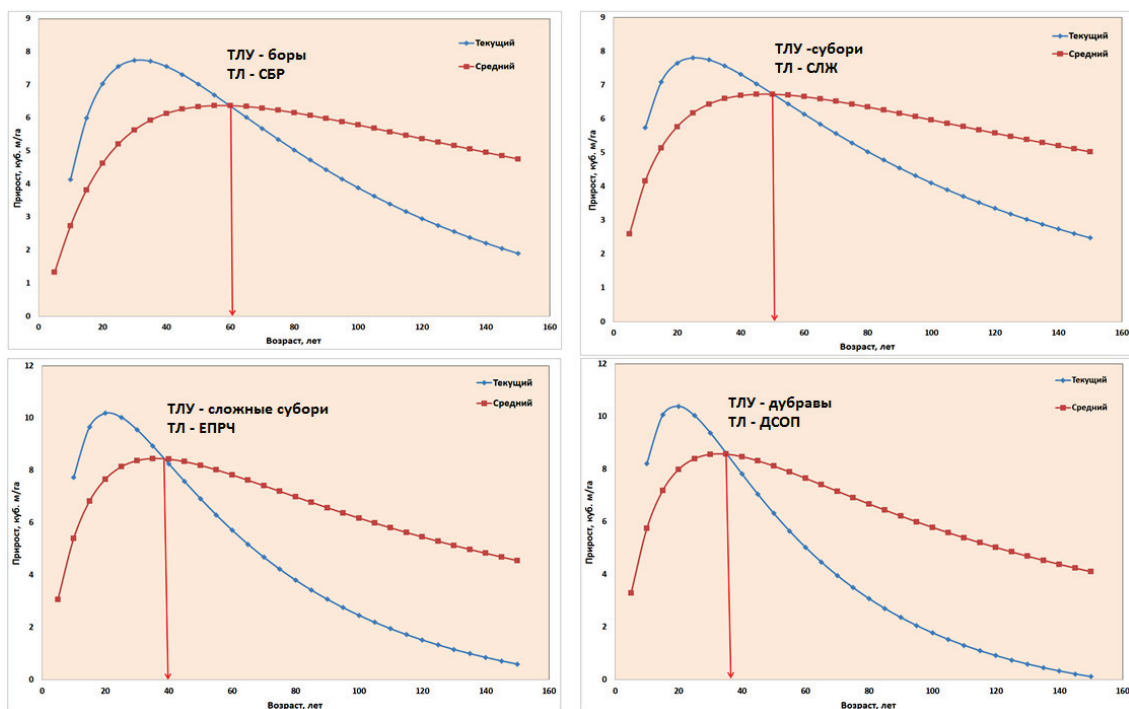


Рисунок 4.38. Соотношение текущего и среднего прироста по запасу наиболее продуктивных типов леса по типам лесорастительных условий

4.11.2. Экологические основы дифференциации типовых кривых возрастной динамики роста древостоев

Несмотря на показанную синхронность лесотипологической шкалы хода роста средних высот по ТЛУ и типам леса, открытым остается вопрос о типовых кривых роста, предложенных Б.Б. Зейде [15, 16] и развитых В.В. Загребевым [12] и его последователями.

Следует отметить, что предложенная ими дифференциация типов кривых роста по основным таксационным показателям древостоев была получена на данных многочисленных таблиц хода роста Евразии. Однако эти таблицы были составлены с применением либо общепониманной шкалы профессора М.М. Орлова, либо на основе местных шкал классов бонитета. А если в них и указывался тип леса или ТЛУ, то это пояснение было условным, так как в аналитическую систему расчета таксационных показателей древостоев лесотипологическая классификация не включались.

Поэтому выделенные В.В. Загребевым типы роста были дифференцированы по порядковым номерам. Порядковый номер является понятием условным и не связан с экологическими условиями произрастания насаждений и, в первую очередь, с трофностью и увлажнением почв.

Считаем целесообразным построение шкал хода роста по типам леса в разрезе одной трофности, но разной увлажненности, например, для боров (А0, А1, А2, А3, А4, А5), суборей (В0, В1, В2, В3, В4, В5),

сложных суборей (С0, С1, С2, С3, С4, С5); и дубрав (Д0, Д1, Д2, Д3, Д4, Д5).

Также необходимо дифференцировать кривые роста опираясь не на трофность, а на увлажнение. В этом случае типы леса должны выступать регрессорами при одной увлажненности, но разной трофности. Например, для ксерофильных (очень сухих) условий – (0А, 0В, 0С, 0Д), мезо-ксерофильных (сухих) – (1А, 1В, 1С, 1Д), мезофильных (свежих) – (2А, 2В, 2С, 2Д), мезо-гигрофильных (влажных) – (3А, 3В, 3С, 3Д), гигрофильных (сырых) – (4А, 4В, 4С, 4Д), ультра-гигрофильных (болотных) – (5А, 5В, 5С, 5Д).

Для того, чтобы упорядочить кривые типов роста в зависимости от трофности и увлажненности условий местообитания воспользуемся эдафической (классификационной схемой) почвенных местообитаний в соответствии с грациями плодородия и увлажнения почв (Рис. 4.39).

Решение поставленной задачи осуществлено совместно с магистрантом А.В. Лебедевым. Для её решения в статистическую модель возрастной динамики средней высоты включены трофотопы и гигротопы, а также синергизмы возраста с плодородием почв (AX_i) и возраста с увлажнением (AZ_i). В таблице 4.10 приведена матрица бинарных переменных, соответствующая условиям местообитания. Сочетание фиктивных переменных с ростовой функцией Корсуна – Бакмана позволило сформировать структуру лесотипологической модели возрастной динамики средней высоты (4.7).

Таблица 4.10. Кодирование типов условий местообитания сосновых древостоев Рязанской области фиктивными переменными

ТЛУ	Трофность		Влажность			
	X_1	X_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
A ₁	0	0	0	0	0	0
A ₂	0	0	1	0	0	0
A ₃	0	0	0	1	0	0
A ₄	0	0	0	0	1	0
A ₅	0	0	0	0	0	1
B ₂	1	0	1	0	0	0
B ₃	1	0	0	1	0	0
B ₄	1	0	0	0	1	0
B ₅	1	0	0	0	0	1
C ₂	0	1	1	0	0	0
C ₃	0	1	0	1	0	0
C ₄	0	1	0	0	1	0

где:

X_i – фиктивные блоковые переменные трофности местообитания;
 Z_i – фиктивные блоковые переменные влажности почвы.

И/Т	А	В	С	Д	Гигротопы
0	Песчаный ковыль Бессмертник		Лерловник Осика волосистая	Мелкие осики	Ксерофильные (очень сухие)
1	Сладопия Талоньянка Сон-трава		Звездчатая		Мезо-ксерофильные (сухие)
2	Брусника	Узколистная дунница	Ясменник	Сныть	Мезофильные (свежие)
3	Зеленые мхи Черника		Обыкновенная дубовая	Венчанница	Мезо-гигрофильные (влажные)
4	Малиния Голубика	Сфагнум	Женский папоротник Таволга болотная Недотрога		Гигрофильные (сырые)
5	Багульник Пушица Клюква	Сабельник	Селезеночник болотный папоротник Калужница		Ультрагигрофильные (болота)
И/Т	боры	Простые субори	Сложные субори	Дубравы	Трофотопы



clip2net.com

Рисунок 4.39. Эдафическая сетка П.С. Погребняка [37]

В соответствии с принятым кодированием экологических переменных проведено статистическое моделирование возрастной динамики основных морфометрических показателей древостоев.

Статистическая модель средней высоты получила следующий вид:

$$H = \exp(-3,50473 + 2,33492 \ln A - 0,19451 \ln^2 A + \ln A(0,08944X_1 + 0,11579X_2) + \ln A(0,16602Z_1 + 0,12518Z_2 - 0,11458Z_3 - 0,26459Z_4) + \ln^2 A (-0,01845X_1 - 0,02451X_2) + \ln^2 A (-0,02791Z_1 - 0,01928Z_2 + 0,02304Z_3 + 0,03961Z_4)) \quad (4.7)$$

$$t = \{-120,2; 99,1; -41,1; 20,7; 10,5; 9,4; 7,0; -6,3; -13,5; -17,9; -9,5; -6,5; -4,4; 5,2; 8,2\}$$

$$R^2=0,942; S_R=\pm 0,096; F=29063,4; P<0,05$$

Статистические параметры точности и достоверности уравнения регрессии указывают на надежность результатов моделирования.

Графическая интерпретация модели (4.7) представлена линиями регрессии (Рис. 4.40), наиболее точно отображающими динамику средних высот в отличие от принятой в таксации синхронности бонитеровочной шкалы. Причиной расхождения темпов роста по средней высоте являются экологические условия местообитания древостоев.

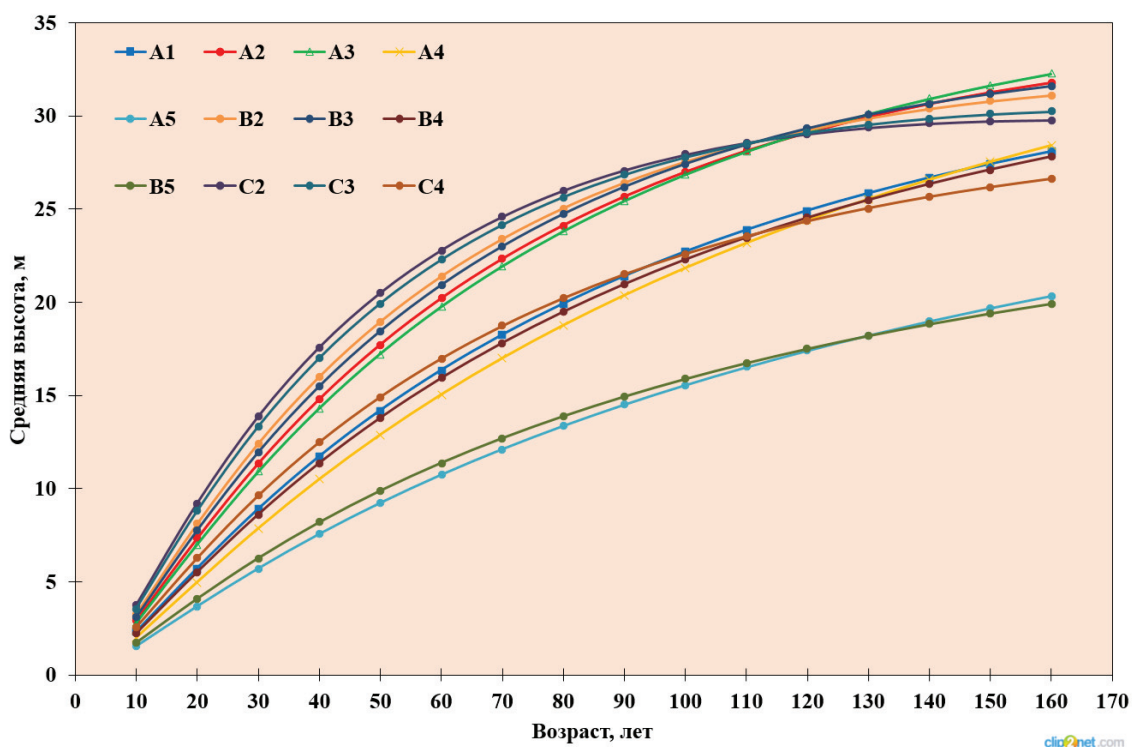


Рисунок 4.40. Возрастная динамика средней высоты сосновых древостоев Рязанской области, произрастающих в трюфотопях разной увлажненности

На рисунке 4.41 продемонстрированы типовые кривые хода роста, полученные на основе абсолютных значений средней высоты по модели (4.7).

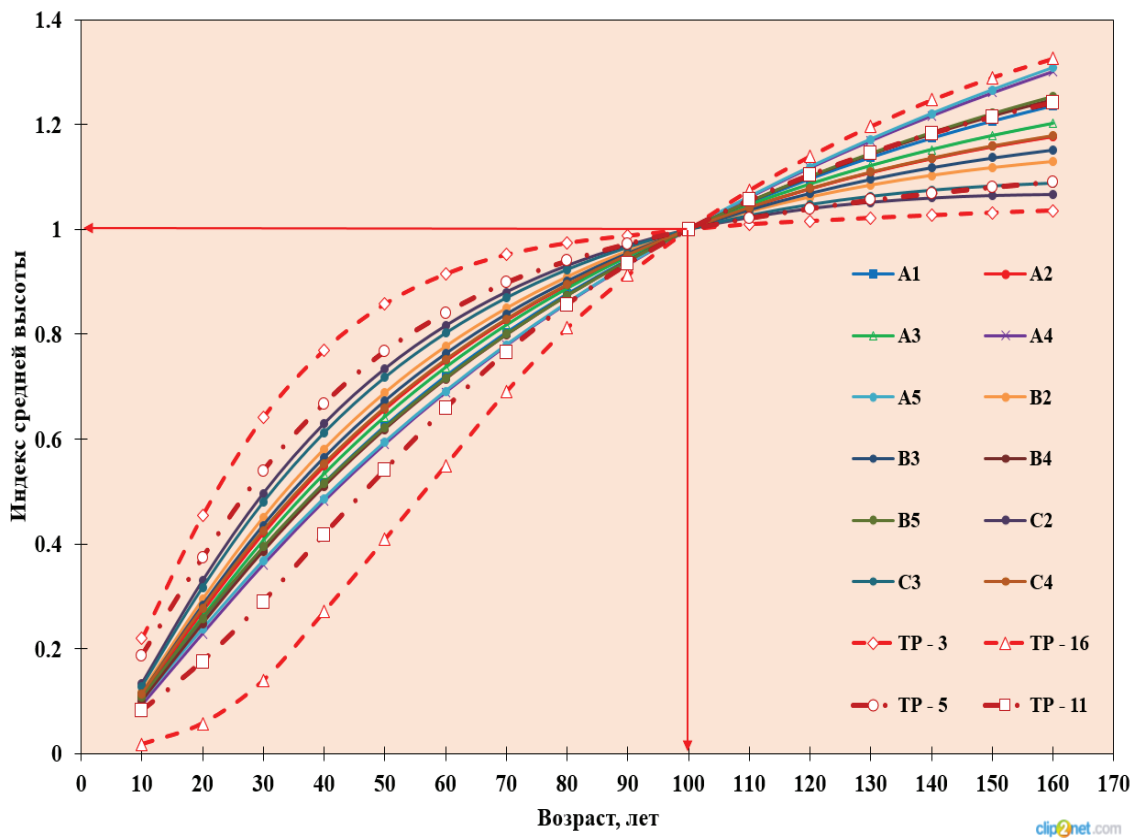


Рисунок 4.41. Сравнение индексных кривых средних высот (H/H_{100}) сосновых древостоев по типам лесорастительных условий с типовыми кривыми по В.В. Загреву [12]

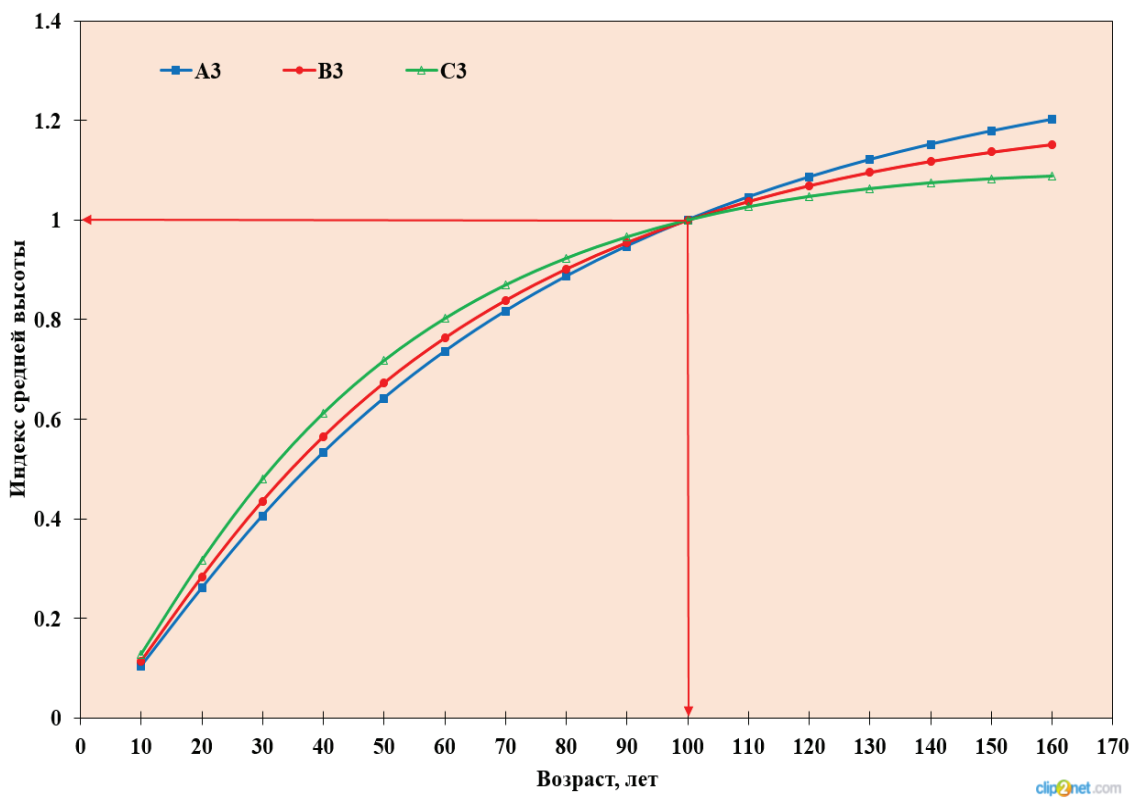


Рисунок 4.42. Индексные кривые средних высот (H/H_{100}) сосновых древостоев, произрастающих во влажных условиях по классам плодородия почв

В зависимости от экологических условий местообитания типовые кривые роста для сосняков Рязанской области укладываются в диапазон варьирования от 3 до 16 типа после 100 - летнего возраста древостоев. До этого возраста лесотипологические кривые индексов высот имеют значительно меньшее варьирование и укладываются между 5 и 11 типом роста.

Анализ типовых кривых хода роста по высоте в разных ТЛУ одной увлажненности (Рис. 4.42) и в бедных по плодородию почв разной увлажненности (Рис. 4.43) показывает, что трофность и увлажнение почв оказывают существенное влияние на изменение темпа прироста по средней высоте древостоя.

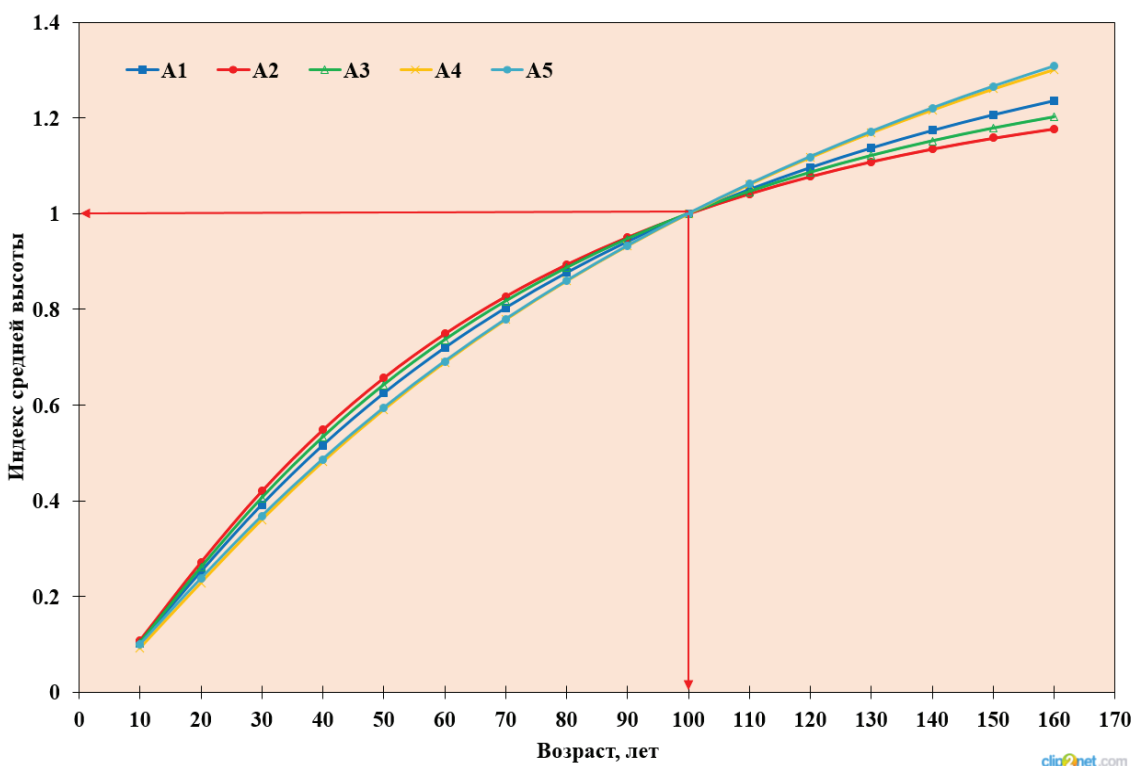


Рисунок 4.43. Индексные кривые средних высот (H/H_{100}) сосновых древостоев, произрастающих на бедных почвах при разной увлажненности

Наряду со средней высотой была рассмотрена возрастная динамика среднего диаметра древостоев, произрастающих в разных типах лесорастительных условий. Так, статистическая модель среднего диаметра получила следующий вид:

$$D = \exp(-1,77968 + 1,36656 \ln A - 0,05175 \ln^2 A + \ln A(0,09546X_1 + 0,03741X_2) + \ln A(0,08948Z_1 + 0,03756Z_2 - 0,10541Z_3 - 0,213340Z_4) + \ln^2 A(-0,01964X_1 - 0,00482X_2) + \ln^2 A(-0,01472Z_1 - 0,00399Z_2 + 0,01696Z_3 + 0,029605Z_4)) \quad (4.8)$$

$$t = \{-43,3; 39,7; -7,4; 15,7; 2,4; 3,4; 1,4; -3,9; -7,2; -13,6; -1,3; -2,3; -0,6; 2,6; 4,1\}$$

$$R^2 = 0,903; S_R = \pm 0,135; F = 16606,2; P < 0,05$$

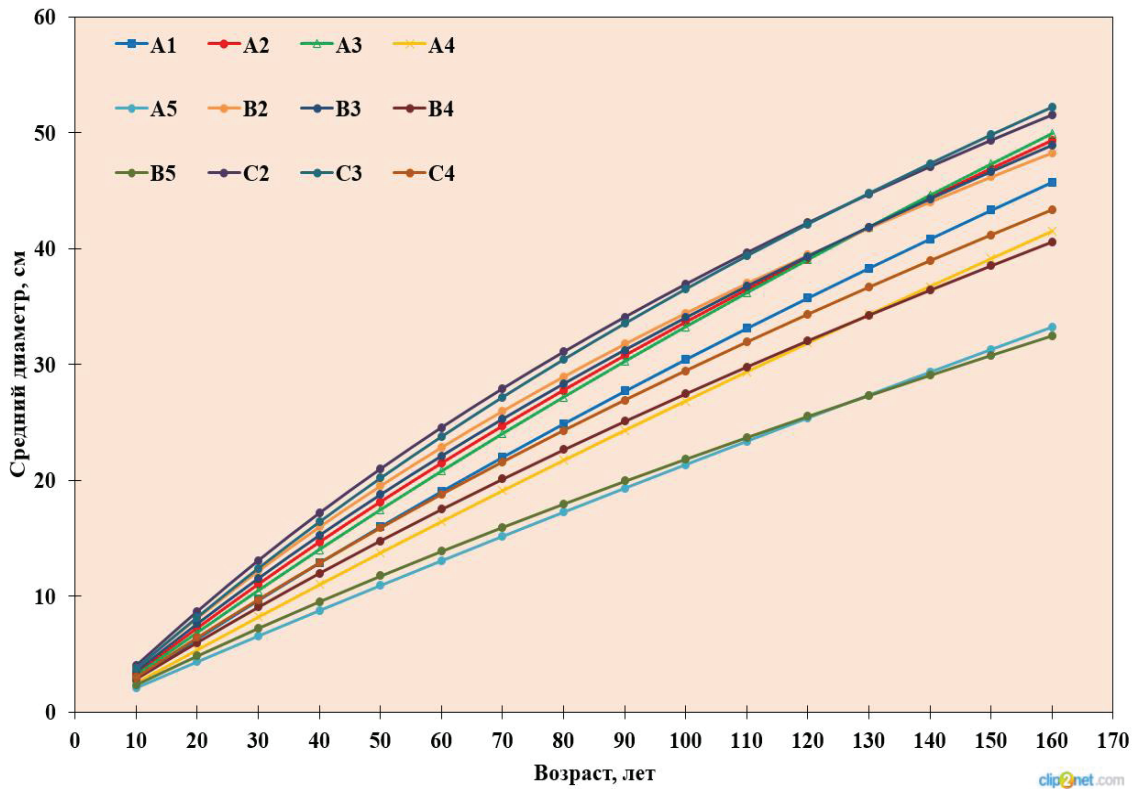


Рисунок 4.44. Возрастная динамика среднего диаметра сосновых древостоев Рязанской области, произрастающих в трюфотопях разной увлажненности

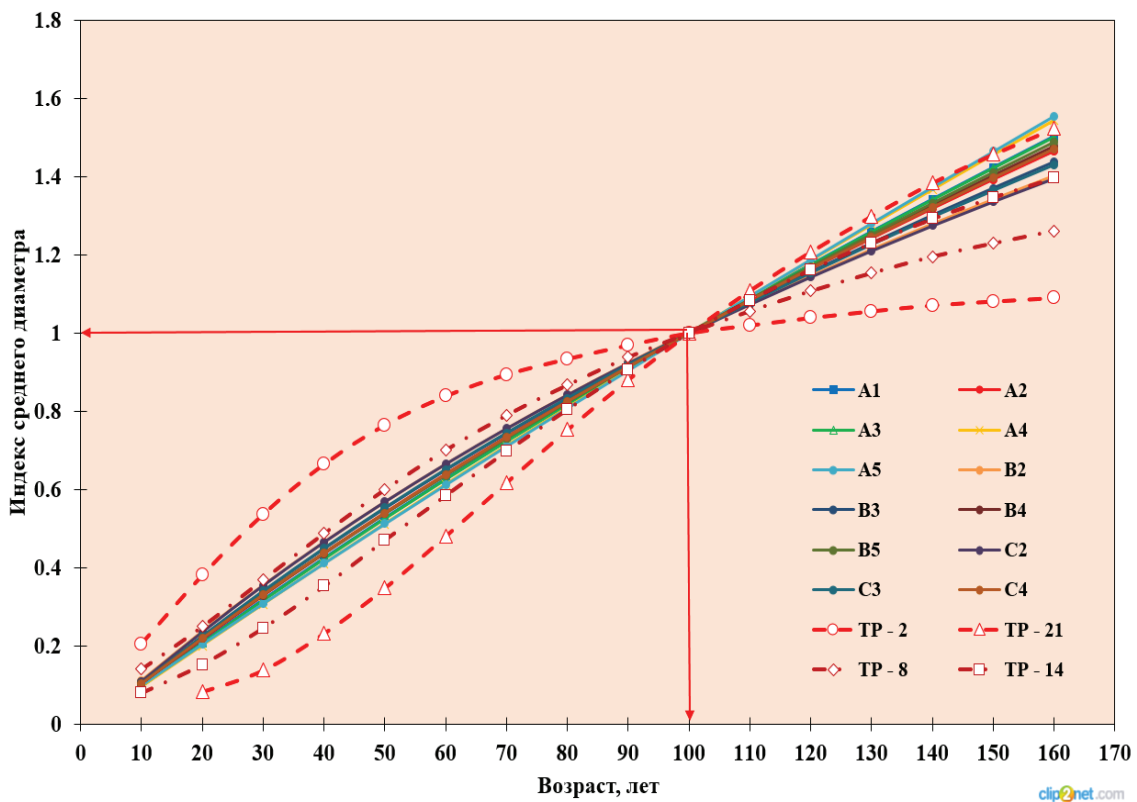


Рисунок 4.45. Сравнение индексных кривых среднего диаметра (D/D_{100}) сосновых древостоев по типам лесорастительных условий с типовыми кривыми по В.В. Загреву [12]

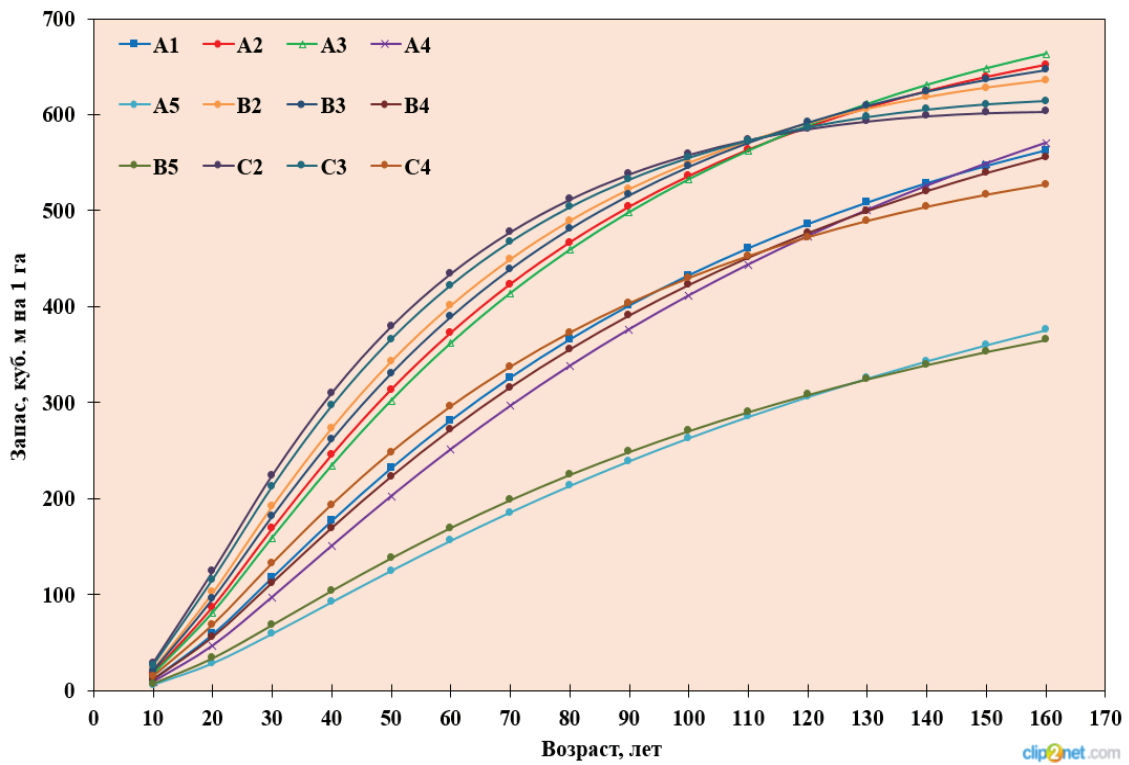


Рисунок 4.46. Возрастная динамика запаса древостоев в трофотопках разной увлажненности

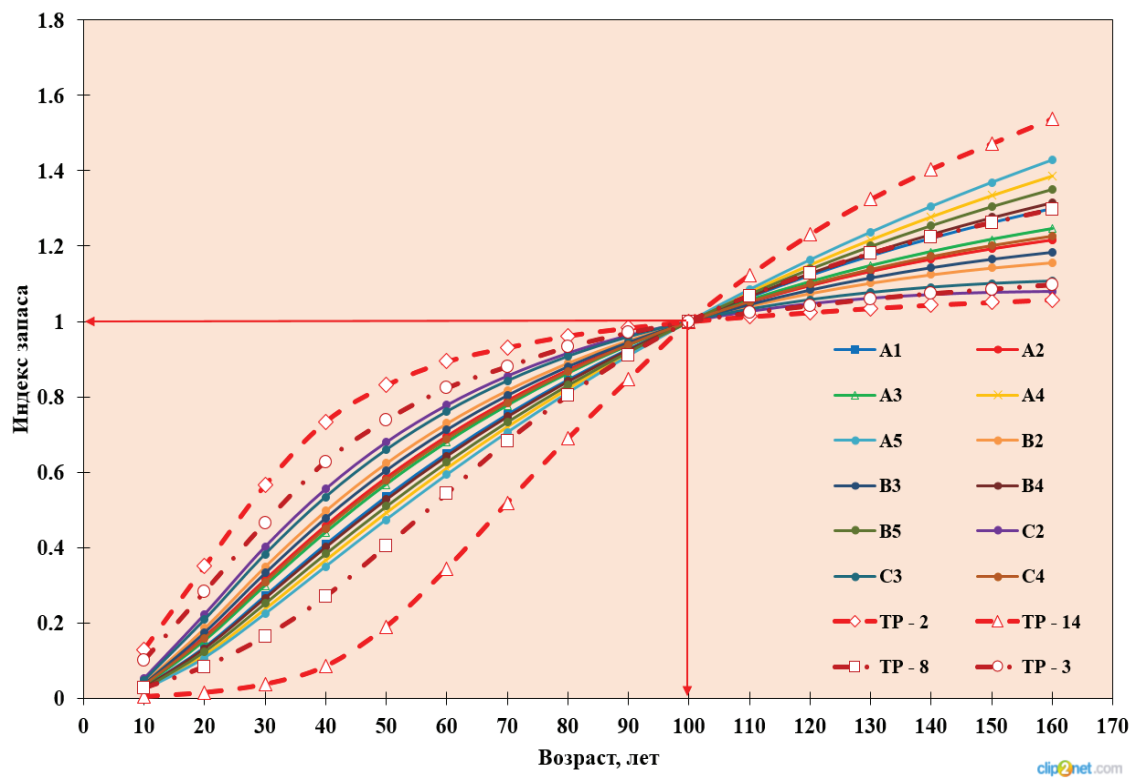


Рисунок 4.47. Сравнение индексных кривых запаса (M/M_{100}) сосновых древостоев по типам лесорастительных условий с типовыми кривыми по В.В. Загреву [12]

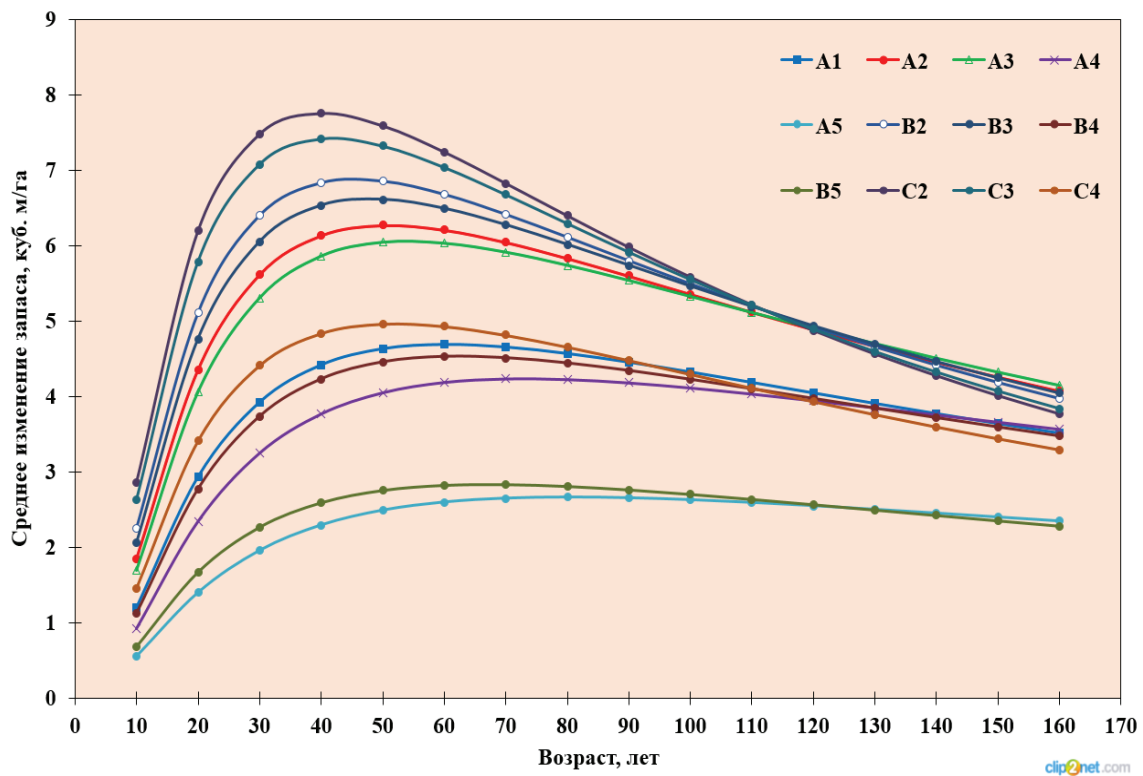


Рисунок 4.48. Возрастная динамика среднего изменения запаса древостоев в трофотопах разной увлажненности

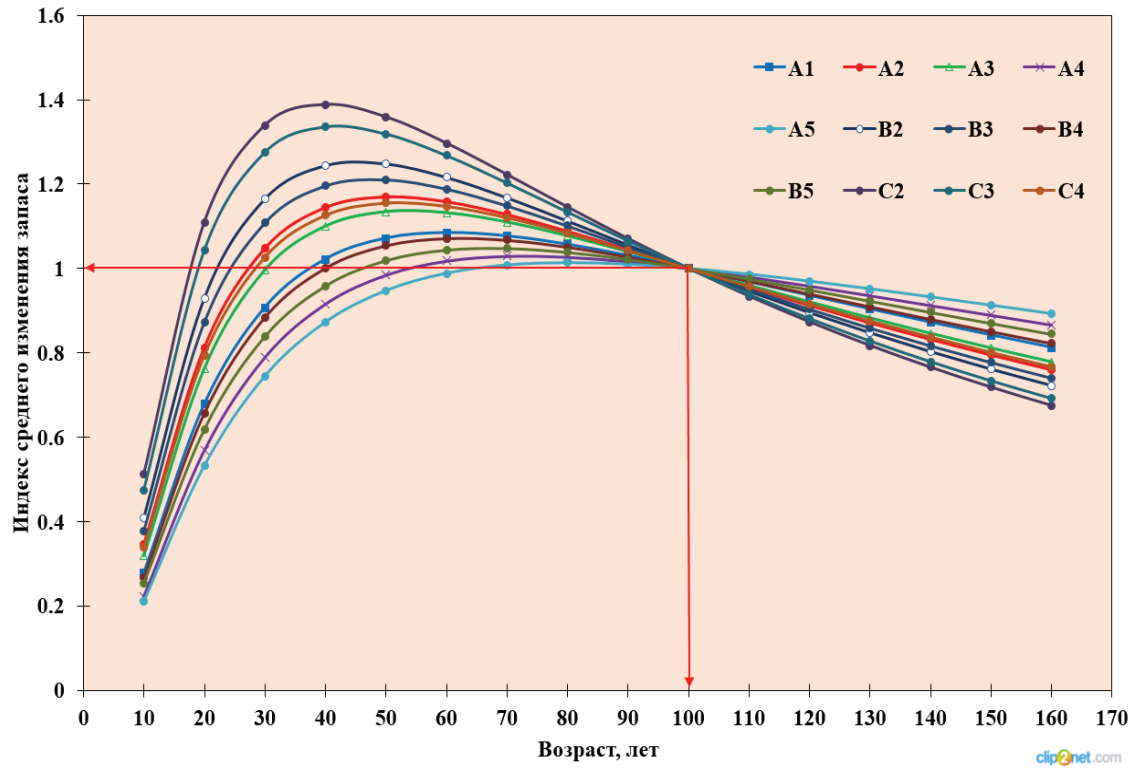


Рисунок 4.49. Индексные кривые среднего изменения запаса (Z^{cp}/Z^{cp}_{100}) сосновых древостоев, произрастающих в трофотопах разной увлажненности

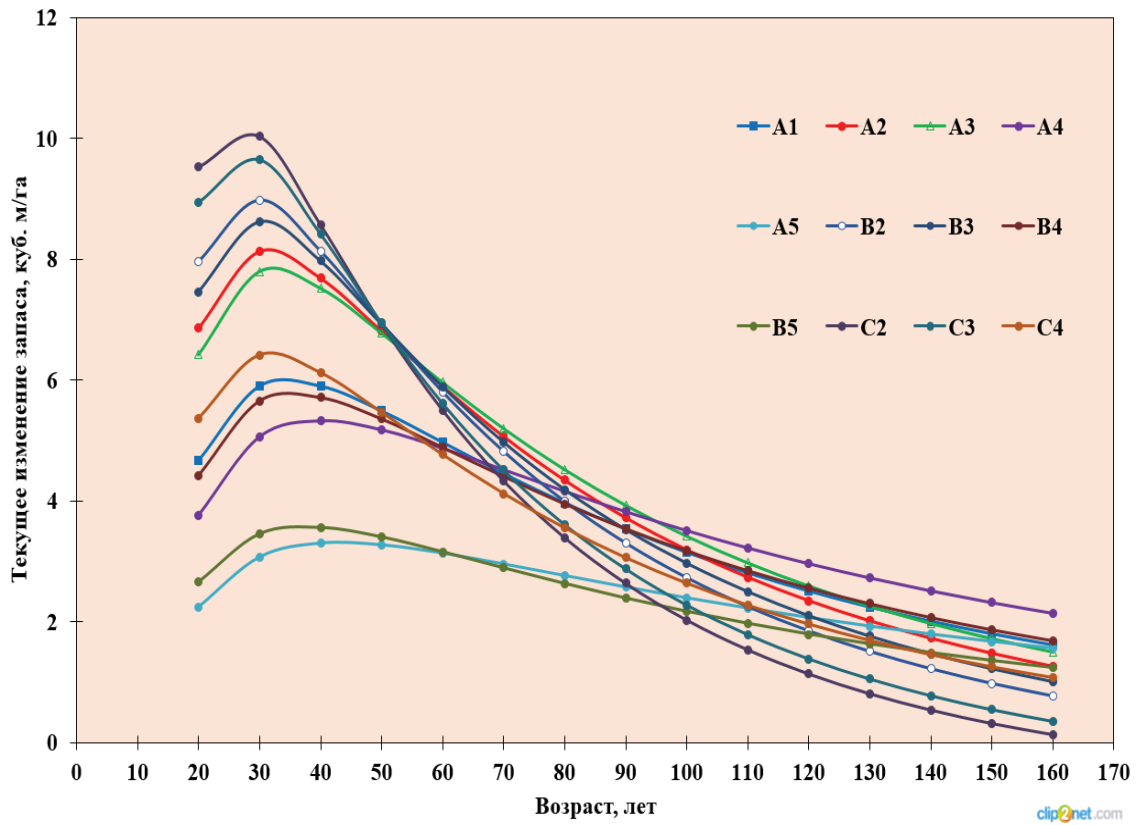


Рисунок 4.50. Возрастная динамика текущего изменения запаса сосновых древостоев в трюфотопях разной увлажненности

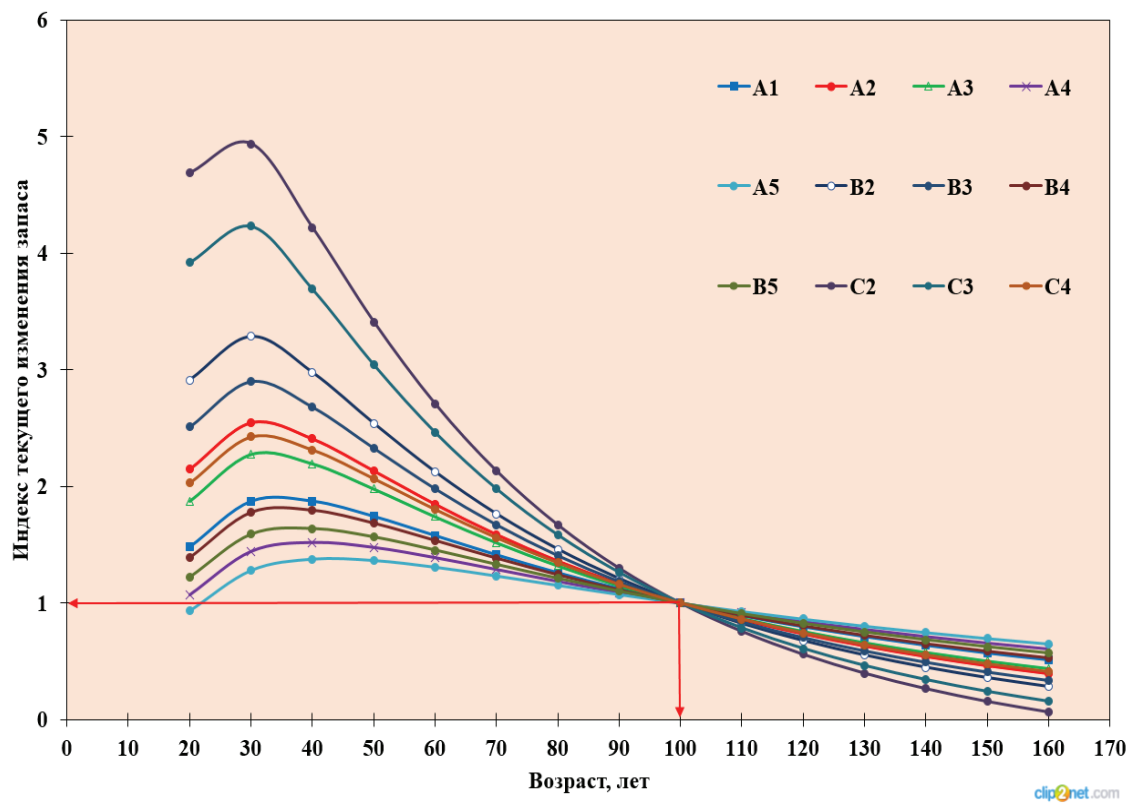


Рисунок 4.51. Индексные кривые текущего изменения запаса (Z^M/Z^M_{100}) сосновых древостоев, произрастающих в трюфотопях разной увлажненности

Показанные линии регрессии наглядно свидетельствуют о экологической первопричине дифференциации кривых возрастной динамики роста древостоев. Так, древостои, произрастающие на богатых по плодородию почвах, раньше достигают своей потенциальной продуктивности по сравнению с древостоями, растущими на бедных почвах.

Полученных нами индексные кривые таксационных показателей по типам лесорастительных условий, указывают на необходимость детального изучения этого вопроса на быстрорастущих древесных породах, таких как береза и долговечных, медленно растущих породах, представленных в России кедром сибирским, пихтой кавказской, буком восточным, дубом черешчатым семенного происхождения.

Итак, рассмотрим решения поставленной задачи для березовых древостоев Московской области. В таблице 4.11 приведено кодирование типов лесорастительных условий с учетом плодородия и увлажнения почв.

Таблица 4.11. Кодирование типов условий местообитания березовых древостоев Московской области фиктивными переменными

ТЛУ	Трофность		Влажность		
	X_1	X_2	Z_1	Z_2	Z_3
A ₂	0	0	0	0	0
A ₃	0	0	1	0	0
A ₄	0	0	0	1	0
A ₅	0	0	0	0	1
B ₂	1	0	0	0	0
B ₃	1	0	1	0	0
B ₄	1	0	0	1	0
B ₅	1	0	0	0	1
C ₂	0	1	0	0	0
C ₃	0	1	1	0	0
C ₄	0	1	0	1	0
C ₅	0	1	0	0	1

где:

X_i – фиктивные блоковые переменные трофности местообитания;

Z_i – фиктивные блоковые переменные влажности почвы.

Регрессионная модель возрастной динамики средней высоты (4.9) графически интерпретирована на рисунке 4.52, а индексные кривые H/H_{50} и H/H_{100} на рисунках 4.53, 4.54.

$$H = \exp(-1,62495 + 1,68695 \ln A - 0,13389 \ln^2 A + \ln A(0,09015X_1 + 0,15416X_2) + \ln A(-0,01909Z_1 - 0,17147Z_2 - 0,33278Z_3) + \ln^2 A(-0,01497X_1 - 0,02892X_2) + \ln^2 A(0,00433Z_1 + 0,030095Z_2 + 0,05525Z_3)) \quad (4.9)$$

$$R^2=0,934; m_R=\pm 0,10;$$

$$t=\{-80,8; 92,3; -34,3; 6,3; 10,8; -3,4; -27,1; -21,3; -4,1; -8,0; 3,2; 19,5; 14,1\}; F=26298,9 \text{ при } P<0,05$$

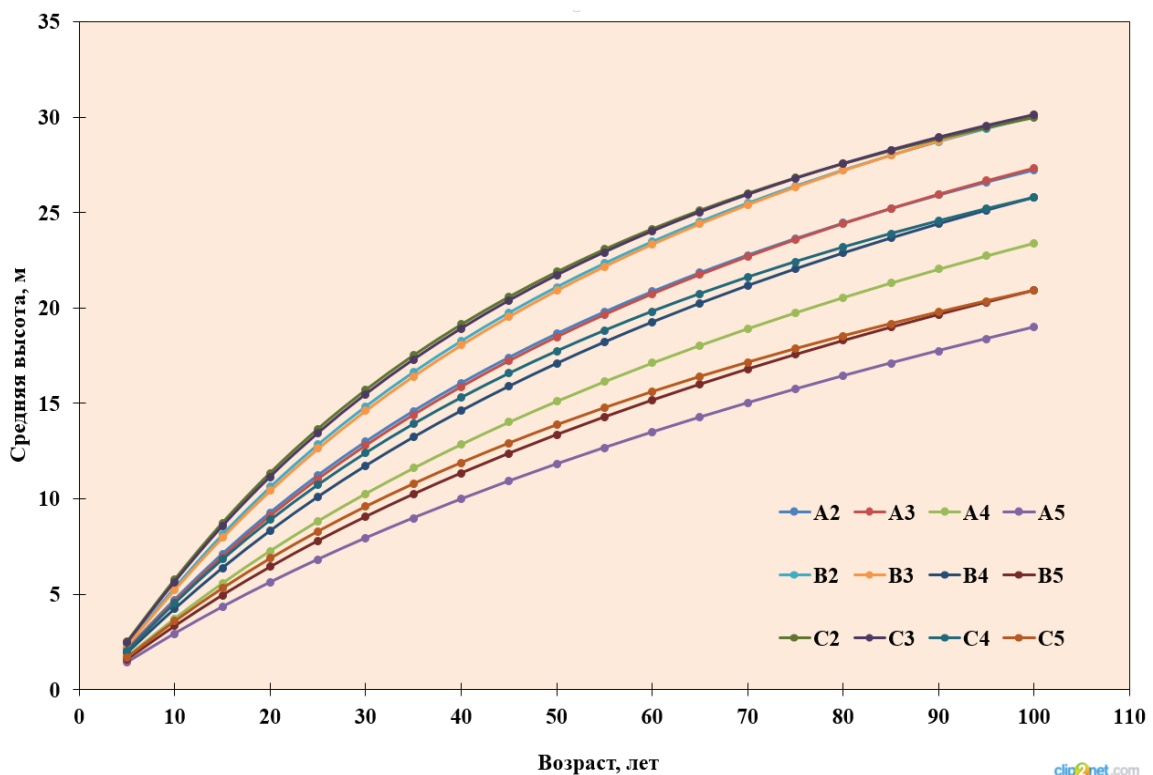


Рисунок 4.52. Возрастная динамика средней высоты березовых древостоев Московской области, произрастающих в трофотопях разной увлажненности

Следует указать, что эдафическая классификация типов лесорастительных условий П.С. Погребняка [37] используется в основном на Украине и в некоторых регионах европейской части России. На значительной части территории Российской Федерации используются региональные классификации, представленные типами леса или группами типов леса.

Следующая задача решалась для кедрочей Омской области и предусматривала использовать классификацию типов леса без оценки типов лесорастительных условий. Кодирование типов леса фиктивными переменными приведено в таблице 4.12.

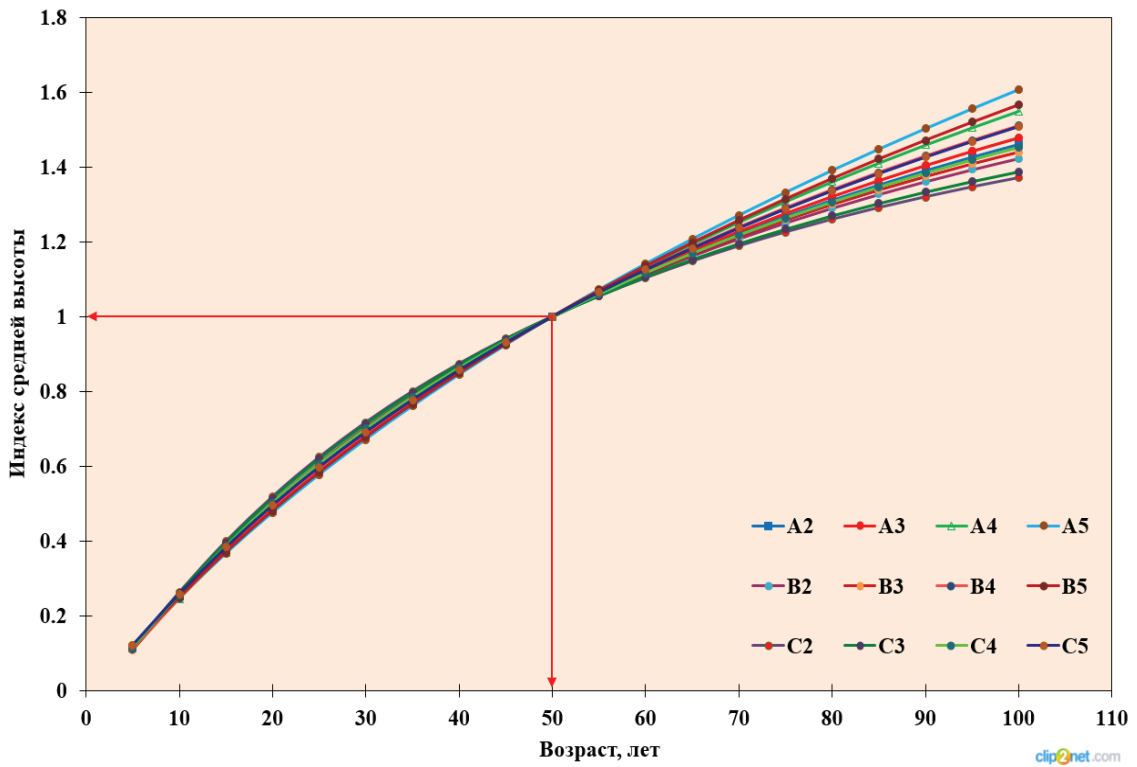


Рисунок 4.53. Индексные кривые средней высоты (H/H_{50}) березовых древостоев, произрастающих в трофотопях разной увлажненности

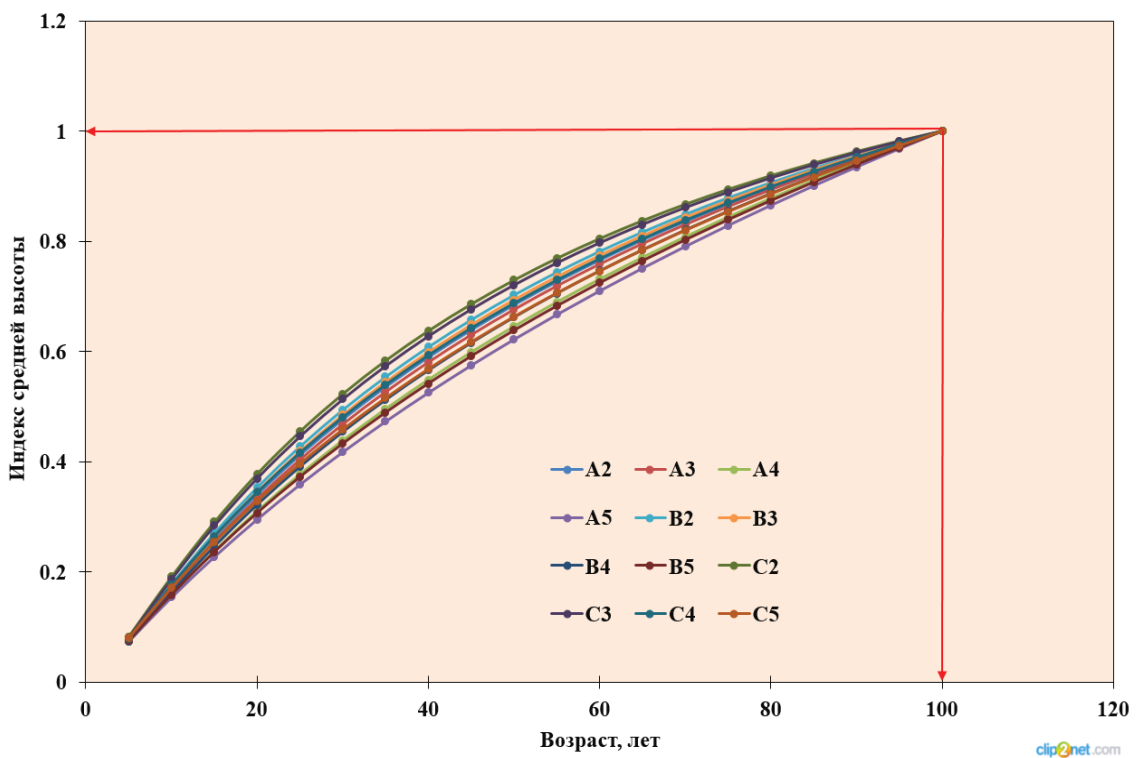


Рисунок 4.54. Индексные кривые средней высоты (H/H_{100}) березовых древостоев, произрастающих в трофотопях разной увлажненности

Представленные примеры наглядно свидетельствуют о четкой дифференциации типовых кривых роста, обусловленной двухмерным комплексом переменных, характеризующих экологическое воздействие на древостой плодородия и увлажнения почв.

Повсеместное распространение классификации типов лесорастительных условий было бы наиболее удачным решением для лесного хозяйства. Однако региональная специфика варьирования условий местообитания привела к необходимости классифицировать лесные участки по представителям напочвенного покрова и преобладающей древесной породе. А для удобства и упрощения в использовании классификации типов леса, например, для таежных лесов сведена к травянистым группам типов леса. А при незначительном варьировании почвенного плодородия земель лесного фонда, например, в сосняках Казахского мелкосопочника и Ленточных борах Казахстана группы типов леса оцениваются по уровням увлажнения от очень сухих до мокрых.

Учитывая это, рассмотрим закономерности изменения типов роста по средней высоте и среднему диаметру в разрезе типов леса в кедрачах Омской области. Кодирование типов леса фиктивными блоковыми переменными представлено в таблице 4.12.

Таблица 4.12. Кодирование типов леса насаждений кедра сибирского Омской области фиктивными переменными

Тип леса	Фиктивные переменные										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
ДМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ДМХВ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗМ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗМЯГ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ОССФ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ПР	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
РТ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
РТСН	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
СФ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ТБ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ЧР	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Регрессионные модели возрастной динамики средней высоты и среднего диаметра древостоев по типам леса представлены уравнениями (4.10) и (4.11).

$$\begin{aligned}
 H = & \exp(-4,343 + 2,09 \ln A - 0,024 \ln^3 A + 0,069 \ln \Pi + \ln A (-0,002 X_1 + \\
 & + 0,097 X_2 + 0,043 X_3 - 0,063 X_4 + 0,036 X_5 + 0,069 X_6 + 0,066 X_7 - \\
 & - 0,069 X_8 - 0,189 X_9 + 0,146 X_{10} + 0,213 X_{11}) + \ln^2 A (-0,00005 X_1 - \\
 & - 0,003 X_2 - 0,001 X_3 + 0,002 X_4 - 0,001 X_5 - 0,002 X_6 - 0,002 X_7 + \\
 & + 0,001 X_8 + 0,006 X_9 - 0,005 X_{10} - 0,007 X_{11})
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

$$R^2=0,930; t>t_{05}=2,0$$

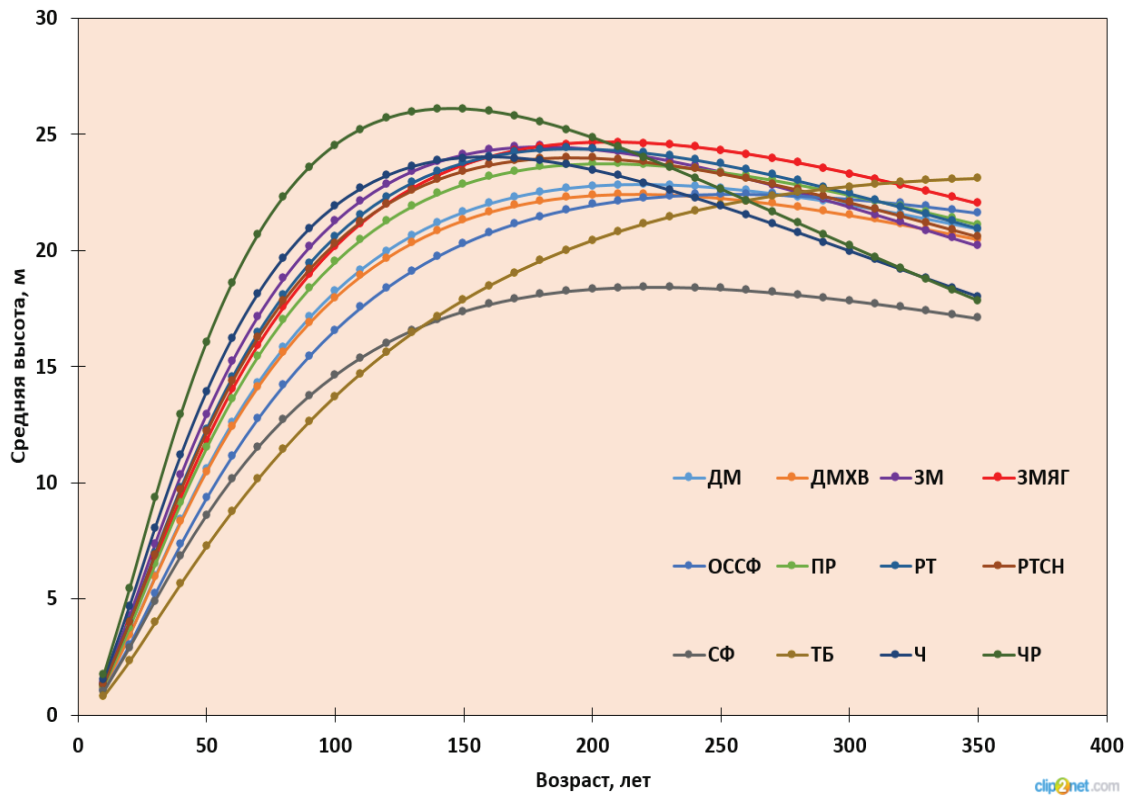


Рисунок 4.55. Возрастная динамика средней высоты древостоев кедра сибирского по типам леса Омской области

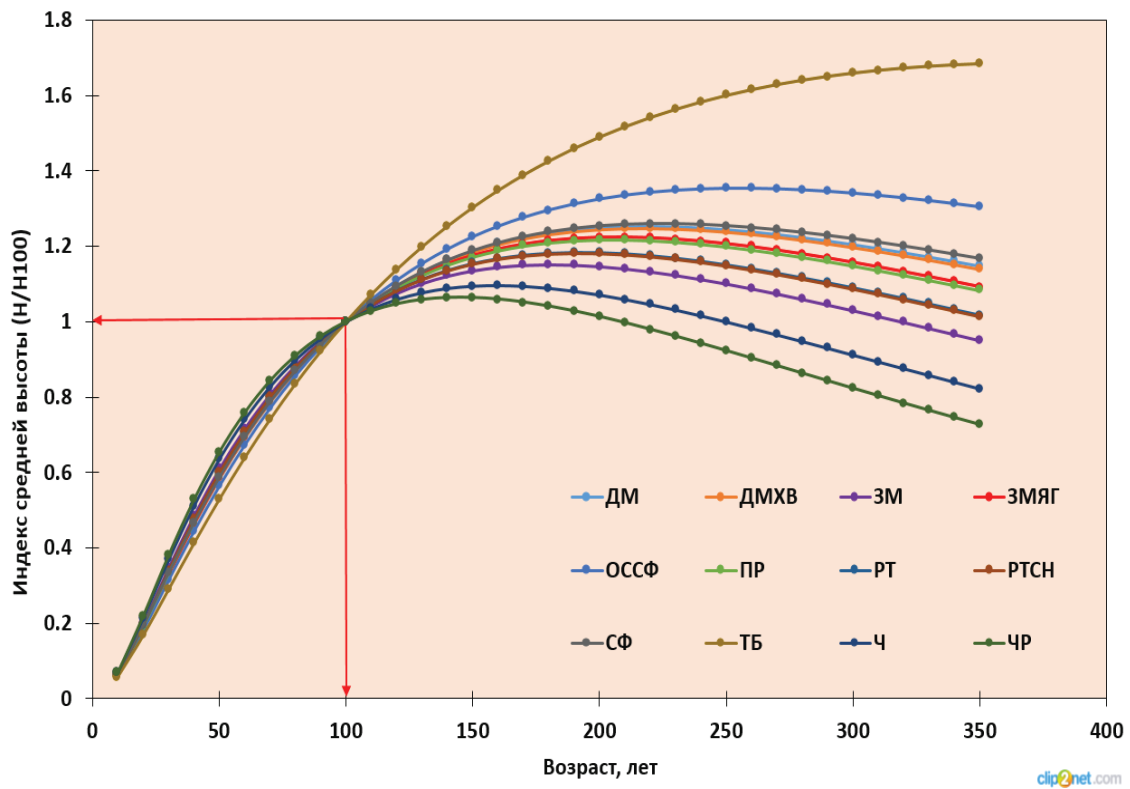


Рисунок 4.56. Индексные кривые средней высоты (H/H_{100}) древостоев кедра сибирского по типам леса

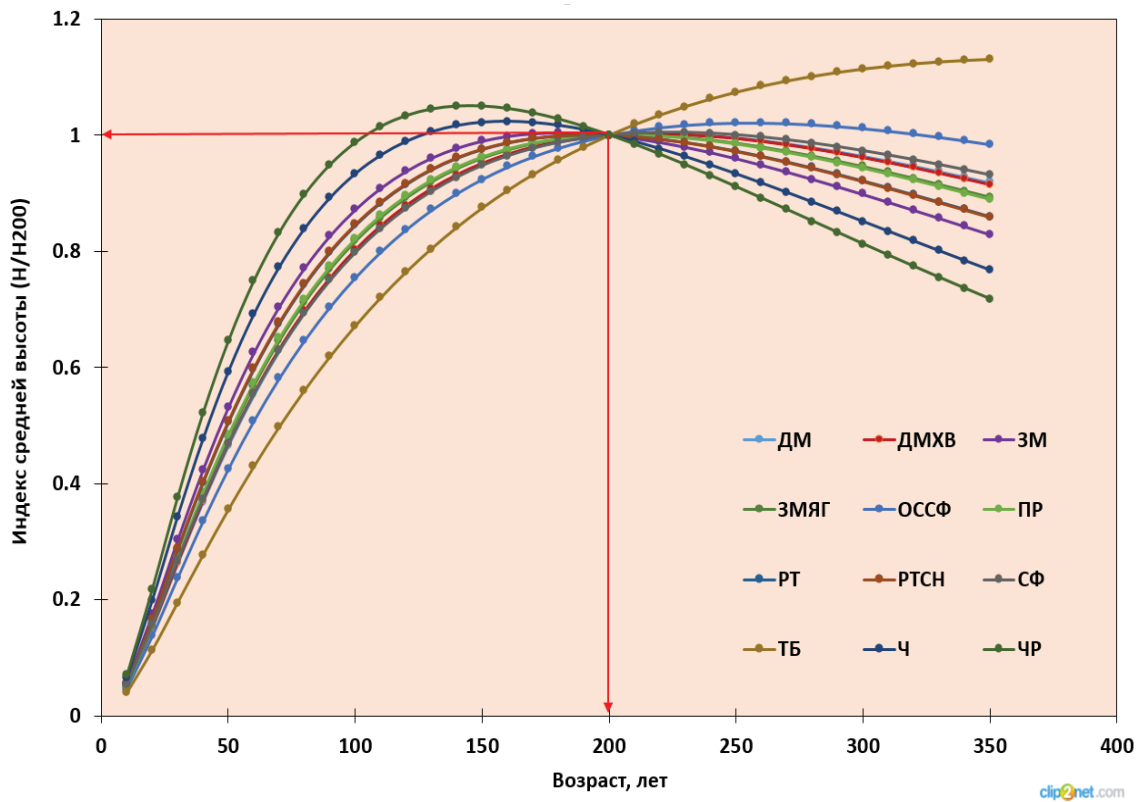


Рисунок 4.57. Индексные кривые средней высоты (H/H₂₀₀) древостоев кедра сибирского по типам леса

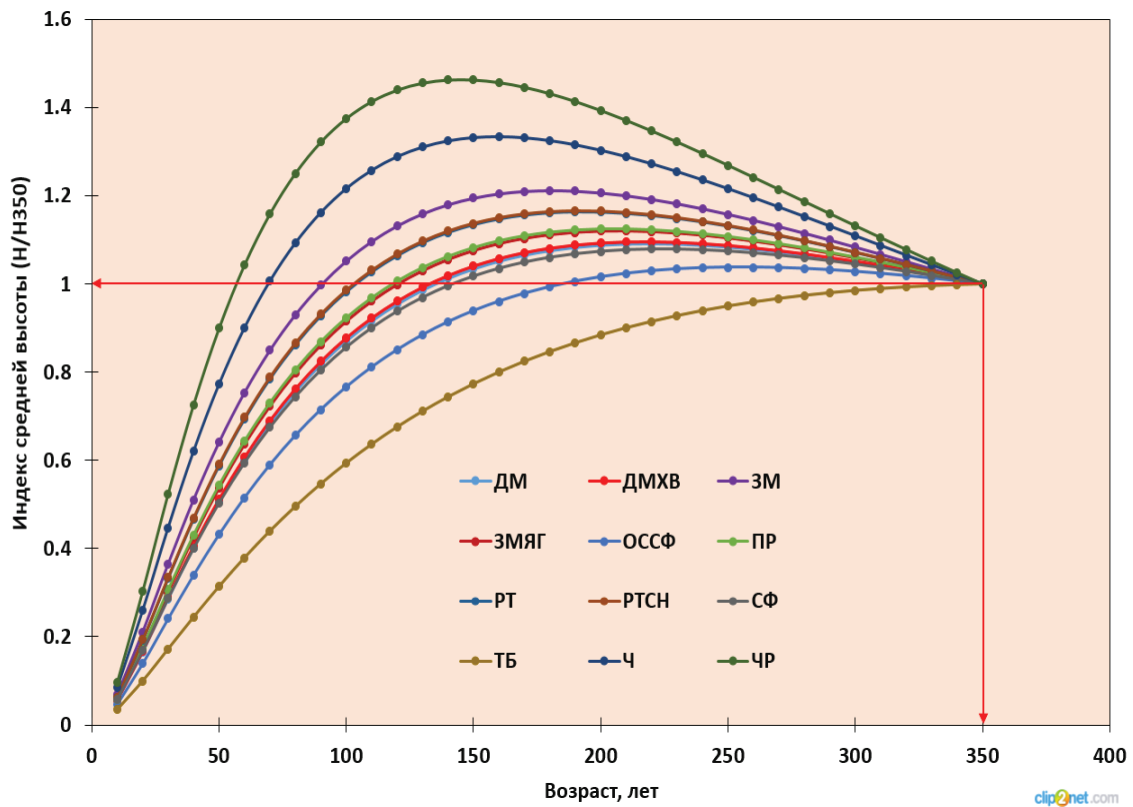


Рисунок 4.58. Индексные кривые средней высоты (H/H₃₅₀) древостоев кедра сибирского по типам леса

$$D = \exp(-4,244 + 2,520 \ln A - 0,198 \ln^2 A + \ln A(-0,010X_1 + 0,222X_2 + 0,113X_3 - 0,005X_4 + 0,069X_5 + 0,005X_6 + 0,135X_7 - 0,169X_8 + 0,144X_{10} + 1,156X_{11}) + \ln^2 A(-0,002X_1 - 0,040X_2 - 0,024X_3 - 0,005X_4 - 0,015X_5 + 0,001X_6 - 0,031X_7 + 0,026X_8 - 0,016X_9 - 0,024X_{10} - 0,234X_{11})) \quad (4.11)$$

$R^2 = 0,818; F = 804,5$

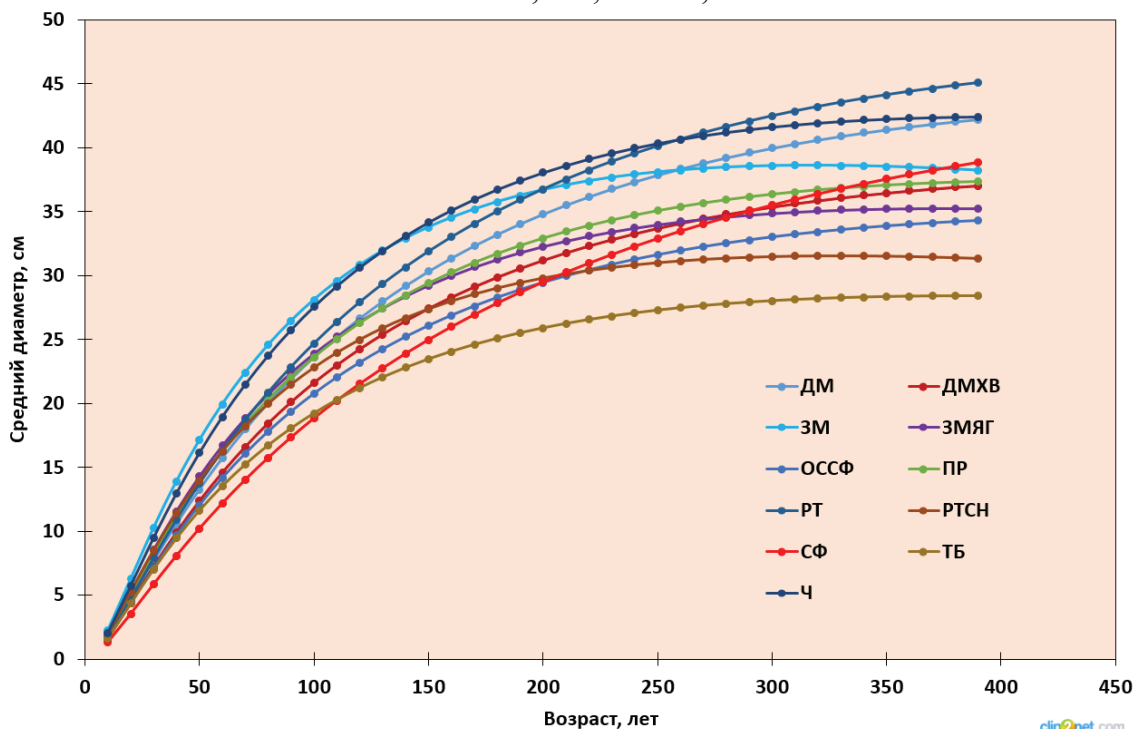


Рисунок 4.59. Возрастная динамика среднего диаметра древостоев кедра сибирского по типам леса Омской области

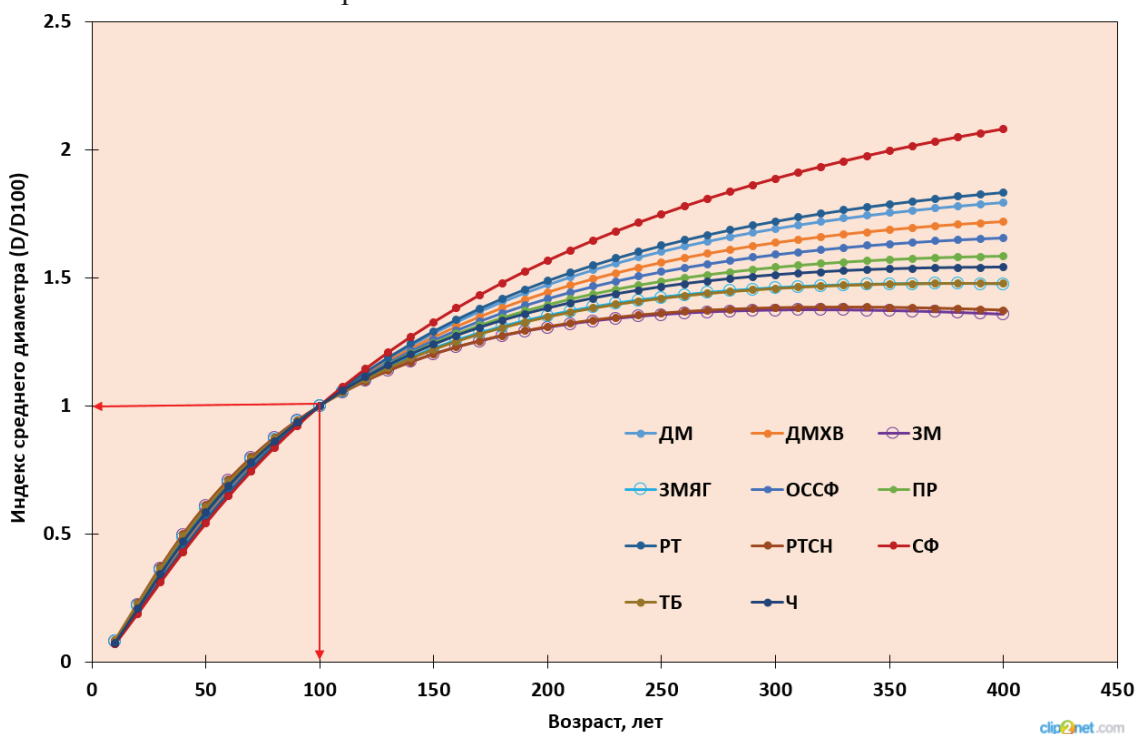


Рисунок 4.60. Индексные кривые среднего диаметра (D/D_{100}) древостоев кедра сибирского по типам леса

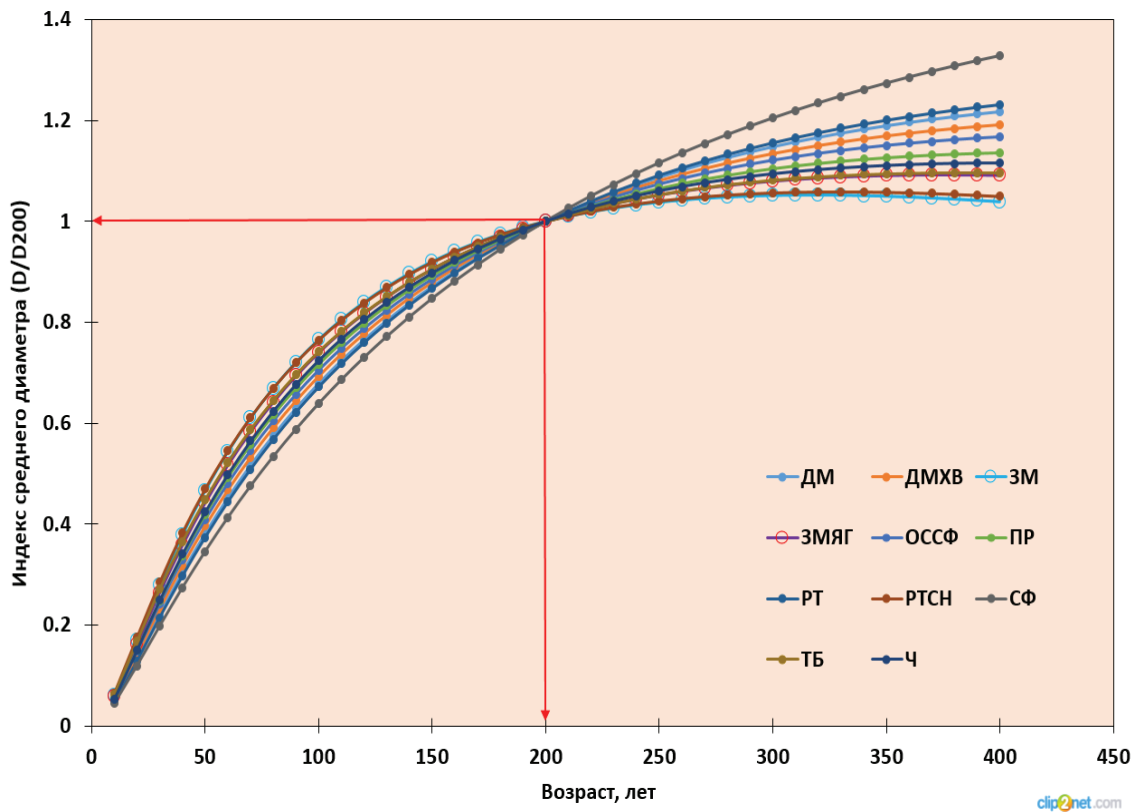


Рисунок 4.61. Индексные кривые среднего диаметра (D/D_{200}) древостоев кедра сибирского по типам леса

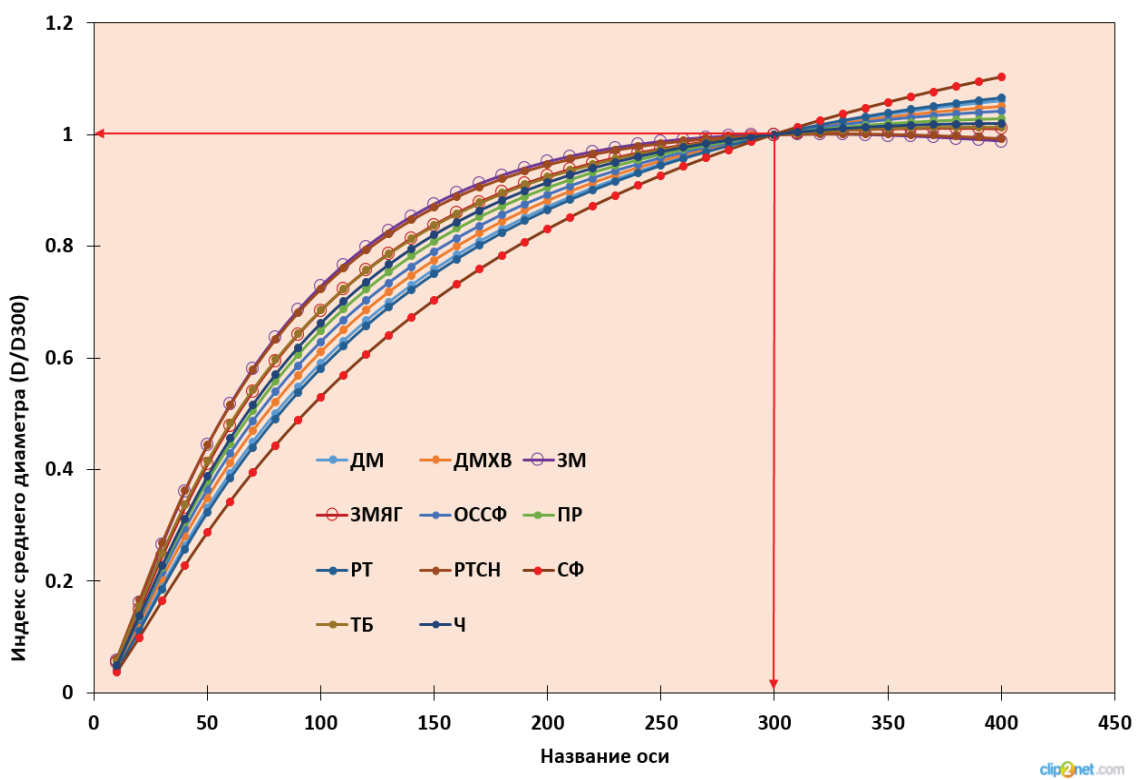


Рисунок 4.62. Индексные кривые среднего диаметра (D/D_{300}) древостоев кедра сибирского по типам леса

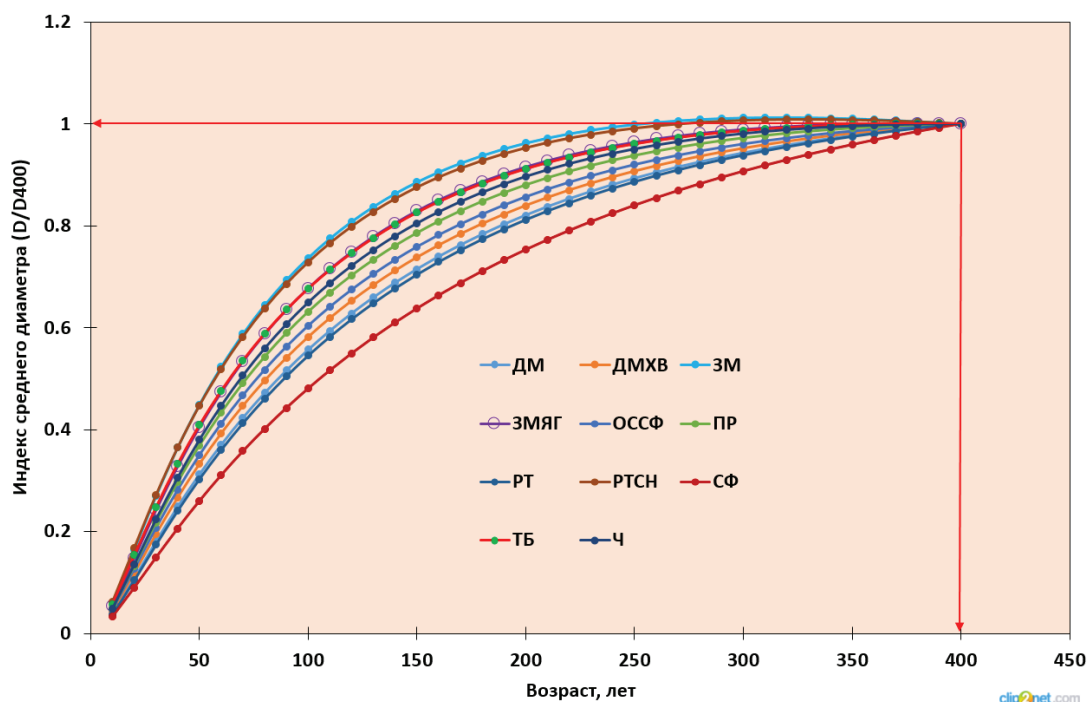


Рисунок 4.63. Индексные кривые среднего диаметра (D/D_{400}) древостоев кедра сибирского по типам леса

Климат северных территорий России формирует таежные леса, в которых процесс роста древостоев замедляется, но наряду с этим, продолжительность роста еловых древостоев увеличивается относительно роста древостоев этой же породы в условиях умеренного климата.

Типовые кривые для еловых древостоев, полученные В.В. Загреевым на основе бонитетных кривых роста ограничены возрастом 160 лет, хотя значительная часть еловых древостоев, например, в Архангельской области достигает возраста от 200 до 300 лет. Поэтому рассмотрим построение индексных кривых средних высот и средних диаметров по типам леса. Кодирование типов леса Архангельской области фиктивными блицовыми переменными представлено в таблице 4.13.

Таблица 4.13. Кодирование типов леса еловых насаждений Архангельской области фиктивными переменными

Тип леса	Фиктивные переменные					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Е ДМ	0	0	0	0	0	0
Е ДМО	1	0	0	0	0	0
Е КИС	0	1	0	0	0	0
Е СФ	0	0	1	0	0	0
Е ТБ	0	0	0	1	0	0
Е ТБО	0	0	0	0	1	0
Е ЧЕР	0	0	0	0	0	1

$$H = \exp(-7,179 + 2,841 \ln A - 0,034 \ln^2 A + 0,245 \ln \Pi + \ln A(0,049X_1 + 0,379X_2 - 0,031X_3 - 0,022X_4 + 0,044X_6)) + \ln^2 A(-0,002X_1 - 0,012X_2 + 0,001X_4 - 0,001X_6) \quad (4.12)$$

$R^2=0,818$; $F=7617,9$ при $P<0,05$

$t=\{-114,0; 137,9; -101,8; 52,4; 2,2; 9,5; -27,7; -2,4; 10,1; -1,9; -6,6; 3,4; -4,6\}$

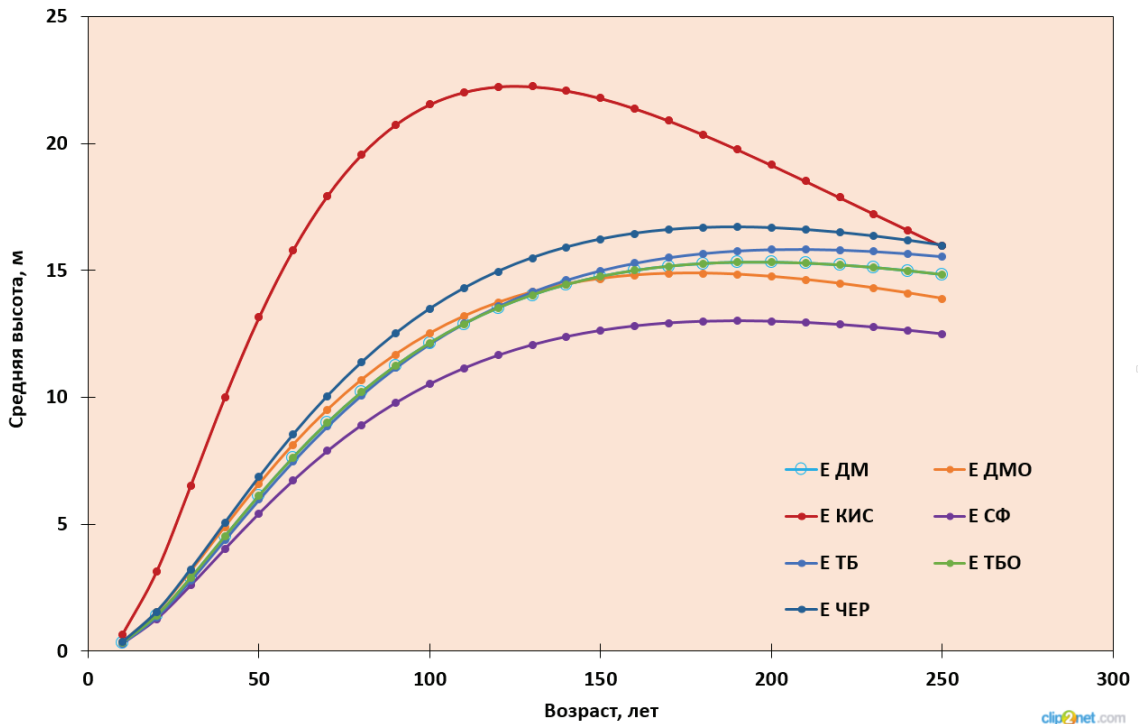


Рисунок 4.64. Возрастная динамика средней высоты еловых древостоев по типам леса Архангельской области

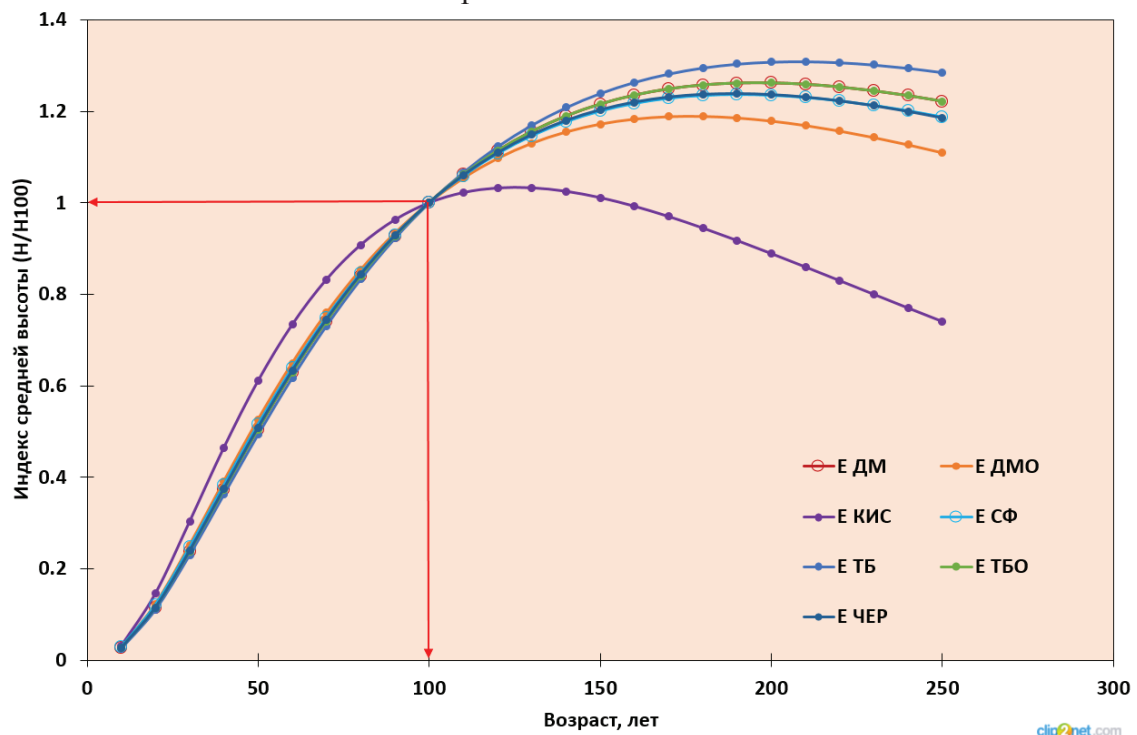


Рисунок 4.65. Индексные кривые средней высоты (H/H_{100}) еловых древостоев по типам леса

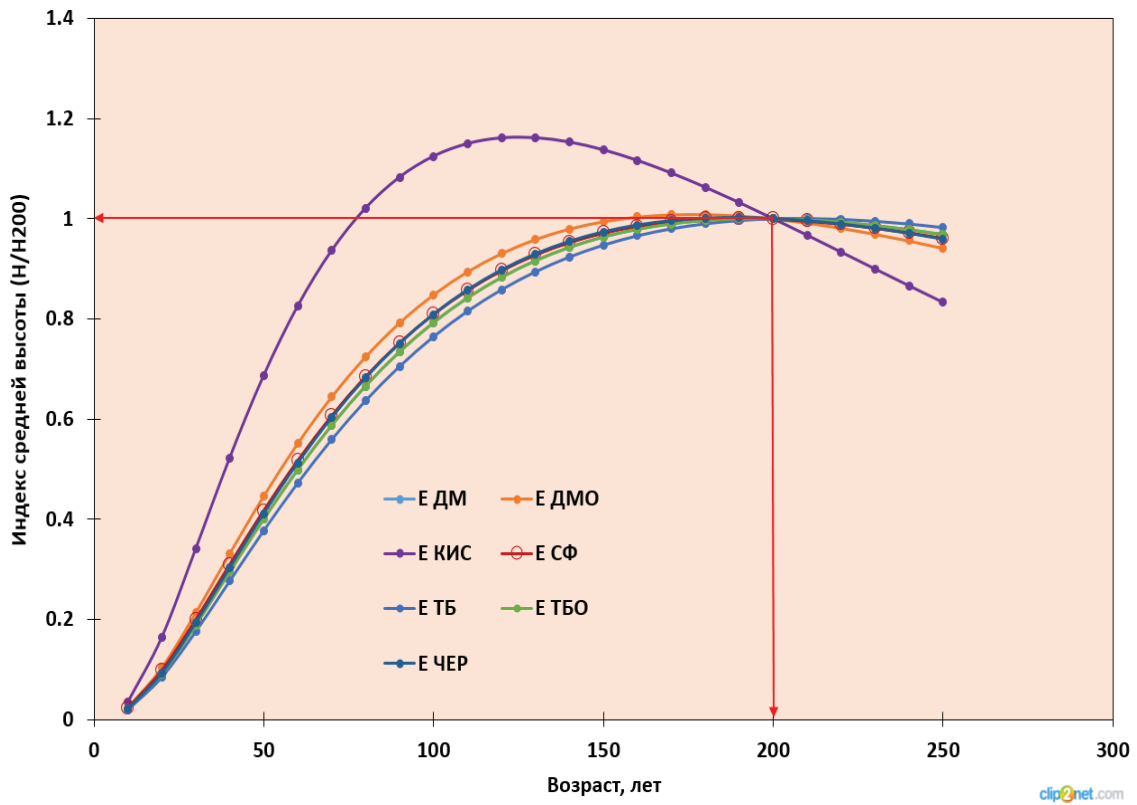


Рисунок 4.66. Индексные кривые средней высоты (H/H₂₀₀) еловых древостоев по типам леса

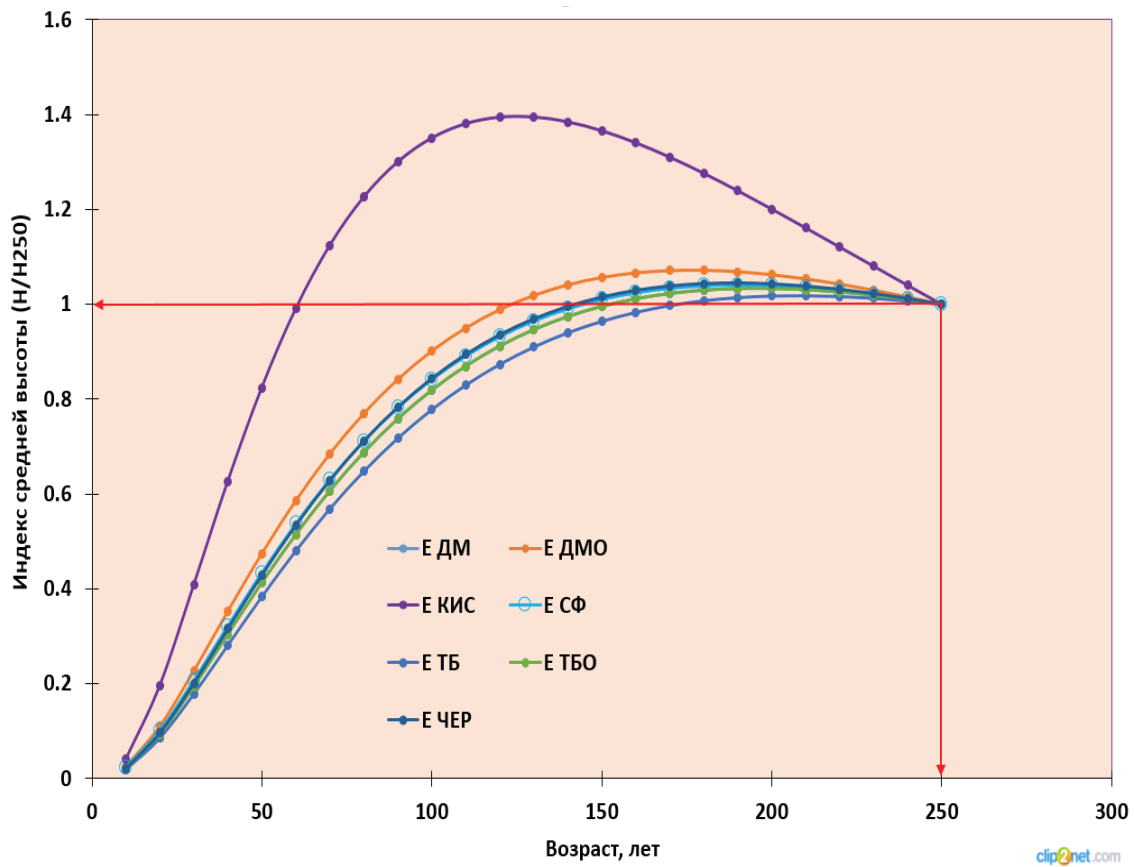


Рисунок 4.67. Индексные кривые средней высоты (H/H₁₀₀) еловых древостоев по типам леса

$$D = \exp(-10,640 + 5,106 \ln A - 0,477 \ln^2 A + 0,230 \Pi + \ln A(0,479 X_2 - 0,071 X_4 + 0,126 X_5 + 0,026 X_6)) + \ln^2 A(-0,077 X_2 - 0,005 X_3 + 0,015 X_4 - 0,024 X_5) \quad (4.13)$$

$R^2=0,798$; $F=7312,9$ при $P<0,05$

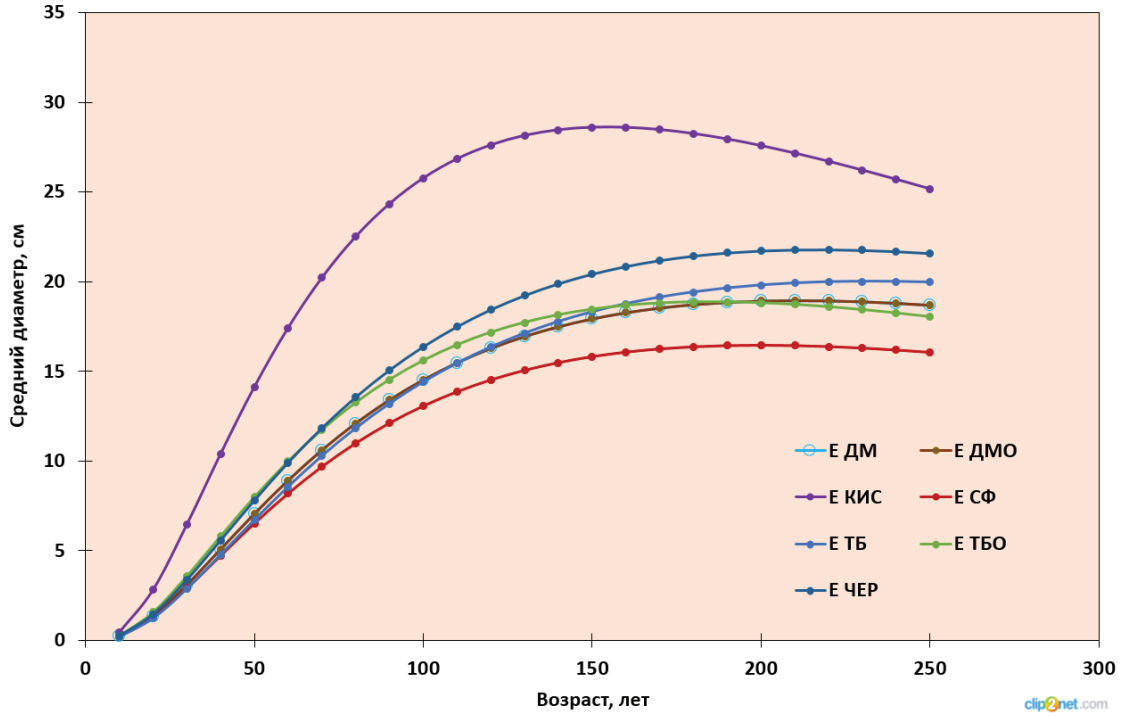


Рисунок 4.68. Возрастная динамика среднего диаметра еловых древостоев по типам леса Архангельской области

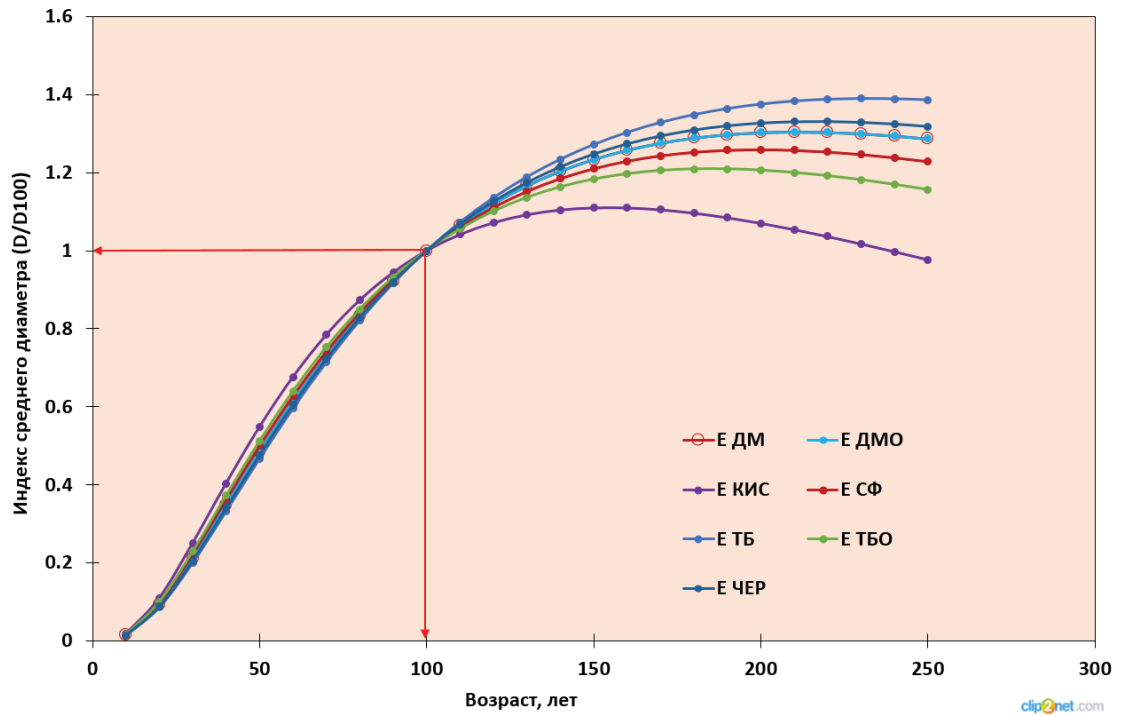


Рисунок 4.69. Индексные кривые средней высоты (D/D_{100}) еловых древостоев по типам леса

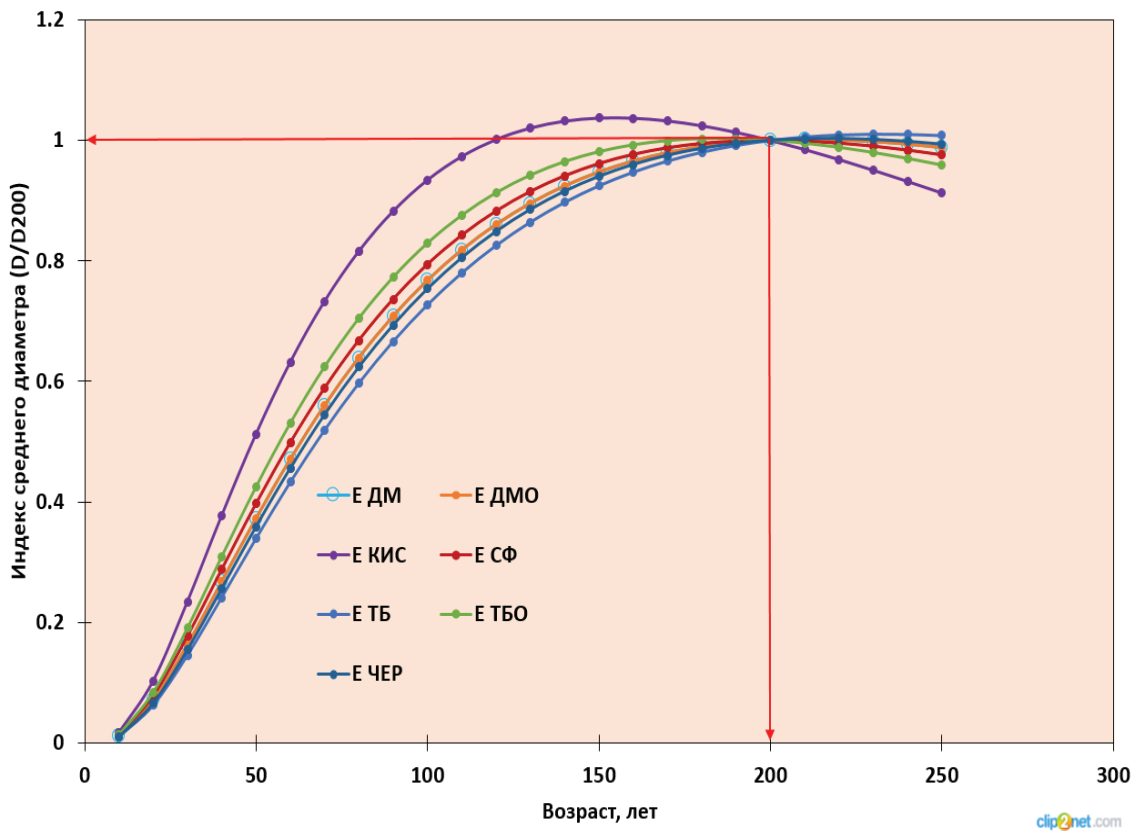


Рисунок 4.70. Индексные кривые средней высоты (D/D_{200}) еловых древостоев по типам леса

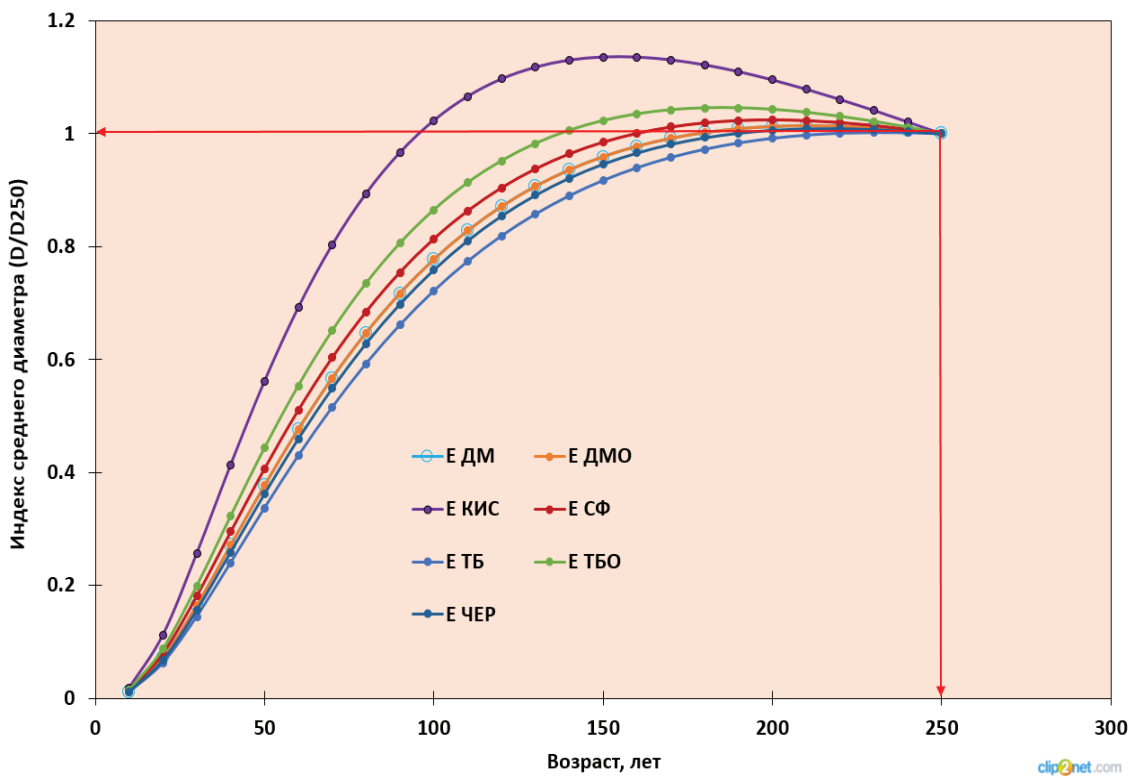


Рисунок 4.71. Индексные кривые средней высоты (D/D_{250}) еловых древостоев по типам леса

Другой лесообразующей породой, для древостоев которой выявлены закономерности возрастной динамики роста по типам леса является дуб черешчатый. Объектом анализа хода роста служили древостои семенных дубрав Воронежской области. Кодирование типов леса блоковыми фиктивными переменными представлено в таблице 4.14.

Таблица 4.14. Кодирование типов леса дубрав Воронежской области фиктивными переменными

Тип леса	Фиктивные переменные								
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
ДБКТ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ДБРО	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ДБСВ	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ДОС	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ДОСЗЛ	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ДОСН	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ДПВЛ	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ДПСВ	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ДСН	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ДТ	0	0	0	0	0	0	0	0	1

$$\begin{aligned}
 H = & \exp(-1,859 + 1,317 \ln A - 0,017 \ln^3 A + 0,016 \ln \Pi + \\
 & + \ln A (-0,060 X_1 + 0,186 X_2 + 0,079 X_3 + 0,249 X_4 + 0,054 X_5 + \\
 & + 0,182 X_6 + 0,121 X_7 + 0,151 X_8 + 0,223 X_9) + \ln^3 A (0,006 X_1 - \\
 & - 0,001 X_2 + 0,002 X_3 - 0,007 X_4 + 0,004 X_5 - 0,002 X_6 + 0,002 X_7 - \\
 & - 0,003 X_9) \quad (4.14)
 \end{aligned}$$

$$R^2=0,932; F=599,3 \text{ при } P<0,05;$$

$$t=\{-20,5; 33,3; -32,9; 0,8; -0,64; 62,8; 0,6; 1,9; 8,6; 3,6; 7,5; 3,7; 0,9; -0,6; 1,7; -0,5; 3,5; -2,5; 1,0; -1,0\}$$

$$\begin{aligned}
 D = & \exp(-0,953 + 0,891 \ln A - 0,189 \ln \Pi + \ln A (0,055 X_1 + \\
 & + 0,115 X_2 + 0,195 X_3 + 0,123 X_6 + 0,096 X_7 + 0,169 X_8 + 0,088 X_9) + \\
 & + \ln^2 A (-0,034 X_3 + 0,016 X_5 - 0,022 X_8) \quad (4.15)
 \end{aligned}$$

$$R^2=0,922; F=868,9 \text{ при } P<0,05$$

$$t=\{-17,1; 47,3; -7,2; 2,2; 8,2; 3,2; 9,6; 5,8; 7,3; 5,0; -2,5; 5,3; -4,9\}$$

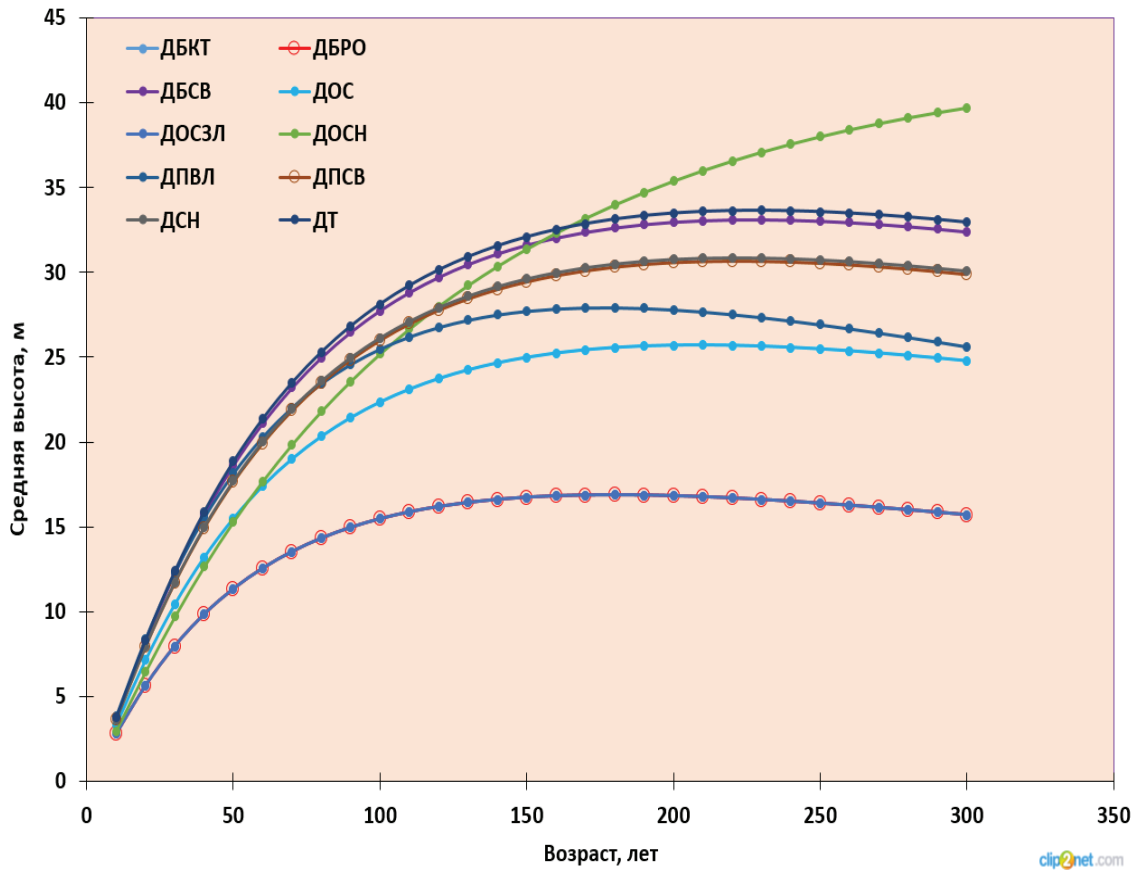


Рисунок 4.72. Возрастная динамика средней высоты семенных древостоев дуба по типам леса Воронежской области

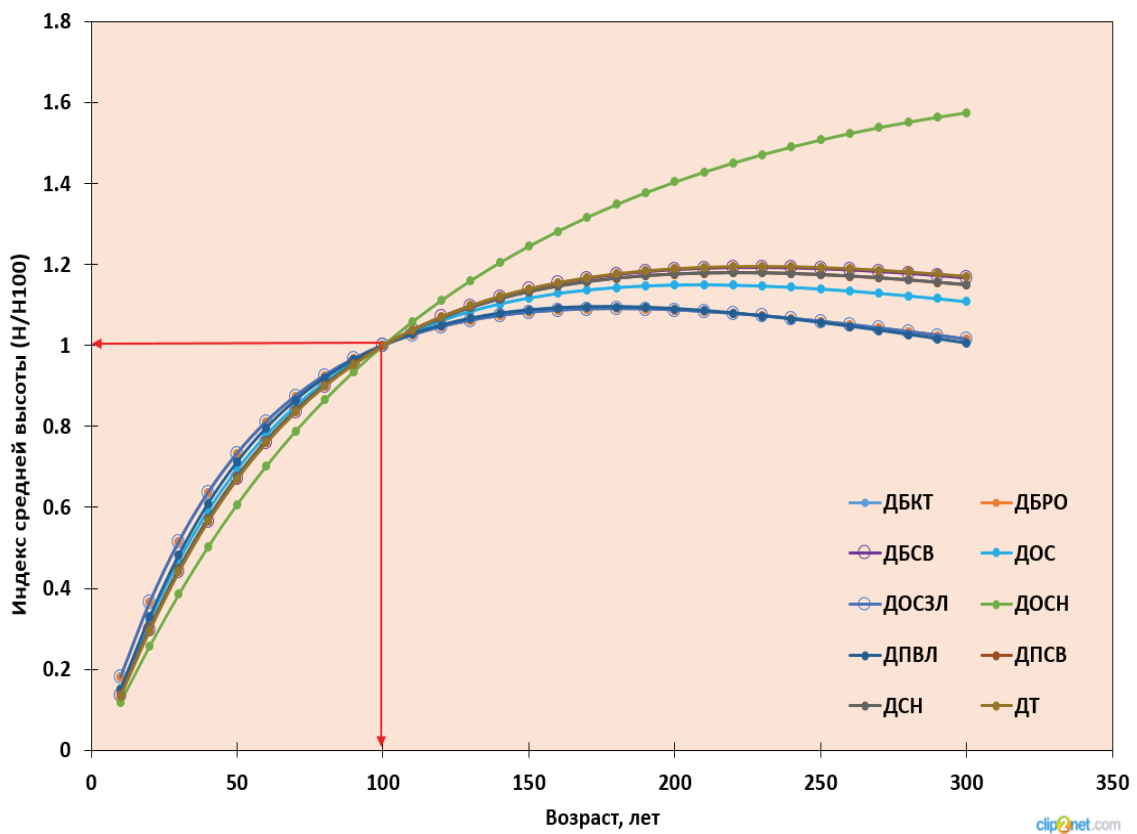


Рисунок 4.73. Индексные кривые средней высоты (H/H_{100}) семенных древостоев дуба по типам леса

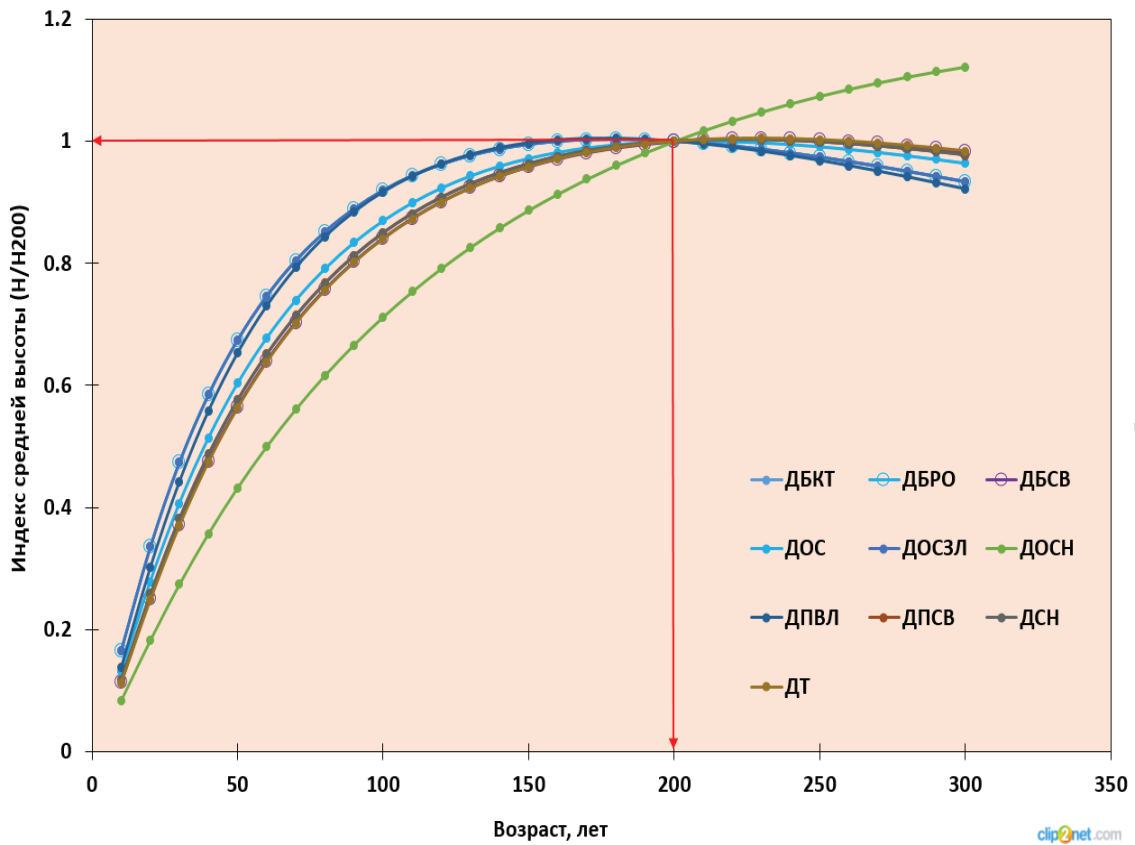


Рисунок 4.74. Индексные кривые средней высоты (H/H_{200}) семенных древостоев дуба по типам леса

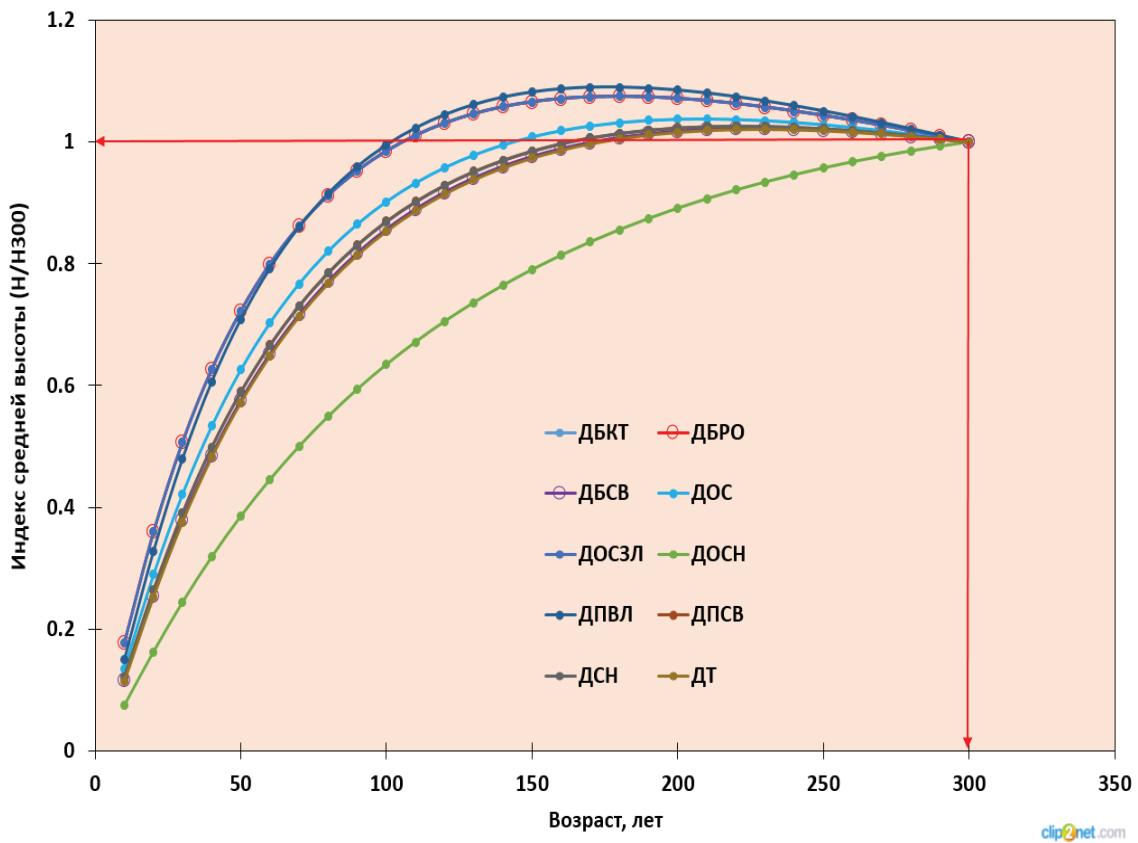


Рисунок 4.75. Индексные кривые средней высоты (H/H_{300}) семенных древостоев дуба по типам леса

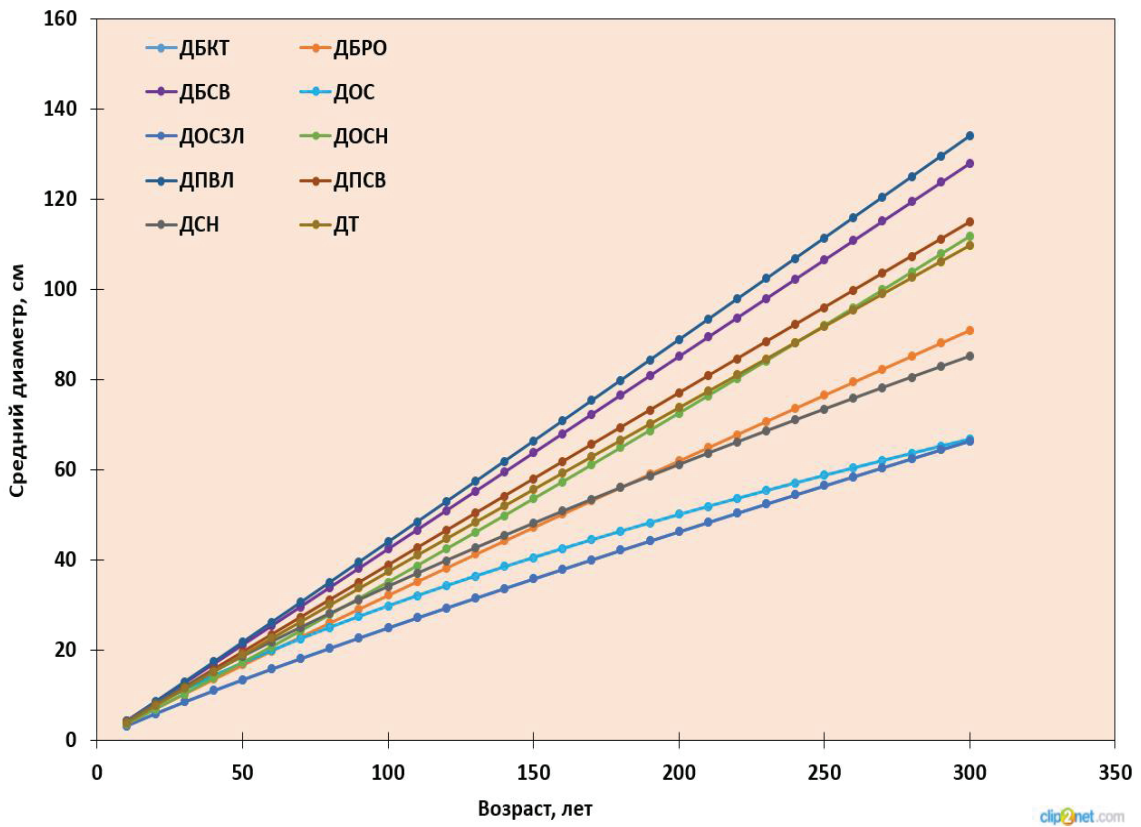


Рисунок 4.76. Возрастная динамика среднего диаметра семенных дубрав по типам леса Воронежской области

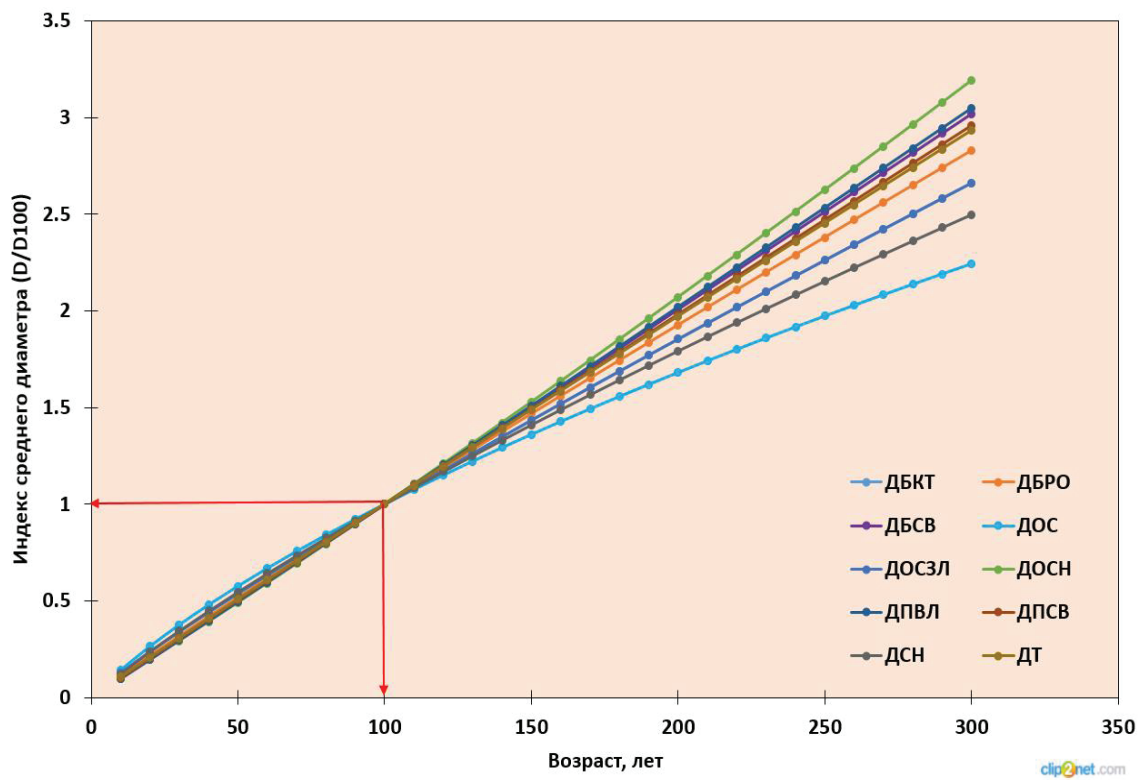


Рисунок 4.77. Индексные кривые среднего диаметра (D/D_{100}) семенных древостоев дуба по типам леса

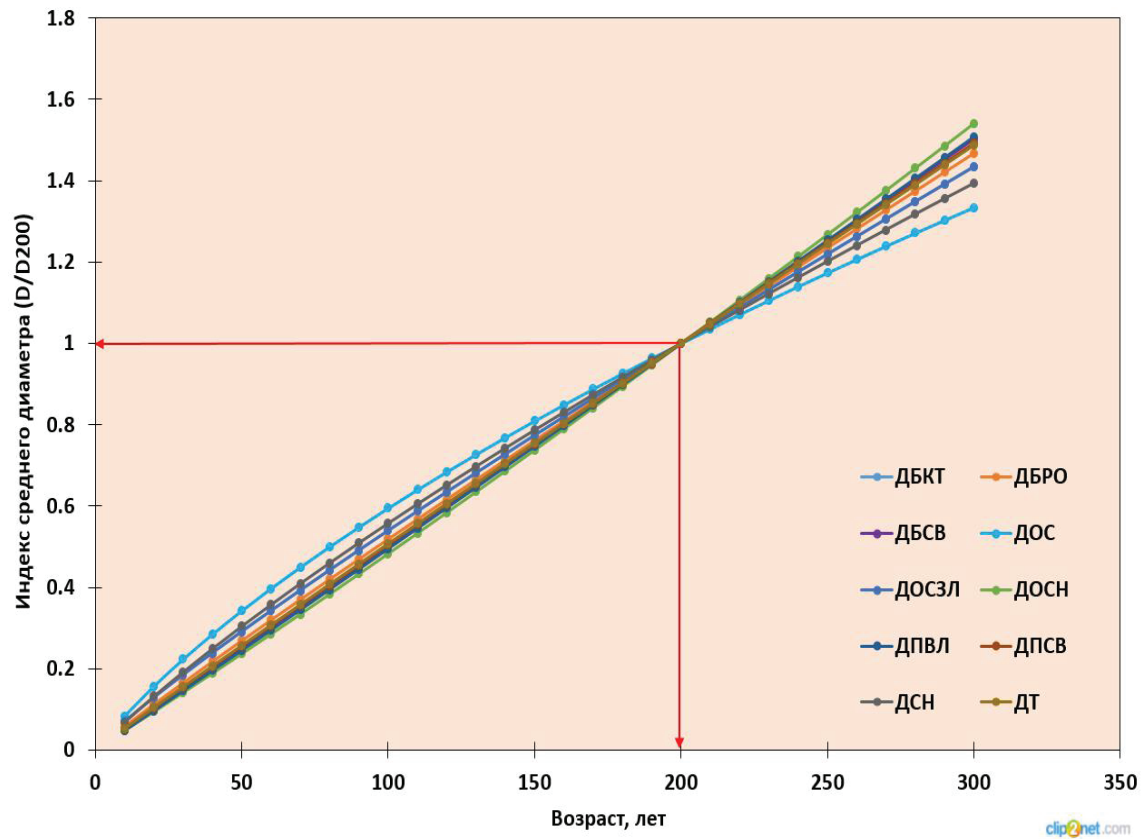


Рисунок 4.78. Индексные кривые среднего диаметра (D/D_{200}) семенных древостоев дуба по типам леса

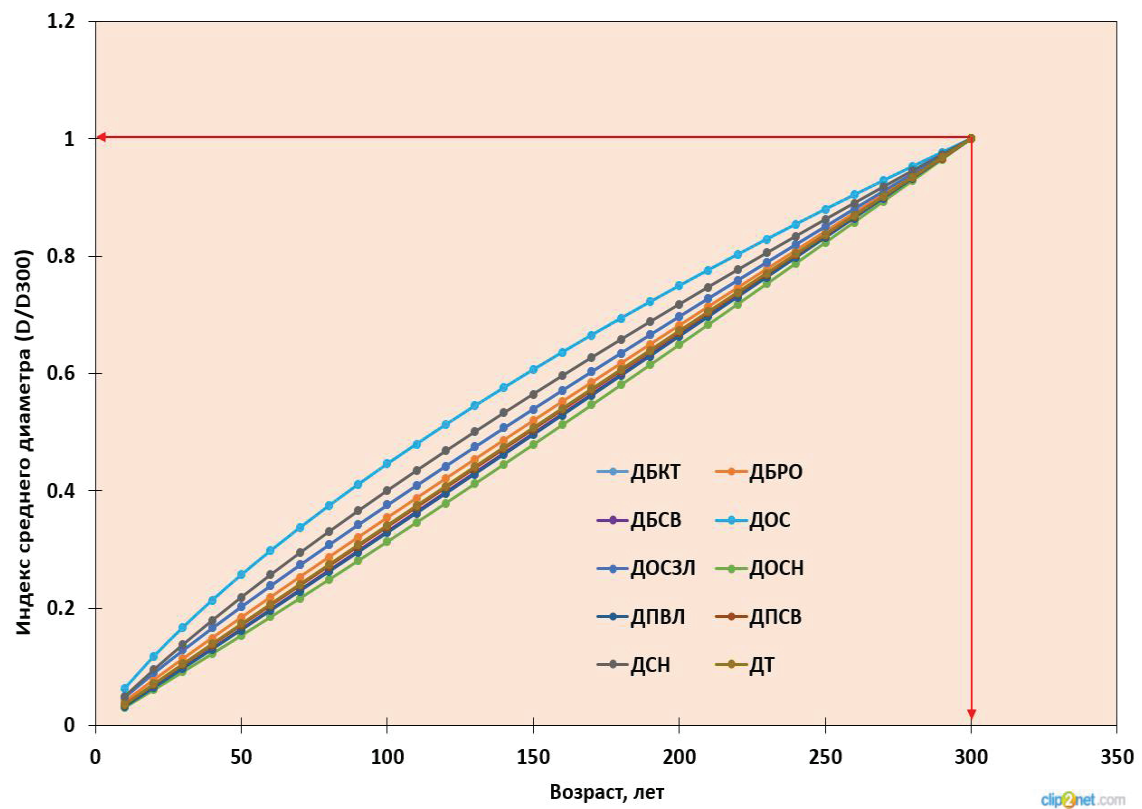


Рисунок 4.79. Индексные кривые среднего диаметра (H/H_{300}) семенных древостоев дуба по типам леса

Аналогичная работа была проведена для самых сложных в таксационном отношении древостоев пихты кавказской, произрастающих в горных условиях Кавказского биосферного заповедника.

Кодирование типов леса пихтарников фиктивными блоковыми переменными представлено в таблице 4.15.

Таблица 4.15. Кодирование типов леса в пихтарниках горных лесов Кавказского биосферного заповедника фиктивными переменными

Тип леса	Фиктивные переменные							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
БККЛ	0	0	0	0	0	0	0	0
БКСО	1	0	0	0	0	0	0	0
ПК	0	1	0	0	0	0	0	0
ПКЛК	0	0	1	0	0	0	0	0
ПКРП	0	0	0	1	0	0	0	0
ПРЗ	0	0	0	0	1	0	0	0
ПСК	0	0	0	0	0	1	0	0
ПСО	0	0	0	0	0	0	1	0
ПСОП	0	0	0	0	0	0	0	1

Регрессионная модель возрастной динамики средней высоты древостоев по ярусам и типам леса представлена уравнением (4.16).

$$\begin{aligned}
 H = \exp(-5,460 + 2,221 \ln A - 0,018 \ln^3 A - 0,093 \ln \text{Яр} + \\
 + \ln A(0,256X_1 + 0,051X_2 - 0,218X_3 - 0,135X_4 - 0,116X_5 + \\
 + 0,035X_6 - 0,170X_7 - 0,012X_8) + \ln^3 A(-0,051X_1 - 0,018X_2 + \\
 + 0,036X_3 + 0,022X_4 + 0,013X_5 - 0,024X_6 + 0,027X_7)) \quad (4.16) \\
 R^2=0,941; m_R=\pm 0,16; F=548,7 \text{ при } P<0,05 \\
 t=\{-31,9; 5,6; -20,0; -4,4; -3,3; 1,5; 0,7; -4,2; -3,7; -3,1; 0,5; -5,1; -1,0; -1,7; \\
 -1,4; 3,9; 3,4; 2,0; -1,8; 4,5\}
 \end{aligned}$$

В разделе 4.5 на рисунке 4.6 показан уровневый подход к моделированию хода роста пихтовых древостоев по типам леса, что требует некоторой корректировки в соответствии с реакцией древостоев на условия местообитания. Такая корректировка осуществляется включением в модель (4.1) синергии возраста древостоя с типами леса.

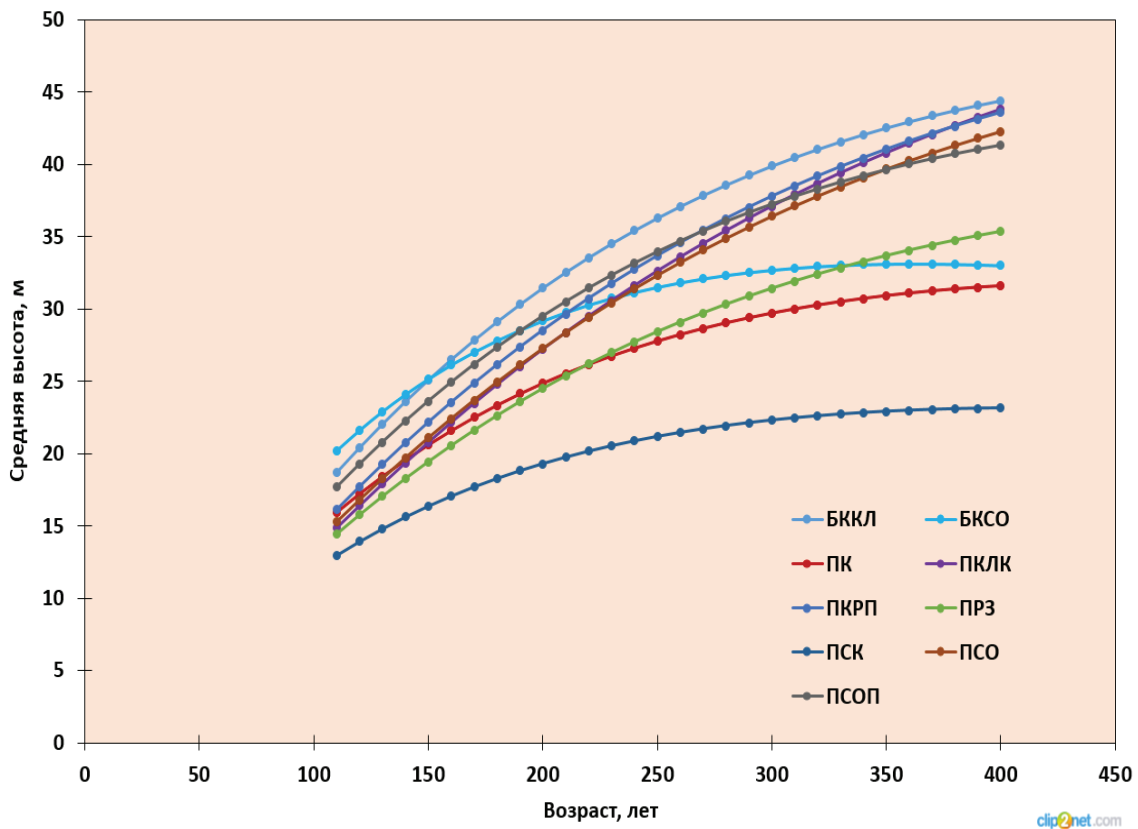


Рисунок 4.80. Возрастная динамика средней высоты I яруса древостоев пихты кавказской по типам леса Кавказского биосферного заповедника

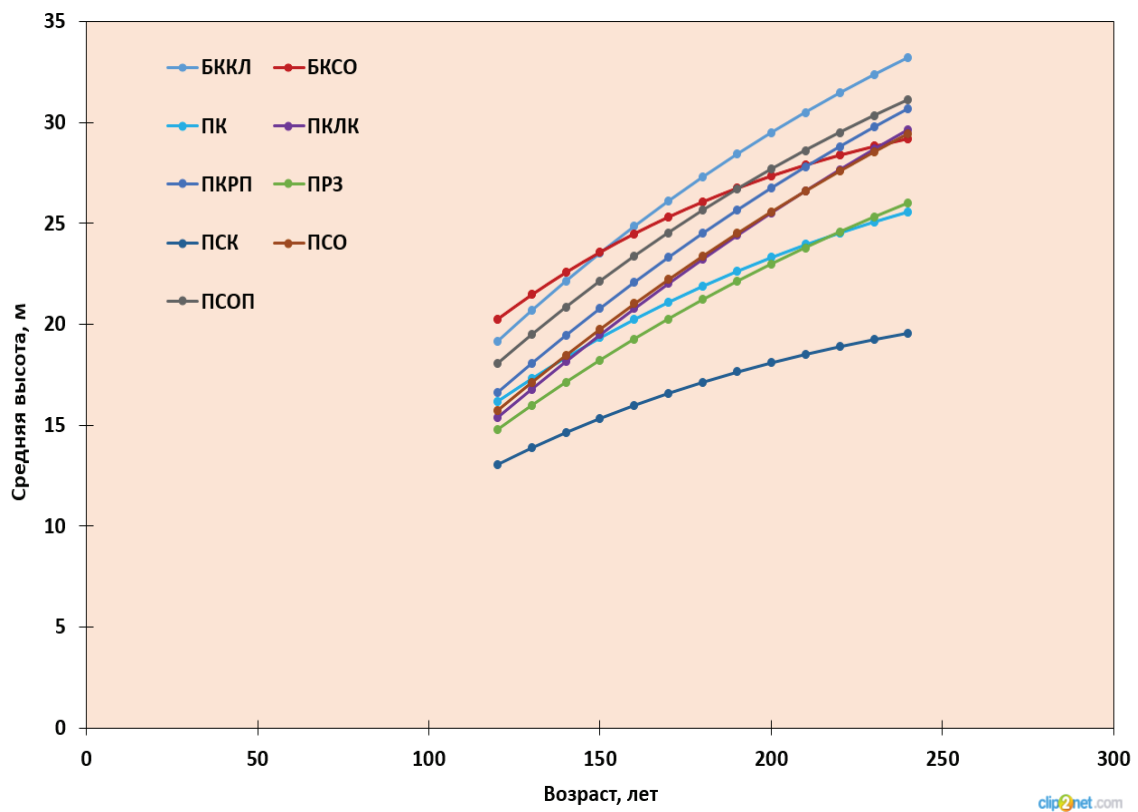


Рисунок 4.81. Возрастная динамика средней высоты II яруса древостоев пихты кавказской по типам леса

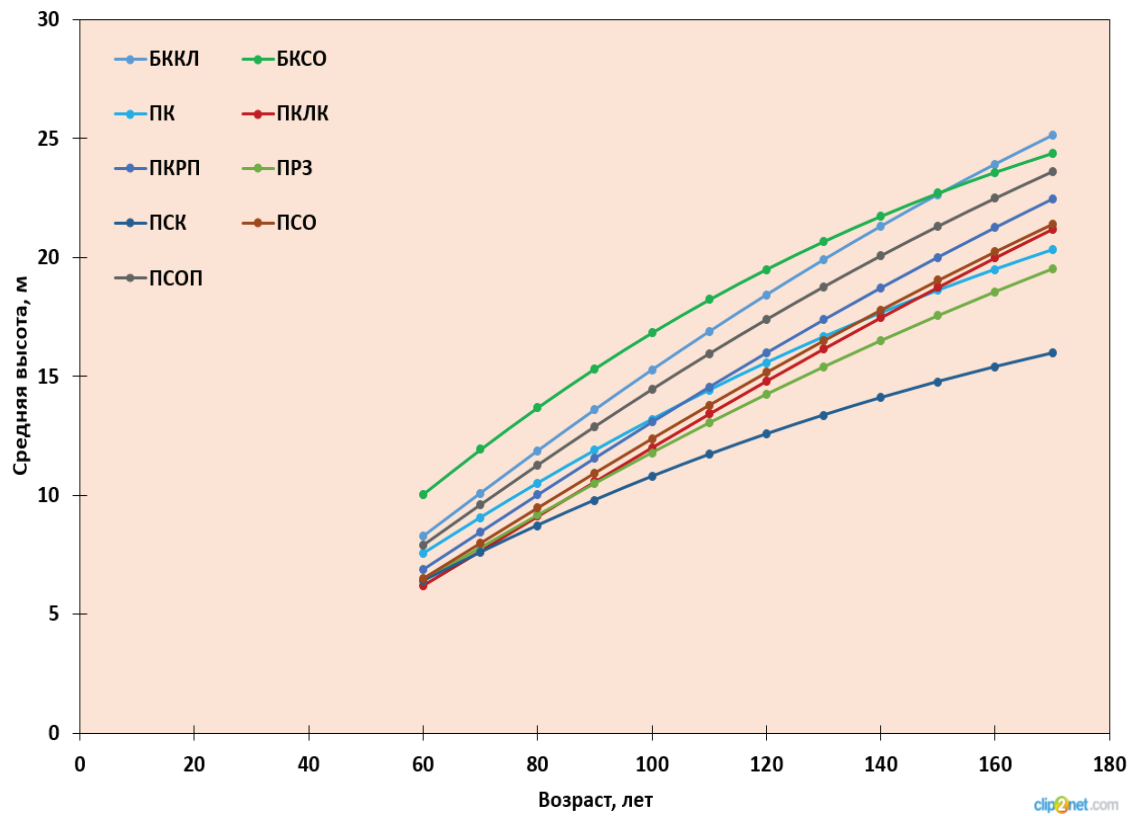


Рисунок 4.82. Возрастная динамика средней высоты III яруса древостоев пихты кавказской по типам леса

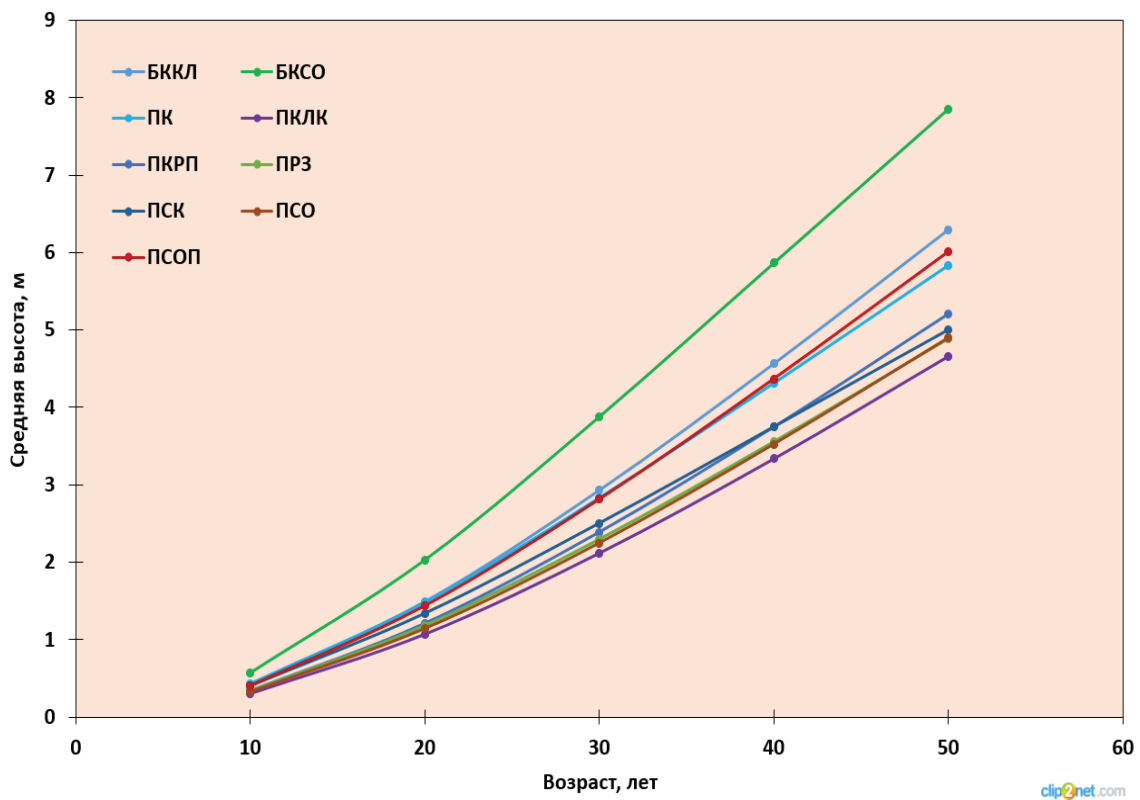


Рисунок 4.83. Возрастная динамика средней высоты IV яруса древостоев пихты кавказской по типам леса

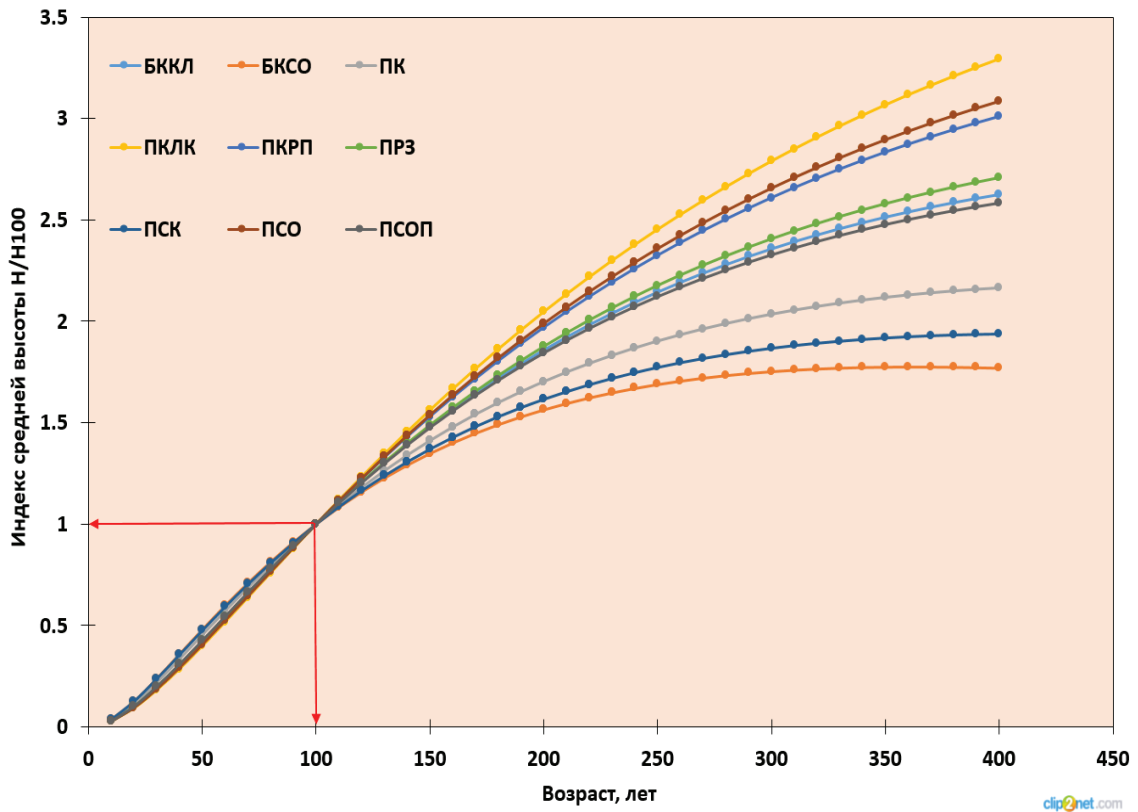


Рисунок 4.84. Индексные кривые средней высоты (H/H_{100}) древостоев пихты кавказской по типам леса

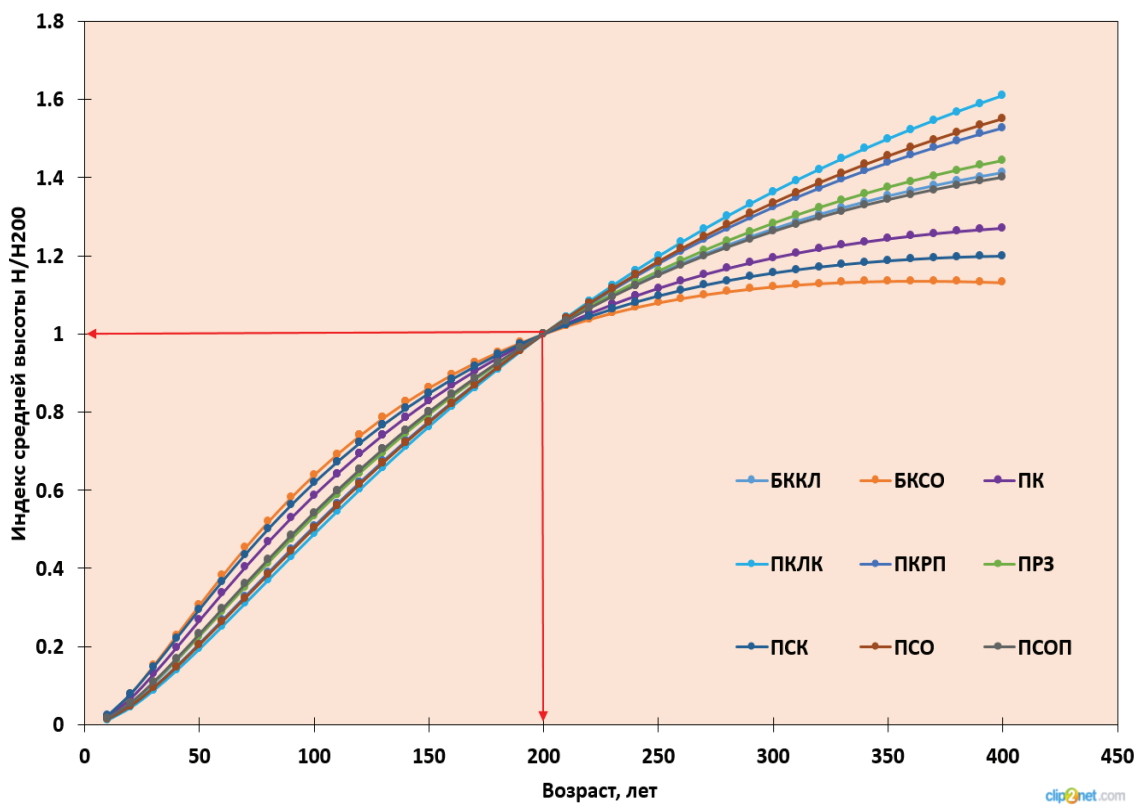


Рисунок 4.85. Индексные кривые средней высоты (H/H_{200}) древостоев пихты кавказской по типам леса

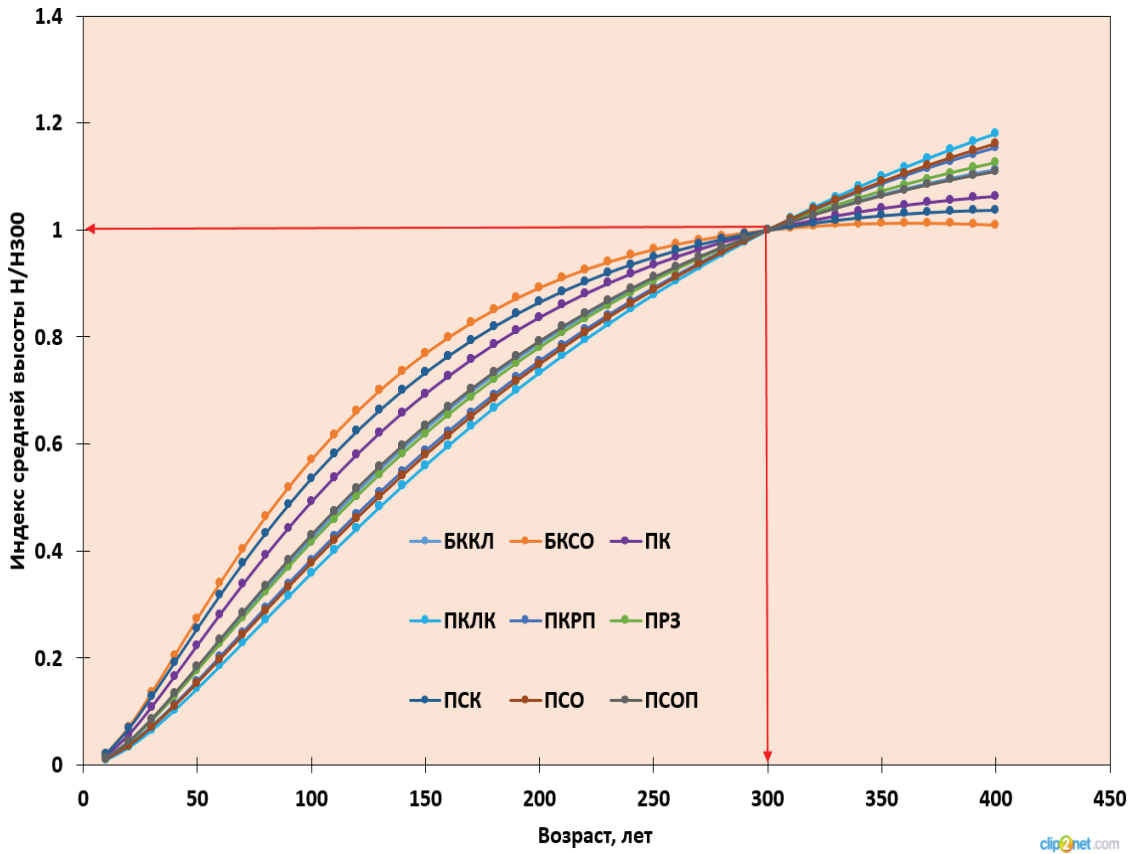


Рисунок 4.86. Индексные кривые средней высоты (H/H_{300}) древостоев пихты кавказской по типам леса

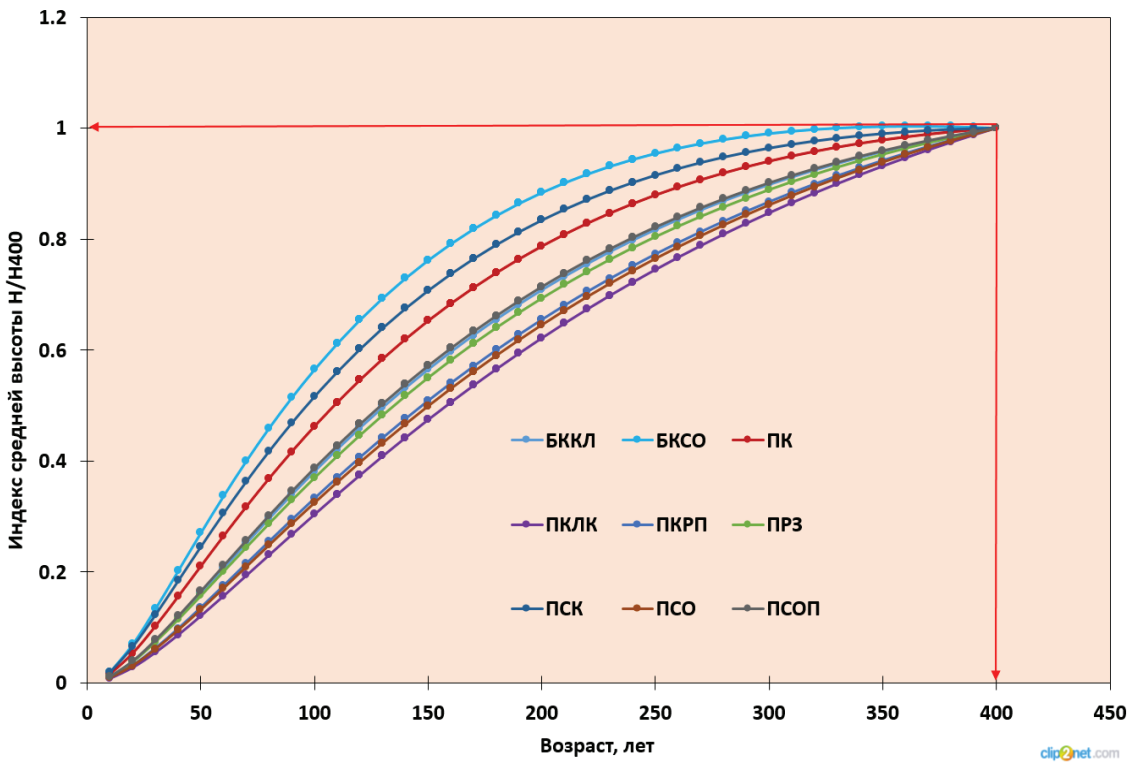


Рисунок 4.87. Индексные кривые средней высоты (H/H_{400}) древостоев пихты кавказской по типам леса

Приведенные в разделе статистические модели возрастной динамики роста древостоев с графической интерпретацией выявленных закономерностей убедительно подтверждают несовершенство нормативов, построенных на бонитетной основе. Более того, следует дать критическую оценку понятию уровней продуктивности, выраженных как классами бонитета, так и классами высот, полученными нами на лесотипологической основе. Причина заключается в том, что каждый отдельно взятый тип леса или тип условий местообитания предопределяет энергию роста как отдельных деревьев, так и древостоя в целом. Причем, в отличие от роста отдельных деревьев по высоте, стремящейся к верхней асимптоте, средняя высота древостоя подчиняется сначала законам самоизреживания, а затем саморазрушения. А эти законы природы в продиктованы прежде всего условиями местообитания, а не условно заданным уровнем продуктивности (бонитетом). И вполне очевидно, что уровневый подход для оценки возрастной динамики роста и продуктивности древостоев может служить лишь первым приближением схематичного представления хода роста. Представленные в разделе индексные кривые роста по средней высоте и среднему диаметру наглядно демонстрируют не синхронно-схематичное изменение с возрастом таксационных показателей древостоев, а более точное изменение, которое предопределено прежде всего факторами почвенного плодородия во своей толще корнеобитаемого слоя.

Таким образом, назрела необходимость пересмотра лесотаксационных нормативов возрастной динамики роста древостоев с учетом экологических факторов местообитания, а также необходимость перехода от бонитетных шкал к региональным экологически обоснованным классам высот в рамках каждого типа леса.

Это, в свою очередь, позволяет повысить точность нормативов возрастной динамики роста древостоев и увязать их с распределением деревьев по толщине. Сочетание этих нормативов с регрессий взаимосвязи процента выхода деловой древесины из объема древесного ствола, а также процента выхода категорий крупности древесины из деловой с толщиной и высотой деревьев позволяет получить нормативы динамики структуры товарной продуктивности древостоев. А наличие регрессий продуктивности фракций фитомассы -аналогичные нормативы биологической продуктивности древостоев.

5. УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕМ

Главный недостаток лесовосстановления в ряде субъектов РФ заключается в отсутствии правильного выбора схем смешения лесных культур. В массовом лесовосстановлении доминируют монокультуры, менее устойчивые болезням, пожарам, энтомовам вредителям по сравнению со смешанными культурами.

Основатель учения о типах лесных насаждений Г.Ф. Морозов еще в конце XIX века указывал: "Задача лесоводов заключается в умении законы жизни леса превращать в принципы хозяйственной деятельности, учитывая и следя за всеми изменениями в жизни прежней стихии". В его учении красной нитью проходит важная мысль о том, что разведение лесных насаждений должно сочетаться с их экологическими и биологическими требованиями к почвенным и климатическим факторам. Выдвинутые им положения до сих пор служат руководством к выбору породного состава лесных культур.

Более того, практика лесокультурного производства до сих пор не располагает моделями возрастной динамики роста и продуктивности древостоев искусственного происхождения, а тем более программами их формирования до возраста главной рубки. До сих пор отсутствуют научно обоснованные критические значения густоты древостоев в разном возрасте в разных условиях местообитания.

В настоящее время в действующих рекомендациях производству отсутствуют экологически обоснованные технологические схемы создания лесных культур как на стадии подбора породного состава лесов будущего, стадии раннего возраста (до 6 лет) в условиях конкуренции сеянцев с травянистой растительностью, так и в культурах старших возрастов, когда при отсутствии рубок ухода идет острая конкуренция с самосевом лиственных пород за свет и почвенное питание.

Существующая технологии лесовосстановления на вырубках

В соответствии с региональными и федеральными Рекомендациями по лесовосстановлению лесные культуры создаются с обработкой и без обработки почвы (по свежим вырубкам). Так, например, в Республике Карелия посев семян применяют после рубки вересковых и брусничных сосняков. Посадка рекомендована для любых типов условий местообитания. Выбор породы при этом не регламентируется. Арендатор вправе сам обосновывать выбор породы и поиск посадочного материала. При этом зачастую не соблюдаются правила транспортировки посадочного материала, а также правила лесосеменного районирования.

Для посадки и посева рекомендуются монокультуры сосны и ели как главные лесообразующие и хозяйственно-ценные породы. При этом не учитывается, что монокультуры больше страдают от фито- и энтомовам вредителей, а также от абиотических факторов (снеголома,

ветровала). Рекомендована густота культур от 3,5 тыс. шт./га до 4,5 тыс. шт./га в зависимости от типов лесорастительных условий. В неблагоприятных условиях местообитания густота посадки увеличивается. Следует отметить, что в странах Скандинавии принята густота посадки от 0,9 до 1,6-тыс. шт./га.

Агротехнические уходы рекомендуется проводить 3-4 раза в первые 5 лет после создания культур, что в современных экономических условиях совершенно нереально. В практике лесного хозяйства даже однократный уход за почвой не всегда проводится. В результате конкуренции с травянистой растительностью особенно сильно страдают посевы, а приживаемость культур также существенно снижается.

Осветления и прореживания проводятся в возрасте 10-20 лет, при этом они назначаются после проведения очередной инвентаризации лесов в возрасте более 10 лет. В связи с этим уходы за культурами проводятся зачастую с опозданием, что приводит к их заглушению более конкурентоспособными листовыми породами. В результате в породном составе культур 30-40-летнего возраста доля хвойных пород редко превышает 3-4 единицы.

Назрела острая необходимость внедрения новых технологических решений, обеспечивающих эффективность лесовосстановления.

Устранение недостатков

Устранить имеющиеся недостатки в лесокультурном производстве позволяет биоэкологический подход выбора ассортимента древесных пород, наиболее соответствующих условиям местообитания. Впервые этот подход был разработан профессором В.Г. Нестеровым на основе методов линейного программирования. Реализация методических положений осуществлена для условий Московской области под руководством профессора С.Х. Лямеборшай и показана в совместной публикации [27], содержание которой изложено в следующем разделе монографии.

5.1. Программирование оптимального породного состава лесов будущего

Выявлению древесных пород, которые с хозяйственной точки зрения наиболее выгодно выращивать на тех или иных почвах, были посвящены многочисленные исследования. Однако при планировании и создании лесных культур в разных лесорастительных условиях практики допускали в прошлом и допускают в настоящее время грубые и непростительные ошибки.

Поэтому актуальной задачей частного лесоводства на современном этапе является научно-методические решения по

обоснованию выбора породного состава лесных культур, наиболее соответствующего тому или иному типу лесорастительных условий.

Особое место при этом отводится правильному определению породного состава с точки зрения его соответствия в первую очередь гранулометрическому и химическому составу почв.

Почвенные условия вместе с климатическими показателями являются определяющими факторами для выбора главной и сопутствующей породы. Правильный выбор главной породы становится возможным лишь в том случае, если известны почвенные показатели, выраженные количественными величинами, изменение которых существенным образом сказывается на формировании компонентов того или иного лесного фитоценоза.

Поэтому на современном этапе развития науки в лесном хозяйстве во многих случаях необходимо переходить к более детальному анализу, основанному на численных значениях показателей требовательности древесных пород к условиям местопроизрастания и на этой основе оптимизировать это соответствие.

Следовательно, для создания устойчивых и высокопродуктивных культур в различных почвенно-климатических условиях необходимо знать те требования, которые предъявляют древесные породы на разных этапах роста к условиям внешней среды.

Слабой стороной предшествующих исследований в этом направлении является полная эмпиричность и оторванность от знания закономерных связей между требовательностью древесных пород к таким важным показателям среды как элементы почвенного плодородия, свет, влага и др.

Только выявление закономерностей динамики усвоения растениями питательных веществ, света и влаги, а также изменения этих факторов в течение всей жизни растений позволяет управлять продуктивностью насаждений, и вести экологически обоснованное воспроизводство лесов.

Факторы, влияющие на динамику формирования породного состава лесов будущего, следует подразделять на биологические – Б, климатические – К, почвенные – П, агротехнические – А, экономические – Э, а также необходимо оценивать непрямые функции леса – Н.

Таким образом, породный состав наиболее продуктивных древостоев можно представить в виде функционала:

$$Y = f(B, K, П, А, Э, Н),$$

где: Y – породный состав оптимальных по продуктивности древостоев.

Вид и характер искомой функции сложен. Необходимо каждый из элементов Б, П, К, А, Э, Н численно выразить в виде математического выражения. Но, к сожалению, каждый из шести факторов, в свою очередь, является функцией нескольких вторичных элементов.

Так, биологические факторы (Б) обусловлены наследственностью, водным обменом растений, газообменом, элементами питания и др.

Климатические условия (К) – средними температурами, количеством осадков, притоком солнечной радиации и др. Почвенные (П) – средним размером почвенных частиц, плотностью, влажностью почвы, содержанием гумуса, химическим составом почвы, ее температурой, влагопроводимостью и др. Агротехнические (А) – способами посадки, ухода за культурами и др. Экономические (Э) – издержками производства, прибылью, потребностью народного хозяйства в тех или иных древесных породах, сортиментах и др. Необходимо также учесть непроизводственные функции леса (Н) – его санитарно-гигиеническую роль, ландшафтно-эстетическую, водоохранную, почвозащитную и др.

Оптимальный вариант породного состава может быть получен только при включении в расчеты всего комплекса упомянутых факторов и элементов. Для этого требуется, в первую очередь, определить значение каждого фактора данной системы в численном выражении, а также установить его связь с оптимальным набором древесных пород в составе древостоев.

При решении этой задачи перечисленные факторы для каждой породы можно представить условно в линейной связи с продуктивностью. Для этого, необходимо сравнить древесные породы между собой по характеру проявления жизненно важных процессов и определить возраст, в котором эти процессы проявляются максимально.

Исследованиями в области физиологии растений была обнаружена прямая связь между массой листьев (хвои) и ходом жизненных процессов (Л.А. Иванов). Выявлено, что наибольший вес листьев (хвои), а, следовательно, и наибольший расход влаги, интенсивность фотосинтеза, дыхания и других процессов, наблюдается у всех древесных пород в возрасте кульминации текущего прироста. Именно в этот период при несоответствии требований древесных пород условиям местопроизрастания наблюдается усыхание и гибель насаждений.

Учитывая связь между возрастом кульминации текущего прироста и максимальным проявлением жизненных процессов у испытуемых древесных пород, становится возможным сравнить их друг с другом по ряду жизненно важных показателей.

Для определения ресурсов почвенного плодородия проведен анализа содержания минеральных элементов в полуметровом слое, в котором находится более 80% активных корней. В результате на среднедерновых, среднеподзолистых и среднесуглинистых почвах на морене на 1 гектаре лесной площади содержится 518 кг азота, 850 кг калия и 230 кг фосфора, а ежегодно доступное количество подвижных элементов на много меньше.

Варьирование элементов питания в полуметровом слое почвы низкое. Согласно агрохимическим исследованиям в сельском хозяйстве, по мере нахождения этих элементов в почве выявлена степень насыщенности почвы гумусом, влияющим на продуктивности сельскохозяйственных культур. Эти элементы, как указывает Н.П. Ремезов становятся более стабильными, когда почва занята лесными насаждениями, т.к. происходит круговорот веществ. Таким образом, количество элементов питания в почве следует условно считать постоянной величиной доступности питательных элементов.

Решение задачи по оптимизации породного состава в соответствии с требованиями к почвенным условиям требует определения требуемого запаса элементов питания, необходимого для образования 1 куб. м на га текущего прироста стволовой древесины. Следовательно, определением доли выноса элементов питания из почвы разными древесными породами, выявляется количество элементов питания, которое они усваивают ежегодно из почвы.

Вынос из почвы элементов питания древесными породами в килограммах, приходящийся на один кубометр текущего прироста по запасу, показан в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Выноса из почвы элементов питания древесными породами на формирование 1 куб. м древесины (кг)

Элементы питания	Древесные породы						
	Лиственница (Л)	Сосна (С)	Ель (Е)	Береза (Б)	Дуб (Д)	Осина (Ос)	Липа (Лп)
Азот	1,3	1,7	2,1	3,8	6,7	3,2	5,9
Фосфор	1,1	0,6	1,1	1,0	1,4	0,8	0,8
Калий	0,8	1,1	1,8	1,5	4,4	1,8	3,4

Для определения транспирирующей способности древесных пород и санитарно-гигиенической роли древесных пород, были использованы данные Токина Н.П. и Кротовой Н.Г.

На их основе было определено время, необходимое для уничтожения болезнетворных микробов окружающей среды разными

древесными породами. Так, например, микробы погибают под воздействием ионизирующих свойств соснового насаждения за 28 минут, лиственничного 16, елового за 34, березового за 19, дубового за 36, осинового за 26, липового за 40 минут.

То есть, наиболее эффективной породой в этом смысле является лиственница, которая убивает микробы за более короткий период времени.

Затраты на проведение механизированных работ и ручного труда на создание лесных культур разных древесных пород определены по технологическим картам и показаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Данные для оценки соответствия древесных пород по основным жизненно важным факторам

Переменные	Единица измерения	Обозначения древесных пород						
		Л	С	Е	Б	Д	Ос	Лп
Вынос азота	кг/м ³	1,3	1,7	2,1	3,8	6,7	3,2	5,9
Вынос фосфора	кг/м ³	1,1	0,6	1,1	1,0	1,4	0,8	0,8
Вынос калия	кг/м ³	0,8	1,1	1,8	1,5	4,4	1,8	3,4
Транспирация	мм/м ³	10,8	14,3	13,0	28,5	56,0	25,0	39,6
Затраты мех. труда	маш. /смен	0,09	0,07	0,08	0,05	0,04	0,06	0,08
Затраты ручного труда	чел/д	0,07	0,09	0,14	0,08	0,04	0,06	0,07
Санитарно-гигиенические (время уничтожения микробов)	мин.	16	28	34	19	36	26	40

При рассмотрении указанных переменных становится очевидным, что они позволяют судить о том, какая порода наиболее требовательна к элементам питания, имеет соответствующую трудоемкость на посадку 1 га культур и наиболее точно соответствует экологическим условиям среднересночных, среднеподзолистых, среднесуглинистых почв на морене.

Однако выбор лучшей породы по этим данным на основе их сравнения или с помощью простых расчетов не дает объективного ответа.

Решение этой задачи требует применения метода линейного программирования. Для этого составляется биоэкологическая матрица, представленная в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Информационная биоэкологической матрица для определения оптимального породного состава лесных культур

Основные факторы	Основные породы							Количество ресурсов на 1 га
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	
X_8	1,3	0	0	0	0	0	0	24,8
X_9	0	1,7	0	0	0	0	0	43,0
X_{10}	0	0	2,1	0	0	0	0	57,0
X_{11}	0	0	0	3,8	0	0	0	46,0
X_{12}	0	0	0	0	6,7	0	0	45,0
X_{13}	0	0	0	0	0	3,2	0	43,5
X_{14}	0	0	0	0	0	0	5,9	51,8
X_{15}	1,1	0	0	0	0	0	0	11,7
X_{16}	0	0,6	0	0	0	0	0	8,3
X_{17}	0	0	1,1	0	0	0	0	16,8
X_{18}	0	0	0	1,0	0	0	0	6,8
X_{19}	0	0	0	0	1,4	0	0	5,3
X_{20}	0	0	0	0	0	0,8	0	6,2
X_{21}	0	0	0	0	0	0	0,8	3,8
X_{22}	0,8	0	0	0	0	0	0	19,5
X_{23}	0	1,1	0	0	0	0	0	36,6
X_{24}	0	0	1,8	0	0	0	0	65,0
X_{25}	0	0	0	1,5	0	0	0	24,8
X_{26}	0	0	0	0	4,4	0	0	32,0
X_{27}	0	0	0	0	0	1,8	0	32,4
X_{28}	0	0	0	0	0	0	3,4	39,0
X_{29}	10,8	14,3	13,0	28,5	56,0	25,0	39,6	225,0
X_{30}	0,075	0,09	0,14	0,08	0,04	0,06	0,07	1,40
X_{31}	0,09	0,07	0,09	0,05	0,04	0,06	0,08	1,10
C	1	1	1	1	1	1	1	max

При решении задачи в качестве задействованных древесных пород были использованы: лиственница – X_1 , сосна – X_2 , ель – X_3 , береза – X_4 , дуб – X_5 , осина – X_6 и липа – X_7 .

В качестве факторов и ограничений послужило участие элементов питания:

азота – ($X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}$);

фосфора – ($X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}, X_{21}$);

калия – ($X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}$);

водных ресурсов – X_{29} ;

ручного труда – X_{30} ;

механизированного труда – X_{31} .

Для решения оптимизационной задачи использована программа линейного программирования в оболочке Excel. Целевая функция на максимум продуктивности смешанного древостоя в период

кульминации текущего прироста в условиях указанных экологических условий позволила получить результат равный 15,52 при значениях переменных 1,18; 13,83; 0,51 (Рис. 5.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Решить!	Изменить область задачи	Генератор	Сосна	Ель	Береза	Дуб	Осина	Дипа	Найти X.A.				
2			x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	min	max	Суммы	Двойственные оценки	Статус ограничений
3	Азот	y1	1,3	0	0	0	0	0	0		24,8	1,54		BS
4	Азот	y2	0	1,7	0	0	0	0	0		43	23,52		BS
5	Азот	y3	0	0	2,1	0	0	0	0		57			BS
6	Азот	y4	0	0	0	3,8	0	0	0		46	1,92		BS
7	Азот	y5	0	0	0	0	6,7	0	0		45			BS
8	Азот	y6	0	0	0	0	0	3,2	0		43,5			BS
9	Азот	y7	0	0	0	0	0	0	5,9		51,8			BS
10	Фосфор	y8	1,1	0	0	0	0	0	0		11,7	1,30		BS
11	Фосфор	y9	0	0,6	0	0	0	0	0		8,3	8,30	0,176	UB
12	Фосфор	y10	0	0	1,1	0	0	0	0		16,8			BS
13	Фосфор	y11	0	0	0	1	0	0	0		6,8	0,51		BS
14	Фосфор	y12	0	0	0	0	1,4	0	0		5,3			BS
15	Фосфор	y13	0	0	0	0	0	0,8	0		6,2			BS
16	Фосфор	y14	0	0	0	0	0	0	0,8		3,8			BS
17	Калий	y15	0,8	0	0	0	0	0	0		19,5	0,95		BS
18	Калий	y16	0	1,1	0	0	0	0	0		36,6	15,22		BS
19	Калий	y17	0	0	1,8	0	0	0	0		65			BS
20	Калий	y18	0	0	0	1,5	0	0	0		24,8	0,76		BS
21	Калий	y19	0	0	0	0	4,4	0	0		32			BS
22	Калий	y20	0	0	0	0	0	1,8	0		32,4			BS
23	Калий	y21	0	0	0	0	0	0	3,4		39			BS
24	Водные ресурсы	y22	10,8	14,3	13	28,5	56	25	39,6		225	225,00	0,020	UB
25	Ручной труд	y23	0,075	0,09	0,14	0,08	0,04	0,06	0,07		1,4	1,37		BS
26	Механизированный труд	y24	0,09	0,07	0,09	0,05	0,04	0,06	0,08		1,1	1,10	8,741	UB
27		max increment												
28		min												
29		cost	1	1	1	1	1	1	1					
30														
31										Целевая функция				
32		Переменные	1,18	13,83		0,51				15,52	OPTIMAL SOLUTION	NORMAL COMPLETION		
33		Оценки переменных			-0,04		-0,46	-0,02	-0,48					
34		Статус перемен	BS	BS	LB	BS	LB	LB	LB					

Рисунок 5.1. Ввод данных и результат решения задачи оптимизации породного состава с целевой функцией на максимум продуктивности

Приняв результат целевой функции за 100 процентов, оптимальный состав лесных культур соответствует формуле **7,6Л 89,1С 3,3Б**.

Итак, приведенный алгоритм формирования матрицы для решения оптимизационной задачи максимально продуктивной породной структуры искусственных древостоев позволяет при известных экологических условиях, трудозатратах механизированного и ручного труда получить оптимальный состав древостоев будущего.

Приведенная методика является фрагментом решения более сложной задачи оптимизации породного состава во всем диапазоне варьирования экологических условий по трофности и увлажненности почв, выраженных типами лесорастительных условий. Решение этих задач изложено в следующем разделе монографии.

Как известно, устойчивость лесных фитоценозов к неблагоприятным условиям среды определяется, прежде всего, соответствием факторов внешней среды требованиям древесных пород. Это положение является основным принципом биоэкологического выращивания лесных культур.

Для решения этой задачи была разработана серия моделей хода роста и текущего прироста древостоев культур по запасу, произрастающих в разных типах лесорастительных условий. Для выращивания максимально продуктивных древостоев предусматривается разработка нормативов оптимальной густоты древостоев в разном возрасте, в разных типах лесорастительных условий.

5.2. Лесотипологические модели возрастной динамики текущего прироста лесных культур

Следуя методическим требованиям решения описанной оптимизационной задачи, совместно с соискателем В.М. Градусовым были разработаны лесотипологические шкалы возрастной динамики средних высот для лесных культур разных древесных пород по типам лесорастительных условий. Далее, опираясь на статистическую модель взаимосвязи запаса древостоя со средней высотой, полнотой и долей участия древесной породы в общем запасе древостоя, были получены регрессии текущего прироста по запасу.

Построение матриц бинарных переменных кодирования типов лесорастительных условий (табл. 5.4 – 5.9) в сочетании с возрастом позволило получить для возможных к посадке древесных пород уравнения регрессии (5.1) – (5.6). Возраст кульминации текущего прироста и его значения определялся по линиям регрессии (Рис. 5.2 – 5.7).

Таблица 5.4. Матрица бинарных переменных типов лесорастительных условий для культур сосны Московского региона

ТЛУ	Блочные фиктивные переменные									
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
A_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A_4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A_5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
B_3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B_4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
C_2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C_3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
C_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

где: A_1 - боры сухие, A_2 - боры свежие, A_3 боры влажные, A_4 - боры сырые, A_5 - боры мокрые, B_2 - субори свежие, B_3 - субори влажные, B_4 - субори сырые, C_2 - сложные субори свежие, C_3 - сложные субори влажные, C_4 - сложные субори сырые.

$$Z_M = \exp(-10,91737 + 0,23842X_1 + 0,50717X_2 - 0,36350X_3 - 0,20534X_4 + 0,47397X_5 + 0,45950X_6 + 0,07899X_7 + 0,51017X_8 + 0,50249X_9 + 0,25906X_{10} + 12,99550\ln A - 5,10101 \ln^2 A + 0,93251 \ln^3 A - 0,07016 \ln^4 A)$$

(5.1)

$t > t_{05} = 2,0$; $R^2 = 0,999$; $F = 603824,5$ при $P < 0,05$

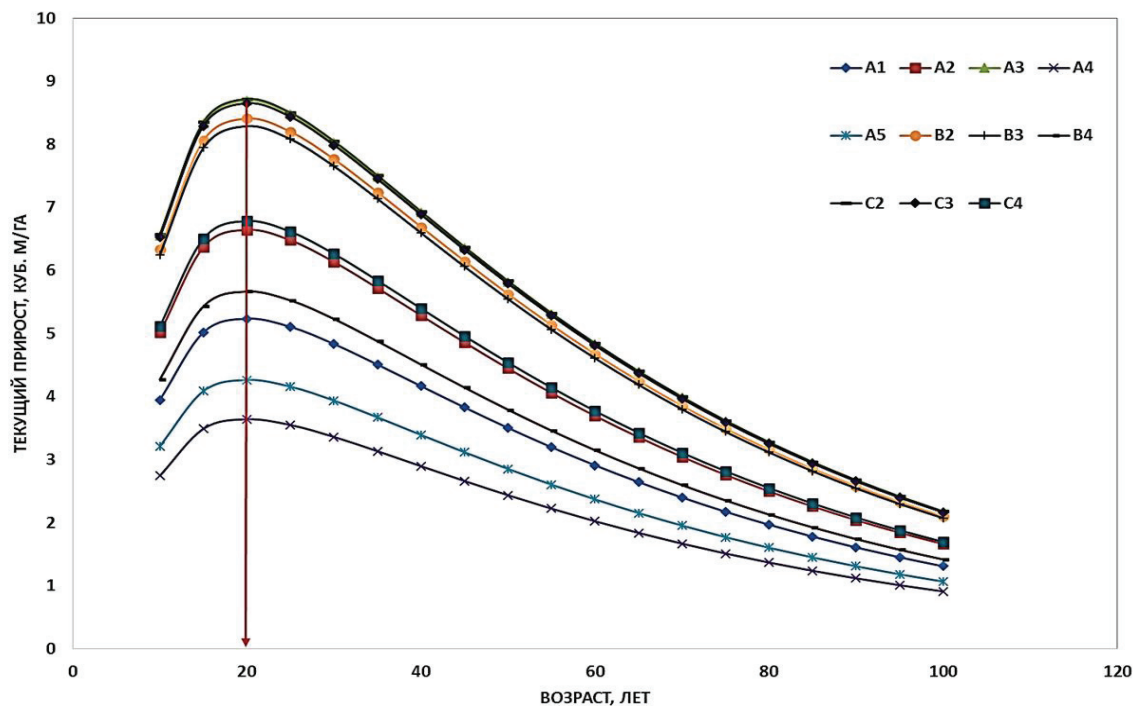


Рисунок 5.2. Возрастная динамика текущего прироста сомкнутых культур сосны по типам лесорастительных условий

Таблица 5.5. Матрица бинарных переменных для типов лесорастительных условий для культур ели Московского региона

ТЛУ	Блочные фиктивные переменные										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
A ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₃	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₄	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₅	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B ₂	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B ₃	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B ₄	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
B ₅	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Д ₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
С ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
С ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
С ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

где: А₂ - боры свежие, А₃ боры влажные, А₄ - боры сырые, А₅ - боры мокрые, В₂ - субори свежие, В₃ - субори влажные, В₄ - субори сырые, В₅ - субори мокрые, С₂ - сложные субори свежие, С₃ - сложные субори влажные, С₄ - сложные субори сырые, Д₄ - дубравы свежие.

$$Z_M = \exp(-10,11168 + 1,04484X_1 + 0,92477X_2 + 1,38920X_3 + 1,46817X_4 + 1,42785X_5 + 0,90209X_6 + 0,82623X_7 + 1,58729X_8 + 1,46290X_9 + 1,46741X_{10} + 1,09889X_{11} + 8,44691\ln A - 2,51272\ln^2 A + 0,37072\ln^3 A - 0,02490\ln^4 A) \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0,999; t > t_{05} = 2,0; F = 6143020,6 \text{ при } P < 0,05$$

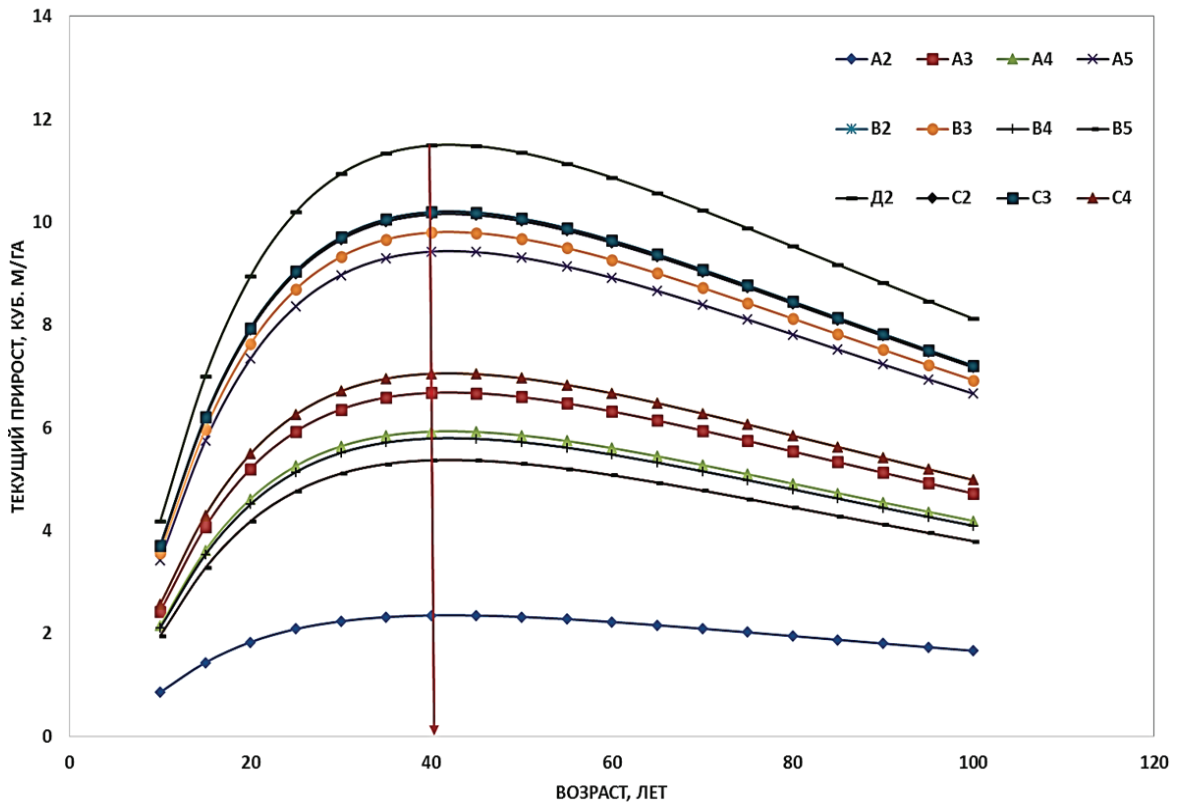


Рисунок 5.3. Рисунок Возрастная динамика текущего прироста сомкнутых культур ели по типам лесорастительных условий

Таблица 5.6. Матрица бинарных переменных для типов лесорастительных условий для культур лиственницы Московского региона

ТЛУ	Блочные фиктивные переменные			
	X_1	X_2	X_3	X_4
A ₂	0	0	0	0
B ₂	1	0	0	0
B ₃	0	1	0	0
C ₂	0	0	1	0
C ₃	0	0	0	1

где: A₂ - боры свежие, B₂ - суборы свежие, B₃ - суборы влажные, C₂ - сложные суборы свежие, C₃ - сложные суборы влажные.

$$Z_M = \exp(-3,41794 + 0,12255X_1 + 0,14858X_2 + 0,27342X_3 + 0,26341X_4 + 5,02949\ln A - 1,70884\ln^2 A + 0,26709\ln^3 A - 0,01907\ln^4 A) \quad (5.3)$$

$$R^2 = 0,999; t > t_{05} = 2,0; F = 4912480,4 \text{ при } P < 0,05$$

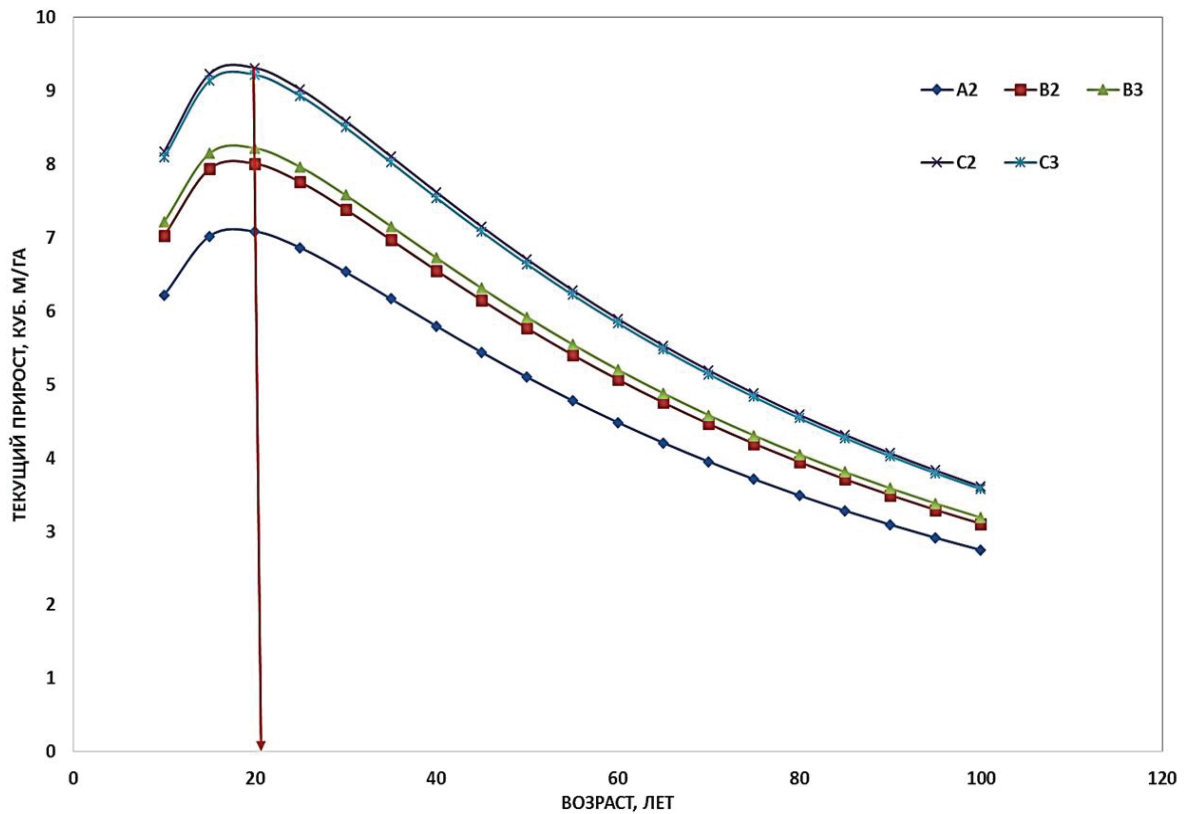


Рисунок 5.4. Рисунок Возрастная динамика текущего прироста сомкнутых культур лиственницы по типам лесорастительных условий

Таблица 5.7. Матрица бинарных переменных для типов лесорастительных условий для культур дуба Московского региона

ТЛУ	Блочные фиктивные переменные		
	X_1	X_2	X_3
C_2	0	0	0
C_3	1	0	0
D_2	0	1	0
D_3	0	0	1

где: C_2 - сложные субори свежие, C_3 - сложные субори влажные, D_2 - дубравы свежие, D_3 - дубравы влажные

$$Z_M = \exp(-5,00359 - 0,22819X_1 - 0,36518X_2 - 0,14523X_3 + 5,82186\ln A - 1,89933 \ln^2 A + 0,29642 \ln^3 A - 0,02038 \ln^4 A) \quad (5.4)$$

$R^2 = 0,999$; $t > t_{05} = 2,0$; $F = 853519,4$ при $P < 0,05$

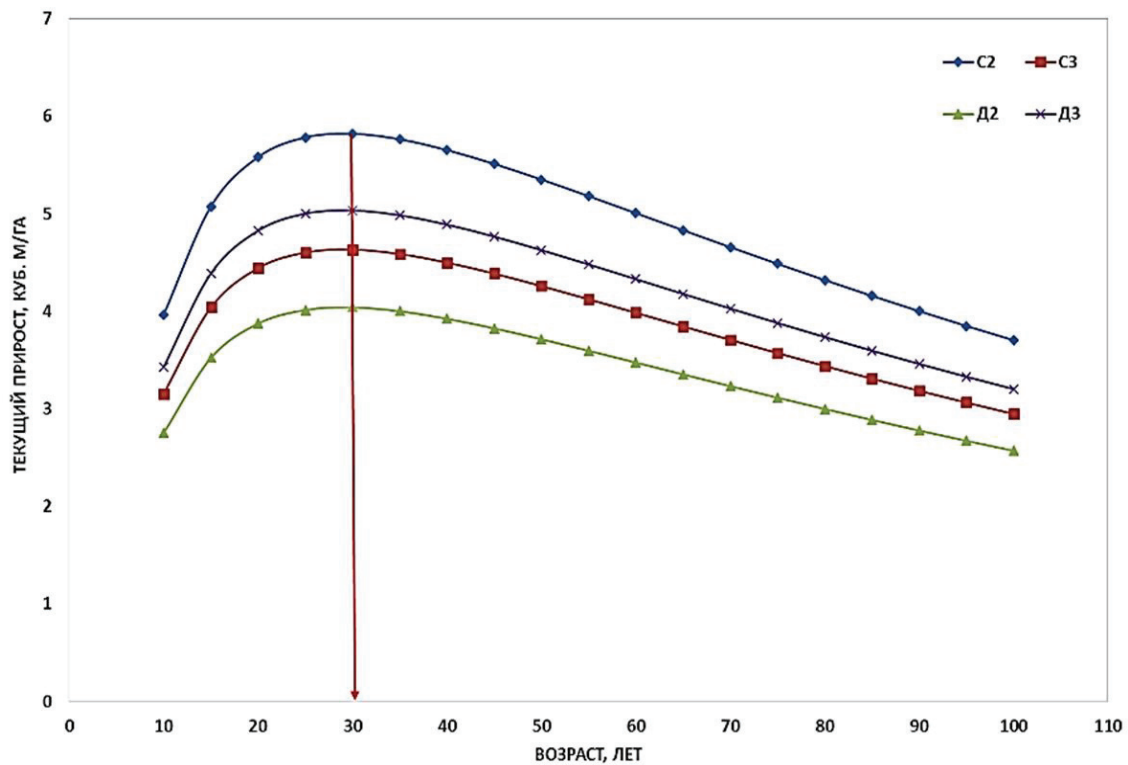


Рисунок 5.5. Возрастная динамика текущего прироста сомкнутых культур дуба по типам лесорастительных условий

Таблица 5.8. Матрица бинарных переменных для типов лесорастительных условий для культур липы Московского региона

ТЛУ	Блочные фиктивные переменные		
	X_1	X_2	X_3
C_2	0	0	0
C_3	1	0	0
D_2	0	1	0
D_3	0	0	1

где: C_2 - сложные субори свежие, C_3 - сложные субори влажные, D_2 - дубравы свежие, D_3 - дубравы влажные.

$$Z_M = \exp(-19,30200 - 0,02182X_1 - 0,00717X_2 - 0,11015X_3 + 24,33217\ln A - 10,51373 \ln^2 A + 2,0658 \ln^3 A - 0,15915 \ln^4 A) \quad (5.5)$$

$$R^2 = 0,999;$$

$$t = (-29,1; -10,5; -3,4; -52,9; 30,4; -29,5; 29,9; -32,2) > t_{0,05} = 2,0$$

$$F = 108347,3 \text{ при } P < 0,05$$

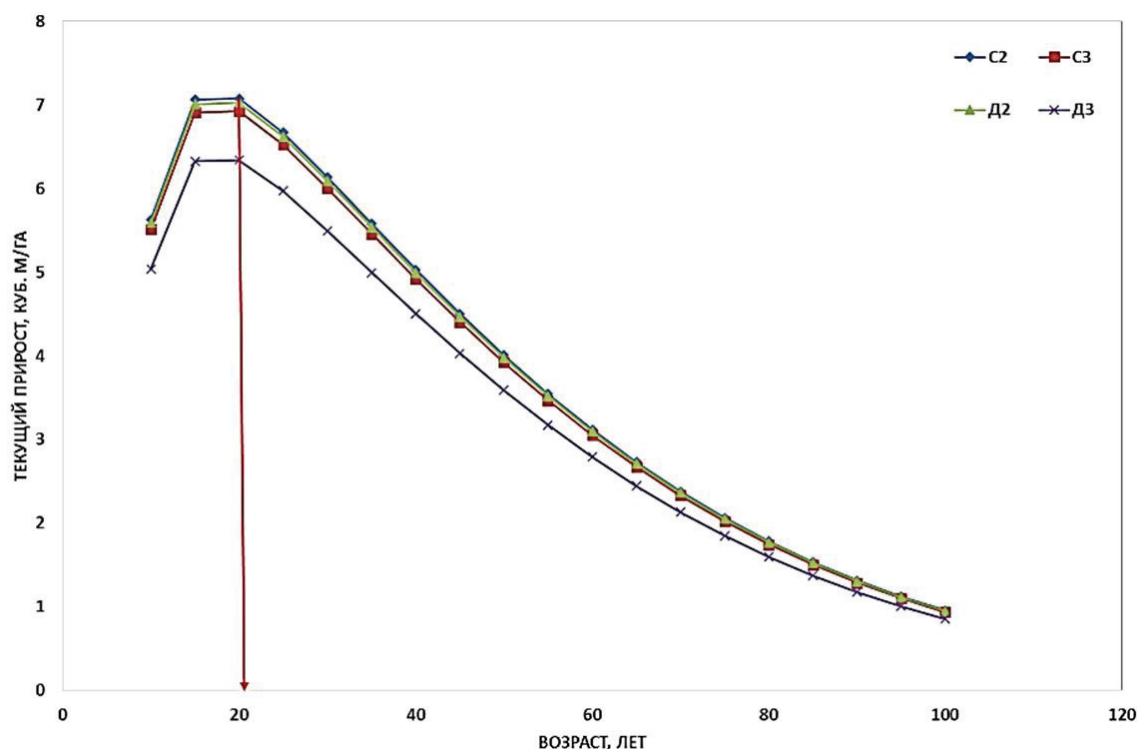


Рисунок 5.6. Возрастная динамика текущего прироста сомкнутых культур дуба по типам лесорастительных условий

Таблица 5.9. Матрица бинарных переменных для типов лесорастительных условий для культур березы Московского региона

ТЛУ	Блочные фиктивные переменные			
	X_1	X_2	X_3	X_4
A ₂	0	0	0	0
B ₂	1	0	0	0
B ₃	0	1	0	0
C ₂	0	0	1	0
C ₃	0	0	0	1

где: A₂ - боры свежие, B₂ - суборы свежие, B₃ - суборы влажные, C₂ - сложные суборы свежие, C₃ - сложные суборы влажные.

$$Z_M = \exp(-5,80156 + 1,09453X_1 + 0,74601X_2 + 0,73883X_3 + 0,84648X_4 + 7,22057\ln A - 2,98109 \ln^2 A + 0,57136 \ln^3 A - 0,04747 \ln^4 A) \quad (5.6)$$

$$R^2 = 0,999; t > t_{05} = 2,0; F = 171072,5 \text{ при } P < 0,05$$

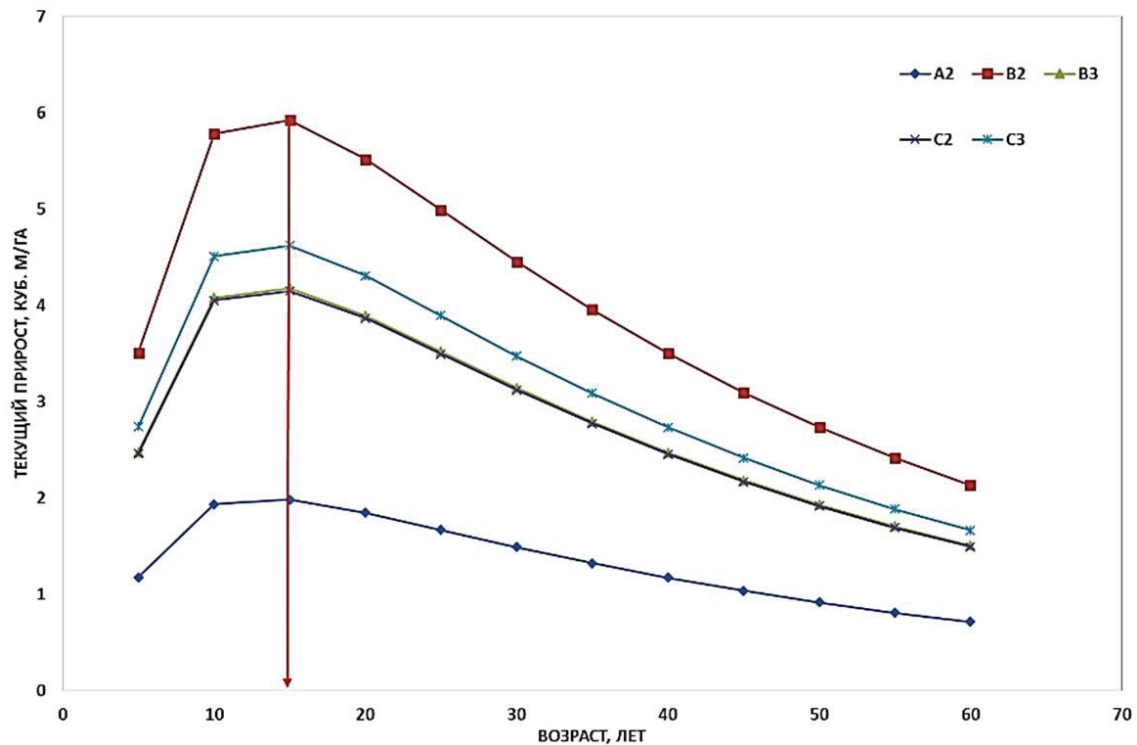


Рисунок 5.7. Возрастная динамика текущего прироста сомкнутых культур березы по типам лесорастительных условий

Графическая интерпретация нормативов изменения с возрастом текущего прироста по запасу в разных лесорастительных условиях позволяет оценить потенциальные возможности древесных пород образовывать максимально продуктивные и устойчивые смешанные по составу лесные культуры. Многовариантные решения по возможному выбору древесных пород должны быть сведены к оптимальному выбору породного состава культур будущего, обеспечивающих максимальную продуктивность древостоев в конкретном типе лесорастительных условий.

Таким образом, критерием оптимизации породного состава в конкретных ТЛУ является максимум продуктивности, а функциональными ограничениями – требовательность древесных пород в элементах почвенного питания (N, P, K) и их наличие в почве. Техническое решение этой задачи изложено ниже.

5.3. Экологическая оптимизация породного состава лесных культур по типам лесорастительных условий

Г.Ф. Морозов различал требовательность и потребность древесных пород в зольных элементах. Требовательность – это возможность произрастания той или иной древесной породы на какой-либо почве, а потребность – это необходимое количество тех или иных химических элементов в единице массы сухого органического вещества конкретной породы.

Малотребовательными к богатству почвы видами – олиготрофами – являются сосна обыкновенная, береза повислая, акация белая, можжевельник, раkitник, вереск, брусника, черника, мох Шребера, этажчатый мох, дикранум. К среднетребовательным – мезотрофам – относятся осина, дуб черешчатый, ель, лиственница сибирская, ива козья, рябина, папоротник орляк, дрок, ольха черная, липа, кедр сибирский. Высокой требовательностью отличаются виды мегатрофы: ясень, бук, клен остролистный, пихта, ильмовые, лещина, орех грецкий, ясенник, копытень европейский.

По количеству золы в растениях Г. Ф. Морозов ранжировал их потребности в зольных элементах: акация белая, ильм, ясень, бук, дуб, ольха черная, ель, береза, лиственница, сосна обыкновенная, сосна веймутова. Согласно этому перечню акация белая имеет самую высокую потребность в зольных элементах, но не относится к мегатрофам. Следует отметить, что содержание химических элементов в хвое и листьях выше на богатых почвах. На этом основаны методы растительной диагностики почв.

Способность почвы обеспечивать растения теми или другими элементами зольного питания зависит не только от запаса данного химического элемента в почве, но и от того, в усвояемой ли форме он находится.

В соответствии с методическими указаниями решения оптимизационной задачи выбора ассортимента древесных пород для создания лесных культур в соответствии с их потребностями в элементах почвенного питания и запаса этих элементов в разных типах лесорастительных условий. Этот запас определен через коэффициенты выноса элементов питания разными древесными породами на образование одного кубометра древесины и текущий прирост по запасу в возрасте его кульминации. Нормативы текущего прироста для этих целей были получены на основе регрессий (5.1) – (5.6). Согласно изложенному решение оптимизационных задач выполнено по программе линейного программирования «ХА» в оболочке Excel (Рис. 5.8 – 5.13). Оптимальный состав создаваемых культур, обеспечивающих максимальную продуктивность древостоев, представлен на рисунках в виде итоговой таблички.

Так, на рисунке 5.8 состав указан формулой $3,4\text{Лц } 3,2\text{С } 2\text{Е } 1,4\text{Б}$.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	Решить	Изменить область задачи		1	2	3	4	Найти XA					
2				Лц	С	Е	Б	>=	<=		Двойственные	Статус	
3				x1	x2	x3	x4	min	max	Суммы	оценки	ограничений	
4	N (азот)	5	y1	1,3	0	0	0		11,29	9,2		BS	
5	N (азот)	6	y2	0	1,7	0	0		11,29	11,3	0,59	UB	
6	N (азот)	7	y3	0	0	2,1	0		11,29	8,5		BS	
7	N (азот)	8	y4	0	0	0	3,8		11,29	11,3	0,26	UB	
8	P (фосфор)	9	y5	1,1	0	0	0		7,79	7,8	0,91	UB	
9	P (фосфор)	10	y6	0	0,6	0	0		7,79	4,0		BS	
10	P (фосфор)	11	y7	0	0	1,1	0		7,79	4,5		BS	
11	P (фосфор)	12	y8	0	0	0	1		7,79	3,0		BS	
12	K (калий)	13	y9	0,8	0	0	0		7,31	5,7		BS	
13	K (калий)	14	y10	0	1,1	0	0		7,31	7,3		BS	
14	K (калий)	15	y11	0	0	1,8	0		7,31	7,3	0,56	UB	
15	K (калий)	16	y12	0	0	0	1,5		7,31	4,5		BS	
16	Транспирация	17	y13	10,8	0	0	0		95,01	76,5		BS	
17	Транспирация	18	y14	0	14,3	0	0		95,01	95,0		BS	
18	Транспирация	19	y15	0	0	13	0		95,01	52,8		BS	
19	Транспирация	20	y16	0	0	0	28,5		95,01	84,7		BS	
20			max										
21			increment										
22			min										
23			cost	1	1	1	1						
24								Целевая функция					
25			Переменные	7,08	6,64	4,06	2,97	20,76	OPTIMAL	NORMAL	COMPLETION		
26			Оценки переменных										
27			Статус переменных	BS	BS	BS	BS						
28			Оптимальная формула состава в ТЛУ A2										
29			Древесная порода	Лц	С	Е	Б	Сумма					
30			Доля породы	3,4	3,2	2,0	1,4	10,0					

Рисунок 5.8. Параметры модели оптимального породного состава лесных культур в ТЛУ боры свежие (A₂)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Решить	Изменить область задачи		1	2	3	4	Найти XA				
2				Лц	С	Е	Б	>=	<=		Двойственные	Статус
3				x1	x2	x3	x4	min	max	Суммы	оценки	ограничений
4	N (азот)	5	y1	1,3	0	0	0		22,5	13,3		BS
5	N (азот)	6	y2	0	1,7	0	0		22,5	20,1		BS
6	N (азот)	7	y3	0	0	2,1	0		22,5	21,4		BS
7	N (азот)	8	y4	0	0	0	3,8		22,5	22,5		BS
8	P (фосфор)	9	y5	1,1	0	0	0		11,2	11,2	0,91	UB
9	P (фосфор)	10	y6	0	0,6	0	0		11,2	7,1		BS
10	P (фосфор)	11	y7	0	0	1,1	0		11,2	11,2	0,91	UB
11	P (фосфор)	12	y8	0	0	0	1		11,2	5,9		BS
12	K (калий)	13	y9	0,8	0	0	0		18,4	8,2		BS
13	K (калий)	14	y10	0	1,1	0	0		18,4	13,0		BS
14	K (калий)	15	y11	0	0	1,8	0		18,4	18,4		BS
15	K (калий)	16	y12	0	0	0	1,5		18,4	8,9		BS
16	Транспирация	17	y13	10,8	0	0	0		168,8	110,2		BS
17	Транспирация	18	y14	0	14,3	0	0		168,8	168,8	0,07	UB
18	Транспирация	19	y15	0	0	13	0		168,8	132,6		BS
19	Транспирация	20	y16	0	0	0	28,5		168,8	168,8	0,04	UB
20			max									
21			increment									
22			min									
23			cost	1	1	1	1					
24								Целевая функция				
25			Переменные	10,20	11,80	10,20	5,92	38,12	OPTIMAL	NORMAL	COMPLETION	
26			Оценки переменных									
27			Статус переменных	BS	BS	BS	BS					
28			Оптимальная формула состава в ТЛУ B2									
29			Древесная порода	Лц	С	Е	Б	Сумма				
30			Доля породы	2,7	3,1	2,7	1,6	10,0				

Рисунок 5.9. Параметры модели оптимального породного состава лесных культур в ТЛУ субори свежие (B₂)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	Решить	Изменить область задачи						Найти XA					
2				1	2	3	4						
3				Лц	С	Е	Б	>=	<=		Двойственные	Статус	
4				x1	x2	x3	x4	min	max	Суммы	оценки	ограничений	
4	N (азот)	5	y1	1,3	0	0	0			20,6	12,7	BS	
5	N (азот)	6	y2	0	1,7	0	0			20,6	15,1	BS	
6	N (азот)	7	y3	0	0	2,1	0			20,6	20,6	BS	
7	N (азот)	8	y4	0	0	0	3,8			20,6	17,0	BS	
8	P (фосфор)	9	y5	1,1	0	0	0			10,8	10,8	0,91 UB	
9	P (фосфор)	10	y6	0	0,6	0	0			10,8	5,3	BS	
10	P (фосфор)	11	y7	0	0	1,1	0			10,8	10,8	BS	
11	P (фосфор)	12	y8	0	0	0	1			10,8	4,5	BS	
12	K (калий)	13	y9	0,8	0	0	0			17,6	7,8	BS	
13	K (калий)	14	y10	0	1,1	0	0			17,6	9,8	BS	
14	K (калий)	15	y11	0	0	1,8	0			17,6	17,6	BS	
15	K (калий)	16	y12	0	0	0	1,5			17,6	6,7	BS	
16	Транспирация	17	y13	10,8	0	0	0			127,4	105,8	BS	
17	Транспирация	18	y14	0	14,3	0	0			127,4	127,4	0,07 UB	
18	Транспирация	19	y15	0	0	13	0			127,4	127,4	0,08 UB	
19	Транспирация	20	y16	0	0	0	28,5			127,4	127,4	0,04 UB	
20													
21			max										
22			increment										
23			min										
24			cost		1	1	1	1					
25									Целевая функция				
26			Переменные	9,80	8,91	9,80	4,47	32,97	OPTIMAL SC	NORMAL	COMPLETION		
27			Оценки переменных										
28			Статус переменных	BS	BS	BS	BS						
29			Оптимальная формула состава в ТЛУ В3										
30			Древесная порода	Лц	С	Е	Б	Сумма					
31			Доля породы	3,0	2,7	3,0	1,4	10,0					

Рисунок 5.10. Параметры модели оптимального породного состава лесных культур в ТЛУ субори влажные (В3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Решить	Изменить область задачи							Найти XA					
2				1	2	3	4	5	6					
3				Лц	С	Е	Б	Д	Лп	>=	<=		Двойственные	Статус
4				x1	x2	x3	x4	x5	x6	min	max	Суммы	оценки	ограничений
4	N (азот)	7	y1	1,3	0	0	0	0	0			41,7	13,2	BS
5	N (азот)	8	y2	0	1,7	0	0	0	0			41,7	31,6	BS
6	N (азот)	9	y3	0	0	2,1	0	0	0			41,7	21,3	BS
7	N (азот)	10	y4	0	0	0	3,8	0	0			41,7	41,7	0,26 UB
8	N (азот)	11	y5	0	0	0	0	6,7	0			41,7	35,8	BS
9	N (азот)	12	y6	0	0	0	0	0	5,9			41,7	40,8	BS
10	P (фосфор)	13	y7	1,1	0	0	0	0	0			11,2	11,2	0,91 UB
11	P (фосфор)	14	y8	0	0,6	0	0	0	0			11,2	11,2	1,67 UB
12	P (фосфор)	15	y9	0	0	1,1	0	0	0			11,2	11,2	0,91 UB
13	P (фосфор)	16	y10	0	0	0	1	0	0			11,2	11,0	BS
14	P (фосфор)	17	y11	0	0	0	0	1,4	0			11,2	7,5	BS
15	P (фосфор)	18	y12	0	0	0	0	0	0,8			11,2	5,5	BS
16	K (калий)	19	y13	0,8	0	0	0	0	0			25,6	8,1	BS
17	K (калий)	20	y14	0	1,1	0	0	0	0			23,5	20,5	BS
18	K (калий)	21	y15	0	0	1,8	0	0	0			23,5	18,3	BS
19	K (калий)	22	y16	0	0	0	1,5	0	0			23,5	16,5	BS
20	K (калий)	23	y17	0	0	0	0	4,4	0			23,5	23,5	0,23 UB
21	K (калий)	24	y18	0	0	0	0	0	3,4			23,5	23,5	0,29 UB
22	Транспирация	25	y19	10,8	0	0	0	0	0			325,9	109,6	BS
23	Транспирация	26	y20	0	14,3	0	0	0	0			325,9	266,0	BS
24	Транспирация	27	y21	0	0	13	0	0	0			325,9	131,9	BS
25	Транспирация	28	y22	0	0	0	28,5	0	0			325,9	312,7	BS
26	Транспирация	29	y23	0	0	0	0	56	0			325,9	299,1	BS
27	Транспирация	30	y24	0	0	0	0	0	39,6			325,9	273,7	BS
28			max											
29			increment											
30			min											
31			cost		1	1	1	1	1					
32														
33														
34			Переменные	10,15	18,60	10,15	10,97	5,34	6,91	62,12	OPTIMA	NORMAL	COMPLETION	
35			Оценки переменных											
36			Статус переменных	BS	BS	BS	BS	BS	BS					
37			Оптимальная формула состава культур в ТЛУ С2											
38			Древесная порода	Лц	С	Е	Б	Д	Лп	Сумма				
39			Доля породы	1,6	3,0	1,6	1,8	0,9	1,1	10,0				

Рисунок 5.11. Параметры модели оптимального породного состава лесных культур в ТЛУ сложные субори свежие (С2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Решить	Изменить область задачи							Найти ХА					
2				1	2	3	4	5	6					
3				Лц	С	Е	Б	Д	Лп	>=	<=		Двойственные	Статус
4				x1	x2	x3	x4	x5	x6	min	max	Суммы	оценки	ограничений
4	N (азот)	7	y1	1,3	0	0	0	0	0		40,8	13,2		BS
5	N (азот)	8	y2	0	1,7	0	0	0	0		40,8	31,7		BS
6	N (азот)	9	y3	0	0	2,1	0	0	0		40,8	21,4		BS
7	N (азот)	10	y4	0	0	0	3,8	0	0		40,8	36,5		BS
8	N (азот)	11	y5	0	0	0	0	6,7	0		40,8	32,8		BS
9	N (азот)	12	y6	0	0	0	0	0	5,9		40,8	40,8		BS
10	P (фосфор)	13	y7	1,1	0	0	0	0	0		11,2	11,2	0,91	UB
11	P (фосфор)	14	y8	0	0,6	0	0	0	0		11,2	11,2	1,67	UB
12	P (фосфор)	15	y9	0	0	1,1	0	0	0		11,2	11,2	0,91	UB
13	P (фосфор)	16	y10	0	0	0	1	0	0		11,2	9,6		BS
14	P (фосфор)	17	y11	0	0	0	0	1,4	0		11,2	6,8		BS
15	P (фосфор)	18	y12	0	0	0	0	0	0,8		11,2	5,5		BS
16	K (калий)	19	y13	0,8	0	0	0	0	0		23,5	8,1		BS
17	K (калий)	20	y14	0	1,1	0	0	0	0		23,5	20,5		BS
18	K (калий)	21	y15	0	0	1,8	0	0	0		23,5	18,3		BS
19	K (калий)	22	y16	0	0	0	1,5	0	0		23,5	14,4		BS
20	K (калий)	23	y17	0	0	0	0	4,4	0		23,5	21,5		BS
21	K (калий)	24	y18	0	0	0	0	0	3,4		23,5	23,5	0,29	UB
22	Транспирация	25	y19	10,8	0	0	0	0	0		273,8	110,0		BS
23	Транспирация	26	y20	0	14,3	0	0	0	0		273,8	266,9		BS
24	Транспирация	27	y21	0	0	13	0	0	0		273,8	132,4		BS
25	Транспирация	28	y22	0	0	0	28,5	0	0		273,8	273,8	0,04	UB
26	Транспирация	29	y23	0	0	0	0	56	0		273,8	273,8	0,02	UB
27	Транспирация	30	y24	0	0	0	0	0	39,6		273,8	273,7		BS
28			max											
29			increment											
30			min											
31			cost											
32				1	1	1	1	1	1					
33														
34														
35														
36														
37														
38														

Рисунок 5.12. Параметры модели оптимального породного состава лесных культур в ТЛУ сложные субори влажные (С3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Решить	Изменить область задачи							Найти ХА	
2			n	Д	Лп	>=	<=		Двойственные	Статус
3				x1	x2	min	max	Суммы	оценки	ограничений
4	N (азот)	3	y1	6,7	0		40,8	32,8		BS
5	N (азот)	4	y2	0	5,9		40,8	40,8		BS
6	P (фосфор)	5	y3	1,4	0		11,2	6,8		BS
7	P (фосфор)	6	y4	0	0,8		11,2	5,5		BS
8	K (калий)	6	y5	4,4	0		23,5	21,5		BS
9	K (калий)	7	y6	0	3,4		23,5	23,5	0,29	UB
10	Транспирация	7	y7	56	0		273,8	273,8	0,02	UB
11	Транспирация	8	y8	0	39,6		273,8	273,7		BS
12			max							
13			increment							
14			min							
15			cost							
16				1	1					
17										
18										
19										
20										
21										
22										

Рисунок 5.13. Параметры модели оптимального породного состава лесных культур в ТЛУ дубравы свежие (Д2) т влажные (Д3)

5.4. Обоснование ресурсосберегающей технологии лесовосстановления на вырубках

5.4.1. Рост культур сосны на этапе раннего возраста

Для теоретического обоснования ресурсосберегающей технологии лесовосстановления на вырубках в черничном типе леса был проведен анализ роста и развития культур сосны, созданных разным типом посадочного материала. В почву, обработанную ПДН-1 осуществлена посадка сеянцев с открытой (ОКС) и закрытой (ЗКС) корневой системами, а также посев семян в площадки. В необработанную почву вырубки была проведена посадка контейнеризированных сеянцев. Объектом исследования служила вырубка соснового древостоя III класса бонитета в 1995 году на территории Матросского учебно-опытного лесничества Пряжинского лесхоза Республики Карелия. Тип вырубки – вейниково-луговиковый, рельеф ровный. Степень задернения средняя. Борозды создавались через 3–4 м. Варианты опыта были заложены в трехкратной повторности площадью 0,5 га каждая. Шаг посадки растений равен 1 м. Измерение показателей роста растений осуществлено в первые 6 лет после посадки.

Культуры из сеянцев с закрытой корневой системой по обработанной почве имеют превышение по высоте над культурами, созданными из сеянцев с открытой корневой системой, а также над посадками по необработанной почве на 15–17%.

Средняя высота стволиков сосны в посевах в течение пяти лет увеличилась от $3,5 \pm 0,1$ до $57,3 \pm 0,6$ см. Лесные культуры, созданные с открытой и закрытой корневой системой средняя высота стволиков, значительно превышала высоту растений, полученных посевом семян (от $13,9 \pm 0,4$ до $72,2 \pm 0,8$ см и от $15,7 \pm 0,4$ до $135,2 \pm 1,5$ см соответственно).

В варианте опыта без обработки почвы, начиная со второго года, проявляется отставание в росте культур по высоте. В последующие годы их отставание в росте от посадок по подготовленной почве составило: на второй год – 30%, на третий – 41 %, на четвертый – 51%, на пятый – 42%, на шестой год – 42%.

Культуры, созданные по необработанной почве, отстают в росте и от посадок, полученных из сеянцев с открытой корневой системой. На второй год разница составляет 25% от средней высоты культур из сеянцев ОКС, на третий год – около 22%, на четвертый – 35%, на пятый год – 40%.

Разница по высоте культур, созданных без обработки почвы, относительно культур, полученных посевом, составляет от 75% в первый год до 51% во второй, 40% – в третий, 32% – в четвертый и 25% – в пятый год. К шестому году разница по высоте посевов уменьшилась до 19%. Таким образом, разница в росте культур этих двух вариантов уменьшается с возрастом. Культуры, полученные посевом семян, постепенно догоняют в росте растения, посаженные в необработанную почву.

Подготовка почвы и вид посадочного материала оказывают существенное влияние на рост культур в высоту. Разный биологический возраст культур из семян и посевных культур также сказывается на росте растений. Так, разница по высоте между культурами из семян с открытой корневой системой и посевами составила на первый год 77%, на второй – 63%, на третий – 54%, на четвертый – 69%, на пятый – 55%, на шестой – 46%. Увеличение разницы на четвертый год указывает на то, что культуры сосны, созданные посадкой, к этому времени уже имеют устойчивое увеличение прироста по высоте. В посевных культурах увеличение прироста в высоту наступает позднее – на пятый или шестой год.

Другим по важности показателем, характеризующим рост и развитие культур в первые годы жизни, является диаметр корневой шейки, который дает дополнительную характеристику состояния растений [32]. Достаточно крепкий, хорошо одревесневший ствол лучше противостоит навалу травы.

У посевных культур лишь к пятому году наблюдается существенное увеличение как диаметра корневой шейки, так и высоты стволика. В среднем за этот период диаметр корневой шейки этих культур изменился от $1,44 \pm 0,04$ до $13,25 \pm 0,13$ мм.

Толщина корневой шейки культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой в первый год составлял $3,6 \pm 0,1$ мм, а к пятому году увеличился до $20,4 \pm 0,3$ мм. Толщина корневой шейки культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой за эти годы, изменилась от $3,3 \pm 0,1$ до $30,9 \pm 0,7$ мм.

Двухлетние сеянцы с открытой корневой системой превышают толщину однолетних тепличных сеянцев. Однако на росте саженцев больше сказывается обработка почвы нежели вид посадочного материала. Влияние вида посадочного материала сказывается только в первый год после посадки. Так, отставание в росте культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой от таковых с закрытой корневой системой по обработанной почве от данных по необработанной почве, составляет в первый год – 21 и 19%, на второй – 38%, на третий – 43 и 55%, на четвертый – 44 и 50%, на пятый – 49 и 56%, на шестой – 50 и 54% соответственно.

Самый большой прирост по толщине корневой шейки за пять лет наблюдается у культур, созданных с закрытой корневой системой в условиях обработанной почвы. У посевных культур прирост по толщине корневой шейки в первые два года незначителен и увеличивается только к третьему–пятому году роста.

Важным для теоретического осмысления закономерностей формирования культур на раннем этапе роста является выявление взаимосвязи морфометрических признаков растений.

Так, взаимосвязь диаметра корневой шейки с высотой культур описывается регрессиями вида:

с обработкой почвы

$$D = 0,0293H^{0,9827}; R^2 = 0,983 \quad (5.7)$$

без обработки почвы

$$D = 0,0346H^{0,932}; R^2 = 0,941 \quad (5.8)$$

Взаимосвязь высоты и диаметра сеянцев представлена на рисунке 5.14.

Возрастная динамика взаимосвязи толщины корневой шейки с высотой растений в условиях с обработкой и без обработки почвы в первые пять лет роста отображается регрессиями вида:

с обработкой почвы

$$D = \exp(-1,96572 + 0,3149 \ln A + 0,14047 \ln^2 A + 0,64779 \ln H) \quad (5.9)$$

$$R^2 = 0,996; t = |11,2; 4,8; 3,1; 18,6| > t_{05} = 2,0$$

без обработки почвы

$$D = \exp(-8,22504 + 0,26003 \ln^2 A + 0,608843 \ln H) \quad (5.10)$$

$$R^2 = 0,987; t = |8,2; 7,4; 13,0| > t_{05} = 2,0$$

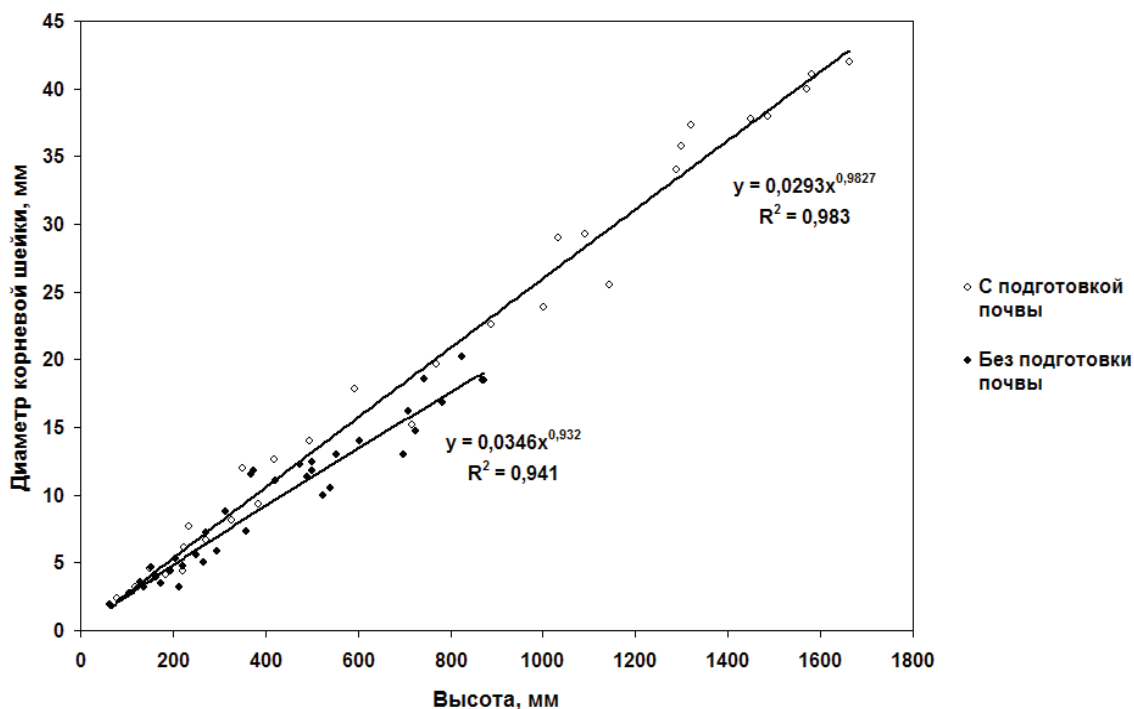


Рисунок 5.14. - Взаимосвязь диаметра корневой шейки с высотой пятилетних культур сосны из семян с закрытой корневой системой на площадях с обработкой и без обработки почвы

Графическая интерпретация выявленных закономерностей представлена на рисунке 5.15.

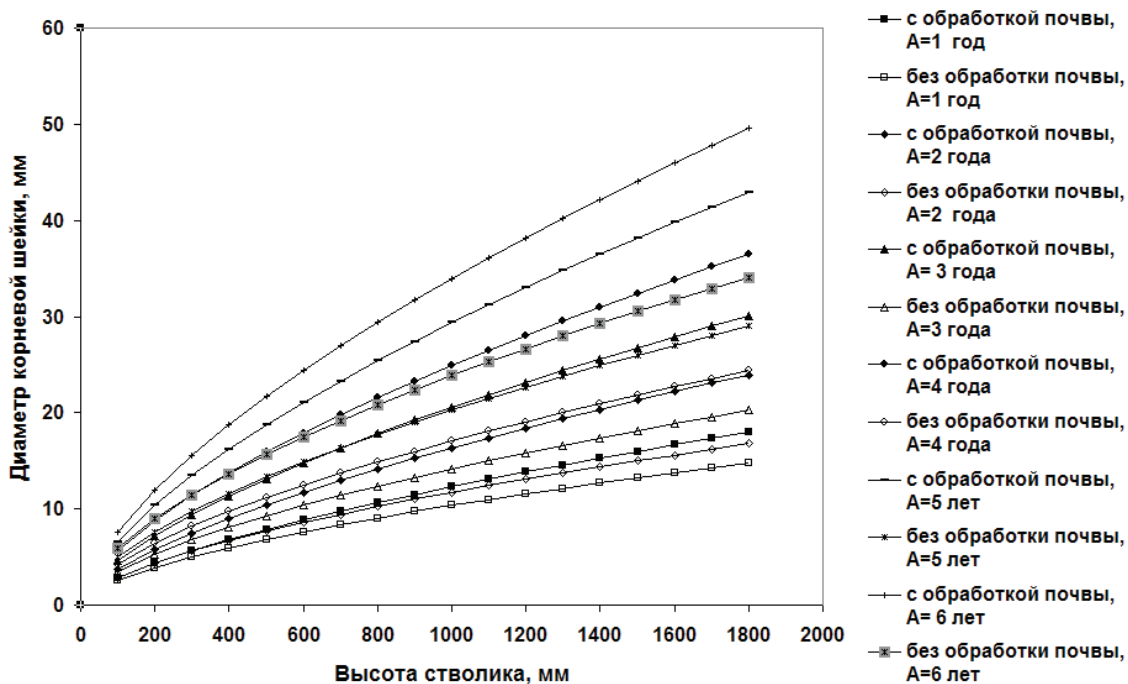


Рисунок 5.15. - Взаимосвязь диаметра корневой шейки с высотой культур сосны с закрытой корневой системой, высаженных в обработанную и не обработанную почву по годам роста

Степень развития ассимиляционного аппарата, выраженная количеством хвоинок на побегах, тесно связана с высотой растений. Так, при обработанной и необработанной почве эта взаимосвязь описывается регрессиями вида:

с обработкой почвы

$$N = 0,1754H^{1,5227} \quad (5.11)$$

$$R^2 = 0,921$$

без обработки почвы

$$N = 0,9603H^{1,0849} \quad (5.12)$$

$$R^2 = 0,949$$

На число хвоинок наряду с высотой растений (Н) существенное влияние оказывает возраст посадок (А), которые представлены регрессорами в уравнениях 5.13 и 5.14.

с обработкой почвы

$$N = \exp(-0,57994 + 1,452297 \ln A - 0,74965 \ln^2 A + 1,22643 \ln H) \quad (5.13)$$

$$R^2 = 0,996; t = |9,4; 5,8; 14,7| > t_{05}=2,0$$

без обработки почвы

$$N = \exp(0,766214 + 0,155078 \ln^2 A + 0,90944 \ln H) \quad (5.14)$$

$$R^2 = 0,957; t = |2,9; 8,9| > t_{05}=2,0$$

В культурах, выращиваемых по обработанной почве, характерен неравномерный прирост по длине хвои. Некоторое увеличение этого показателя наблюдается у культур, выращиваемых по необработанной почве. Однако к четвертому году прирост хвои уменьшается во всех испытанных вариантах.

Уже в конце первого сезона вегетации максимальную длину хвои имели культуры, полученные из контейнеризированных семян по обработанной почве. Однако максимальная длина хвои наблюдается на третий год у культур, созданных посевом.

Наряду с длиной хвоинок была проанализирована общая площадь ассимиляционного аппарата. Если принять за контрольный вариант изменение площади хвои у культур, созданных из семян ОКС, то площадь хвои в посевных культурах составила на первый и второй годы роста 17%, на третий год – 20%, на четвертый год – 23%. Культуры из семян с закрытой корневой системой имели существенно большую площадь хвои. Так, после первого года роста эта величина от контрольных растений составляет 121%, после второго года – 135%, после третьего – 194% и после четвертого – 201%.

Влияние обработки почвы на длину хвои растений также весьма существенно. Так, в культурах, созданных по обработанной почве после первого года роста она была в 1,7 раза больше, чем у культур без обработки почвы в 4,6 раза – после второго и в 10,6 раз – после третьего

года. В четвертый год начинается более интенсивный прирост длины хвоинок и увеличение их числа в варианте культур без обработки почвы. У культур, созданных посадкой семян с открытой корневой системой, ширина хвоинок составляла от $1,30 \pm 0,02$ до $1,69 \pm 0,01$ мм, с закрытой корневой системой – от $1,36 \pm 0,02$ до $1,66 \pm 0,01$ мм. На третий год у культур сосны в посадках происходит резкое увеличение ширины хвоинок.

При сравнении ширины хвоинок выявлено, что у трехлетних ($1,48 \pm 0,02$ мм) и четырехлетних ($1,68 \pm 0,02$ мм) культур, созданных посадкой семян с закрытой корневой системой этот показатель более высокий. Наименьшая ширина хвоинок наблюдается у культур, созданных посадкой семян с открытой корневой системой ($1,30 \pm 0,02$ и $1,39 \pm 0,02$ мм соответственно).

У трехлетних посевных культур ширина хвои составляет $1,40 \pm 0,02$ мм, у четырехлетних - $1,48 \pm 0,02$ мм, у пятилетних – $1,50 \pm 0,02$ мм. У пятилетних культур, созданных посадкой сеянцами с закрытой корневой системой, ширина хвоинок равна $1,62 \pm 0,02$ мм, а с открытой корневой системой $1,68 \pm 0,02$ мм.

Число хвоинок на побегах у посевных культур составляет от $71,7 \pm 2,5$ до $1351,0 \pm 16,3$ штук. У культур, созданных посадкой сеянцами с открытой корневой системой, формируется значительно больше число хвоинок и насчитывает от $279,9 \pm 12,9$ до $2284,0 \pm 56,2$ штук.

Прирост общей протяженности ассимиляционного аппарата в разные годы по вариантам создания культур изменяется по-разному. Так, в посевных культурах он достигает максимальной величины на второй год роста, в культурах из семян с закрытой корневой системой без обработки почвы – на четвертый, а в культурах из семян с открытой корневой системой на четвертый год. Прирост длины хвои семян с закрытой корневой системой по обработанной почве стабильно устойчив в течение всех лет роста.

Произведение средней площади хвоинок на их количество позволяет получить площадь поверхности ассимиляционного аппарата. Её взаимосвязь с высотой и возрастом культур приведена на рисунке 5.16.

Уравнение регрессии площади поверхности хвои культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой, имеет вид:

с обработкой почвы

$$S = \exp(-2,14097 + 1,925278 \ln A - 1,1529 \ln^2 A + 1,559744 \ln H) \quad (5.15)$$

$$R^2 = 0,996; t = |4,3; 10,4; 7,5; 15,7| > t_{0,05} = 2,0$$

без обработки почвы

$$S = \exp(-0,58131 + 0,275288 \ln^2 A + 1,146331 \ln H) \quad (5.16)$$

$$R^2 = 0,964; t = |1,9; 2,8; 9,2| > t_{05}=2,0$$

На рисунке показаны линии регрессии изменения площади ассимиляционного аппарата у культур сосны, созданных разными методами в течение первых шести лет вегетации. Культуры, созданные посадкой сеянцами с закрытой корневой системой, отличаются более развитой хвоей и устойчивым ростом. В культурах, созданных посевом семян хвоя развивается замедленными темпами и имеет значительно худшие показатели роста и развития.

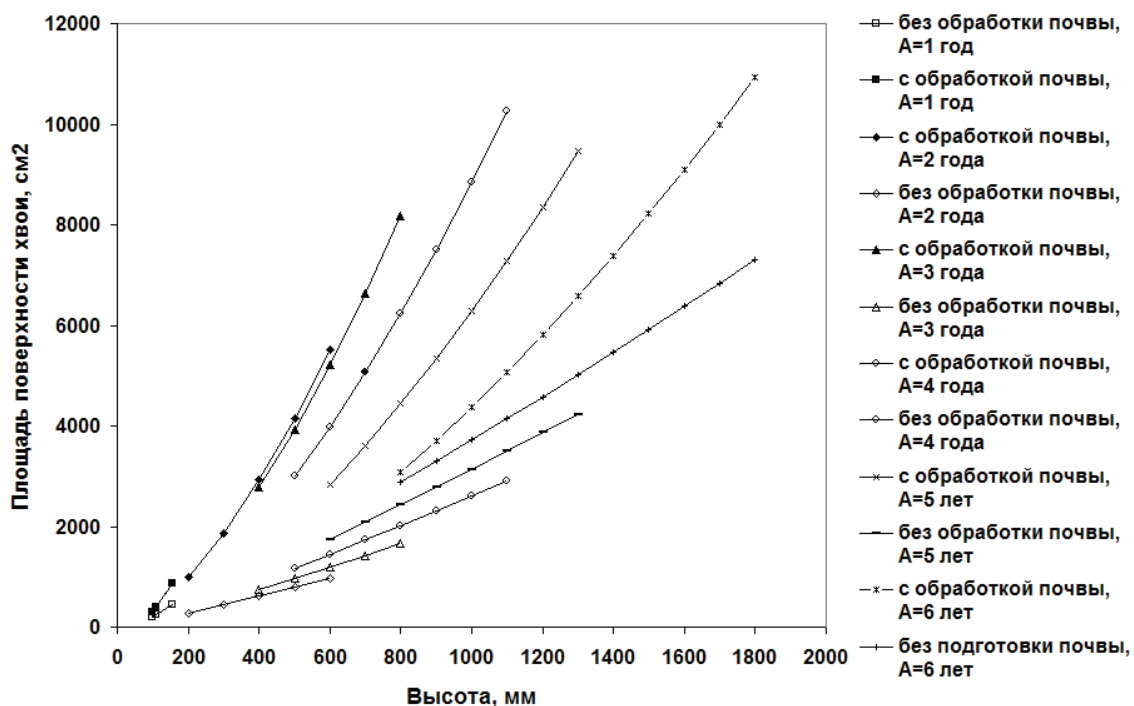


Рисунок 5.16. – Возрастная динамика площади поверхности хвоинок с высотой культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой по обработанной и не обработанной почве

5.4.2. Рост и развитие корневых систем культур сосны, созданных с обработкой и без обработки почвы

Длина главного корня для культур сосны имеет большое значение, поскольку наличие стержневого корня – одна из биологических особенностей этого вида. Однако в период посадки корневая система посадочного материала часто повреждаются и её развитие идет за счет боковых корней. Успешность роста лесных культур со стержневой корневой системой обеспечивается её успешным формированием в первые годы роста. Именно в период индивидуального роста [29] закладывается основа для формирования будущих деревьев-лидеров. При этом развитие корневых систем имеет определяющую роль [8]. Проявление хемотропизма может привести в ряде случаев к

нарушению развития корневых систем культур и часто к их гибели [9]. Общеизвестно, что рост и развитие наземной и подземной частей растения взаимосвязаны между собой. Поскольку основным показателем, доступным для измерения, является высота растения (Н), были получены регрессии (5.17), (5.18) взаимосвязи длины главного корня ПМЗКС с этим показателем.

с обработкой почвы

$$КГ = 18,045Н^{0,4439} \quad (5.17)$$

без обработки почвы

$$КГ = 6,4175Н^{0,6106} \quad (5.18)$$

На рисунке 5.17 показана зависимость длины главного корня от высоты растения.

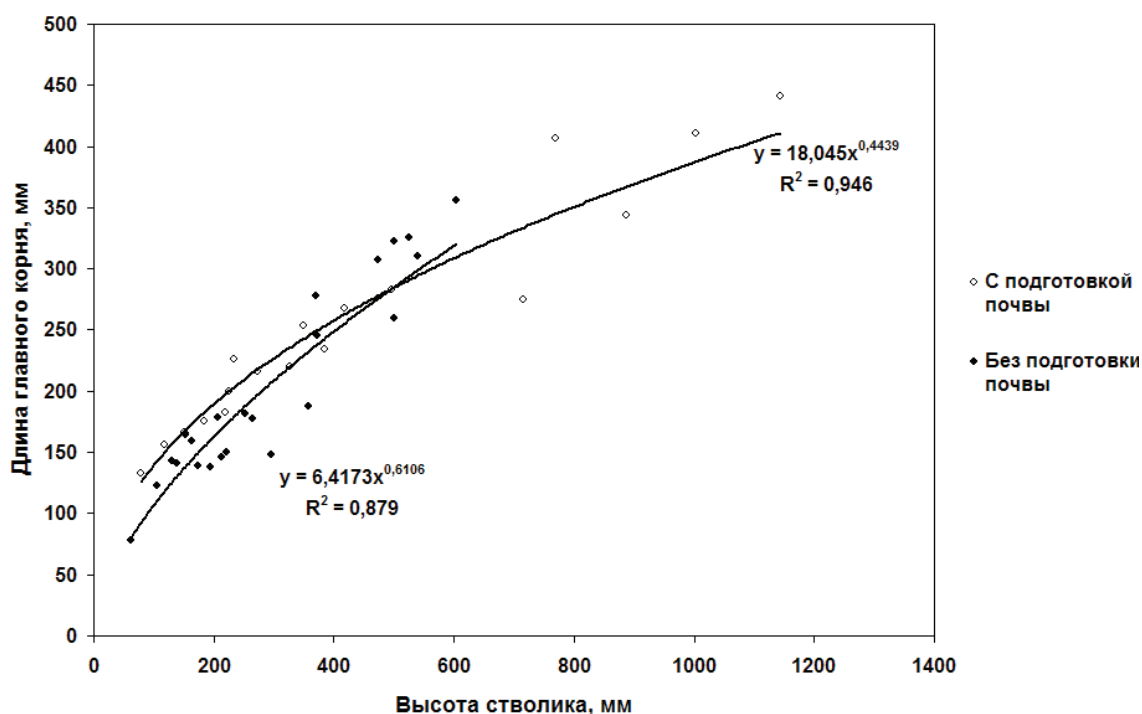


Рисунок 5.17. - Взаимосвязь длины главного корня с высотой лесных культур с закрытой корневой системой в первые пять лет роста

Добавление в уравнения (5.17) и (5.18) возраста растений (А) позволило получить взаимосвязи, представленные линиями регрессии (рис. 5.17, 5.18).

с обработкой почвы

$$НКГ = \exp(3,635372 + 0,180572\ln^2 A + 0,289276\ln H) \quad (5.19)$$

$$R^2 = 0,975; F = 306,0$$

без обработки почвы

$$НКГ = \exp(2,704657 + 0,169786\ln^2 A + 0,428971\ln H) \quad (5.20)$$

$$R^2 = 0,951; F = 193,3$$

Результаты показали, что главный корень в конце четвертого года имеет максимальное значение в культурах из контейнеризированных семян в варианте с обработкой почвы. Его величина стабильно увеличивается и 4 году достигает 40 см. Близкие показатели роста главного корня (до 39 см) наблюдаются в варианте культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой по обработанной почве.

Главный корень варианта из контейнеризированных семян без обработки почвы достигает 30 см. Посевы к концу четвертого года имеют длину главного корня всего лишь 20 см.

Влияние вида посадочного материала сказывается на росте главного корня следующим образом. К четвертому году преимущество культур из контейнеризированных семян составляет 7%, а до этого срока оно было у культур из семян с открытой корневой системой.

В то же время длина главного корня в варианте с обработкой почвы превышает вариант без обработки почвы в первый год на 26%, во второй на 20%, в третий на 33%, в четвертый на 26%.

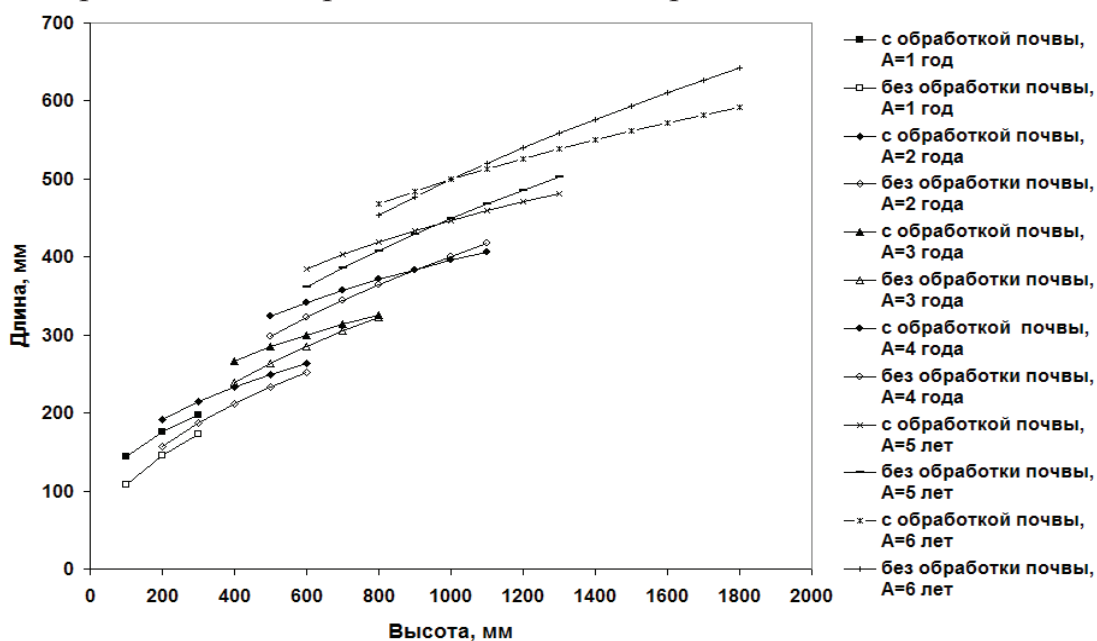


Рисунок 5.18. Рисунок 6.5 – Взаимосвязь длины главного корня с высотой лесных культур ЗКС, созданных с обработкой и без обработки почвы по годам роста

Способ создания культур влияет на рост главного корня следующим образом. В первый год его длина у посевных культур была на 58% меньше длины корней культур из семян с открытой корневой системой, во второй год разница составляет 42%, на третий год – 28%, на четвертый год – 46%. Таким образом, на длину главного корня в первые годы роста существенное влияние оказывают способ создания культур, подготовленность почвы и вид посадочного материала.

Величина годичного прироста по длине главного корня изменяется равномерно у лесных культур, созданных сеянцами по обработанной почве. Корни культур из контейнеризированных семян

без обработки почвы имеют увеличенный прирост лишь на четвертый год.

Рост главного корня зависит как от качества обработки почвы, глубины залегания грунтовых вод, так и от гранулометрического состава почвы. Количество боковых корней первого порядка, по данным А. N. Burdett (1979) (цит. по: А.В. Жигунову [10]), зависит от ежегодно прирастающей длины главного корня.

Таким образом, основа корневой системы сосны закладывается в первые годы жизни. Увеличение числа боковых корней в большой степени влияет на успешность роста растений в высоту, особенно в первые годы после посадки. В этот период, пока число скелетных корней невелико, они выполняют в основном функцию всасывающих и обеспечивают водное и минеральное питание растения. Постоянная величина прироста боковых корней и их числа характерна для посевных культур. Максимальное число боковых корней к концу четвертого года наблюдается у культур, полученных из семян с открытой корневой системой. Культуры из семян с закрытой корневой системой изначально имеют лучше развитую систему тонких всасывающих корней по сравнению с сеянцами ОКС. Эти корни после пересадки остаются в торфяном коме в течение первых двух лет роста. Корневая система начинает активно осваивать окружающее пространство лишь на третий год. Именно в это время в вариантах с посадкой контейнеризированных семян количество боковых корней снижается, что, скорее всего, связано с уменьшением числа тонких всасывающих корней высших порядков, которые больше всего повреждаются при выкопке растений. В то же время увеличение числа корней во всех вариантах культур в течение третьего года жизни было самым маленьким, что, было связано с неблагоприятным водным и воздушным режимом вегетационного периода. В варианте культур из семян с открытой корневой системой наблюдается максимальный прирост в течение второго года роста. По-видимому, в течение первого года жизни у таких саженцев идет регенерация корневых окончаний, а в течение второго года жизни идет рост числа корней. Для культур из контейнеризированных семян не существует периода регенерации корневых систем, зато есть период адаптации саженцев к условиям роста в открытом грунте, поэтому для этих вариантов характерно постоянное нарастание числа корней в течение всего периода роста.

Неспособность сосны образовывать придаточные корни в области корневой шейки (в отличие от ели) может привести к «вываливанию» растений при неблагоприятных условиях роста корневых систем. Большое значение имеет процесс формирования боковых корней у посадочного материала с закрытой корневой системой. Их общее количество зависит от возраста культур и высоты растений и описывается регрессиями вида:

с обработкой почвы

$$N_6 = \exp(-6,76005 + 1,138649 \ln A + 1,581212 \ln H) \quad (5.21)$$

$$R^2 = 0,998; F = 5215,2 \text{ при } P < 0,05$$

без обработки почвы

$$N_6 = \exp(0,242429 + 0,684831 \ln A - 0,75323 \ln^2 A + 0,894308 \ln H) \quad (5.22)$$

$$R^2 = 0,944; F = 79,0 \text{ при } P < 0,05$$

Наглядно эти закономерности представлены на рисунке 5.19. Для успешного роста культур растениям необходимо регулярно наращивать объем корневых систем, и особенно мелких корней. Длина всех корней первого года роста редко достигает величины более 40–45 см, поскольку на этой глубине располагается глеевый горизонт. Для варианта с посевными культурами характерно регулярное нарастание корневой системы, хотя величина прироста на четвертый год была несколько снижена. Такая же картина наблюдается в варианте у культур сосны из семян с открытой корневой системой. Для вариантов с контейнеризированными сеянцами характерна большая стартовая величина длины корней, особенно тонких всасывающих корней последних порядков.

Для первого года роста максимальную длину корней имеют культуры из брикетированных семян, которые превышают на 53% показатели роста в варианте из семян ОКС. На второй год жизни наблюдался активный рост корневых систем в длину, и здесь наибольшую величину прироста имеют культуры с закрытой корневой системой по обработанной почве. В течение третьего года наблюдается небольшой рост длины корней для всех рассматриваемых вариантов культур. На четвертый год активно растут корни вариантов из семян с открытой корневой системой и брикетированных семян с условиях с обработкой почвы.

Взаимосвязь общей протяженности боковых корней с высотой контейнеризированных семян с обработкой и без обработки почвы представлена на рисунках 5.19 и 5.20.

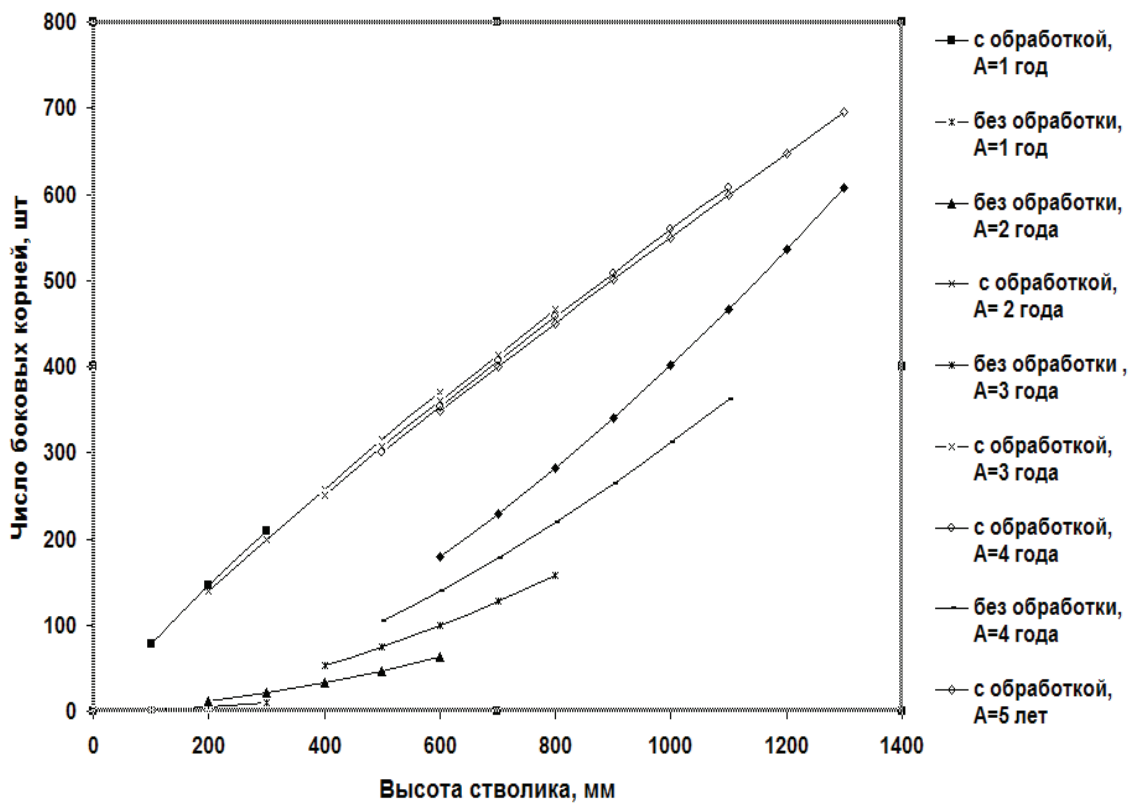


Рисунок 5.19. - Взаимосвязь числа боковых корней с высотой лесных культур с закрытой корневой системой в вариантах с обработкой и без обработки почвы в первые пять лет роста

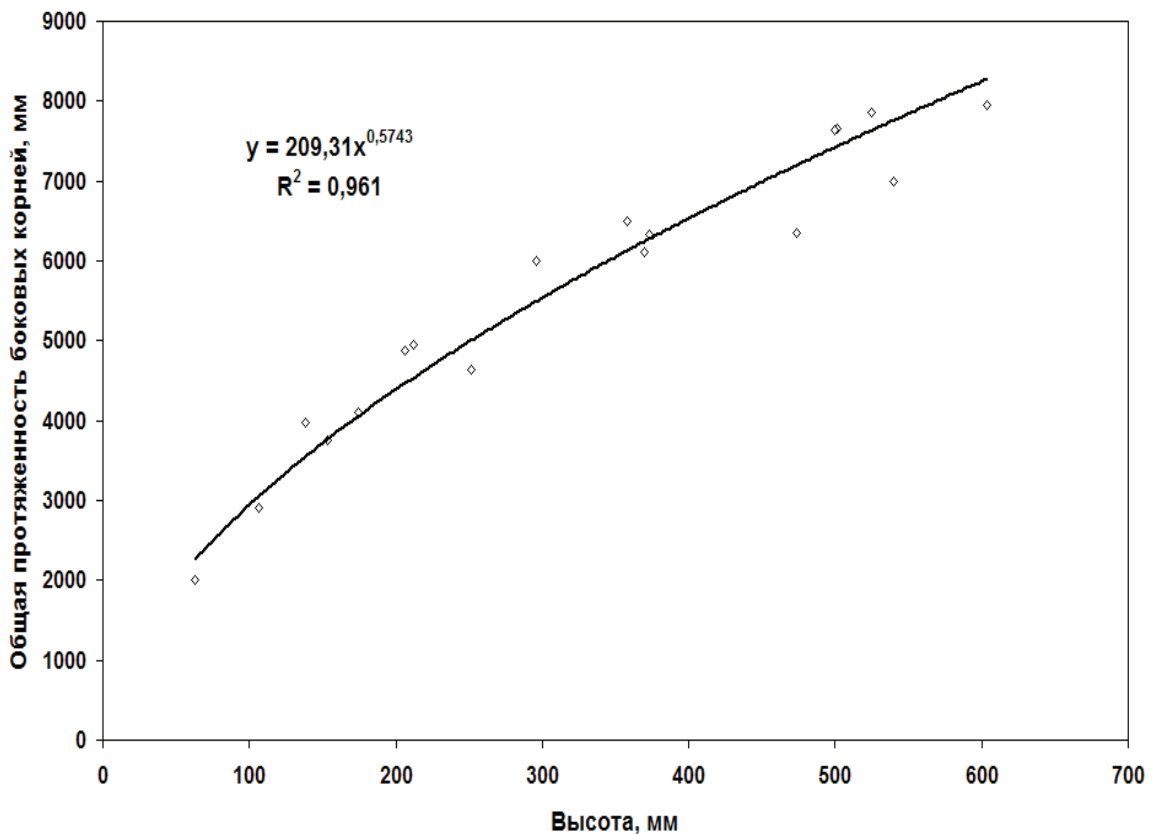


Рисунок 5.20. - Взаимосвязь общей протяженности боковых корней с высотой культур сосны ЗКС, созданных без обработки почвы

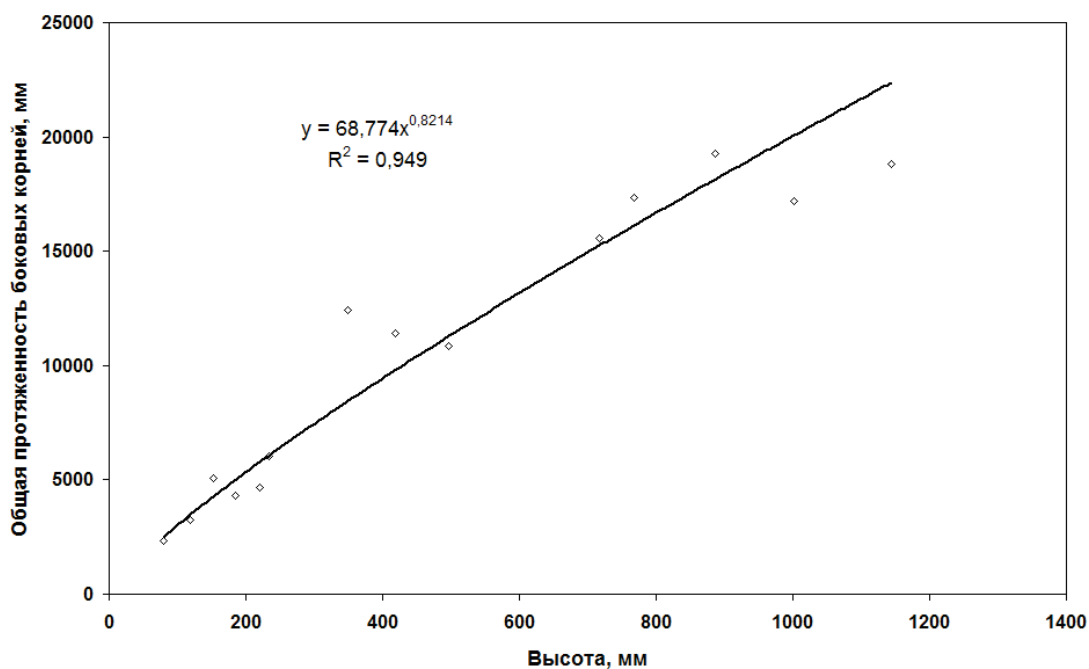


Рисунок 5.21. Рисунок 6.8 - Взаимосвязь общей протяженности боковых корней с высотой культур сосны ЗКС, созданных по обработанной почве

Оценивая показатели роста лесных культур сосны за пять лет, следует указать на то, что в большей степени на рост и развитие культур сосны оказывает наличие обработки почвы, нежели вид посадочного материала. Достоверность статистических различий в вариантах с обработкой и без обработки почвы доказана для всех показателей роста и развития растений. Достоверность различий между культурами, созданными из семян с открытой и закрытой корневой системами с обработкой почвы, появляется во второй год роста и исчезает на пятый.

Полученные теоретические модели формирования наземной части и роста корневых систем на стадии индивидуального роста культур позволяют сделать однозначный вывод о необходимости проведения предпосадочной подготовки почвы при лесовосстановлении на относительно богатых типах вырубок.

5.4.3. Возрастная динамика продуктивности культур сосны

В такой же степени, как биометрические показатели, весовые показатели отражают успешность роста культур. Для нормального роста и развития растениям необходим мощный ассимиляционный аппарат, где идет синтез органического вещества на построение новых органов. В этой связи большое значение имеет масса ассимиляционного аппарата, особенно в течение первых лет жизни культур. В разных вариантах создания лесных культур масса хвои нарастала по-разному. Самые небольшие значения массы хвои имели посевные культуры, их масса составляет в первый и второй годы роста

11%, в третий 13%, в четвертый год 15% от массы хвои культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой.

В течение всех лет роста максимальная масса хвои наблюдается у культур, созданных брикетированными сеянцами сосны по обработанной почве. В конце первого года их масса составляет 107% от массы хвои культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой по обработанной почве и 210% от массы культур из брикетированных сеянцев. На второй год масса хвои у культур, полученных из брикетированных сеянцев по обработанной почве составила 137%, а культур без обработки почвы 19% от массы хвои на контроле (сеянцы с открытой корневой системой). На третий год они имеют массу хвои почти в 2 раза больше, чем у культур контрольного варианта. Масса хвои культур из брикетированных сеянцев без обработки почвы составила 14% от контроля. На четвертый год роста опять преобладали по массе хвои культуры из брикетированных сеянцев с обработкой почвы (204% от контроля), а фитомасса хвои культур без обработки почвы составляла только 27%.

Обработка почвы оказывает большое влияние на рост хвои. Так, масса хвои культур из брикетированных сеянцев без обработки почвы составляет на первый год роста 48% от массы культур с обработкой, на второй год – 14%, на третий – 8% и на четвертый – 13%.

Для всех вариантов характерен значительный прирост по массе хвои на четвертый год, что может быть объяснено полной адаптацией растений к новым условиям роста, а также благоприятными условиями сезона.

Накопление массы стволиков показывает, насколько успешно идет рост растения в высоту и по диаметру. Стволик выполняет проводящую и запасающую функции, что весьма важно для развития растения. В первый год после начала роста преобладает масса стволиков сосны из брикетированных сеянцев по обработанной почве.

Масса стволиков посевных культур имеет меньшую величину и составляет только 5% от массы контрольного варианта. Культуры из брикетированных сеянцев имеют массу стволика на 19% больше контрольных, а культуры без обработки почвы на 34% меньше. Масса стволиков посевов на второй и третий годы роста составляет 12% от массы контрольного варианта, а на четвертый – около 5%.

На четвертый год происходит резкое увеличение массы стволиков во всех вариантах, особенно выраженное у культур по обработанной почве, среднее значение массы составляет 125 гр. На третий год этот вариант превышает по массе культуры контрольного варианта примерно в 2 раза, на четвертый год – уже более чем в 3 раза. Масса стволиков у культур из брикетированного посадочного материала без

обработки почвы несколько больше массы посевов и составляет 8–50% от массы стволиков контрольного варианта.

При рассмотрении вопроса о влиянии обработки почвы на массу стволиков становится очевидным, что оно существенно выше влияния вида посадочного материала. Так, масса стволиков культур из брикетированных семян без обработки почвы составляет на первый год около 56% от массы стволиков культур с обработкой почвы, на второй год – около 28%, на третий год – 13% и на четвертый – 11%. С возрастом наблюдается уменьшение относительной массы стволика при общем накоплении его древесной массы. Накопление биомассы стволиков имеет сходные закономерности в различных вариантах, что указывает на большее влияние биологии древесной породы, нежели способа обработки почвы и вида посадочного материала. Наибольший прирост биомассы у саженцев всех вариантов наблюдался на четвертый год роста.

Накопление биомассы корней в разных вариантах имеет одну общую закономерность, отличаясь лишь по абсолютным значениям. Так, для всех лет роста характерно преобладание массы корней культур, созданных из семян с закрытой корневой системой по обработанной почве. Масса корней посевных культур существенно отличается от массы корней культур контрольного варианта. Так, в первый год роста культур она составила 10% от массы корней культур из семян с открытой корневой системой, во второй год – 13%, в третий – 15%, в четвертый год – 6%. Наблюдается увеличение разрыва между корневой массой культур, созданных посевом семян и способом посадки. Культуры из брикетированных семян по обработанной почве имеют в первый год роста преимущество перед культурами контрольного варианта в среднем на 3%. Во второй год они уже превышают контроль на 4%, в третий год – на 16%, а в четвертый год их масса в 2,6 раза больше массы корней культур из семян с открытой корневой системой.

Сравнение роста корней брикетированных культур, созданных по обработанной и не обработанной почве указывает на существенное различие между этими вариантами. Так, в первый год роста культур масса корней культур по обработанной почве превышает массу корней культур без обработки почвы на 36%, во второй год на 60%, в третий и четвертый годы на 82 и 85% соответственно.

Разницы в темпах накопления биомассы корней между разными вариантами практически нет, она начинает проявляться на второй и третий и более существенно – на четвертый год роста. Относительное накопление корневой массы имеет общую закономерность для разных вариантов культур, однако существенные различия характерны лишь для абсолютных значений биомассы по вариантам.

Общая масса посевных культур имеет самые маленькие показатели, и это понятно, т. к. их биологический возраст меньше возраста всех остальных вариантов.

Таким образом, в первые четыре года роста культур подготовка почвы и метод создания культур имеют решающее значение для формирования общей массы растения. Формирование прироста биомассы идет неравномерно по годам роста, причем во всех вариантах происходит его постоянное увеличение с возрастом культур. На закономерности формирования массы оказывает влияние возраст культур, а на его абсолютную величину – метод их создания и способ обработки почвы.

Следует отметить, что доля участия хвои, стволиков и корней в общей массе растения различна в разных вариантах. Так, для культур посевами масса хвои составляла в течение всех четырех лет роста 70–80% от общей массы. Масса стволиков после первого года роста составляла 8%, но, начиная со второго года, ее величина возрастает до 19%. За этот же период масса корней уменьшается с 18,5 до 6%.

За этот же период относительная масса хвои культур контрольного варианта (сеянцев с открытой корневой системой) уменьшается с 66 до 55%. Масса стволиков увеличилась с 15 до 35% на четвертый год роста при уменьшении массы корней с 18 до 10%.

Примерно такие же закономерности наблюдаются в культурах из брикетированных сеянцев при обработке и без обработки почвы. Относительная масса стволиков от общей массы растений увеличивается с 20 до 40%, масса хвои уменьшается в среднем на 20% и настолько же примерно – масса корней.

5.4.4. Конкуренция лесных культур с травянистой растительностью на этапе раннего возраста

Формирование живого напочвенного покрова (ЖНП) на вырубках является одним из лимитирующих факторов роста и развития культур сосны в первые годы их жизни. Это проявляется как в снижении годичного прироста морфометрических признаков деревьев при конкуренции за свет и питание, так и в увеличении отпада при навале травы на сеянцы после схода снега, что вызывает неинфекционное выпревание культур, и механическом повреждении осевого побега последнего года или стволика растения. Особенно это проявляется на свежих минерализованных почвах, где идет быстрое расселение вейника лесного, кипрея узколистного (иван-чая), луговика извилистого. Соотношение долевого участия в проективном покрытии (ППП) этих видов с продолжительностью периода после обработки почвы изменяется. Полное (сто процентное) покрытие может наблюдаться уже на четвертый год после обработки почвы. Ослабление воздействия на рост культур напочвенного покрова достигается проведением агротехнических уходов или использованием крупномерного посадочного материала. В Карелии культуры создаются как посевом семян, так и посадкой сеянцев с использованием различного посадочного материала, что предопределило необходимость проведения исследований по оценке влияния живого напочвенного покрова на рост и сохранность культур сосны.

5.4.4.1 Моделирование конкурентных отношений культур сосны, созданных посевом с травянистой растительностью

Для решения поставленной задачи наряду с ежегодным измерением линейных показателей роста сеянцев, элементов корневой системы и ассимиляционного аппарата изучалась возрастная и сезонная динамика роста доминантных представителей травянистой растительности в течение первых 5 лет. Именно этот период в росте культур, созданных посевом, является самым критическим. Высота культур является основным показателем роста, который определяет их развитие. Средние показатели высоты увеличиваются к четвертому году до $22,5 \pm 0,22$ см, к пятому – до $58,3 \pm 0,31$ см (рис. 5.22).

Диаметр корневой шейки, как и высота сеянцев, характеризует успешность роста культур на стадии приживаемости и индивидуального роста культур (рис. 5.23). Хорошо одревесневший ствол лучше противостоит навалу травы. В конце первого года роста минимальная толщина корневой шейки стволика составляет 0,6 мм, максимальная – 2,6 мм при среднем значении $1,4 \pm 0,1$ мм.

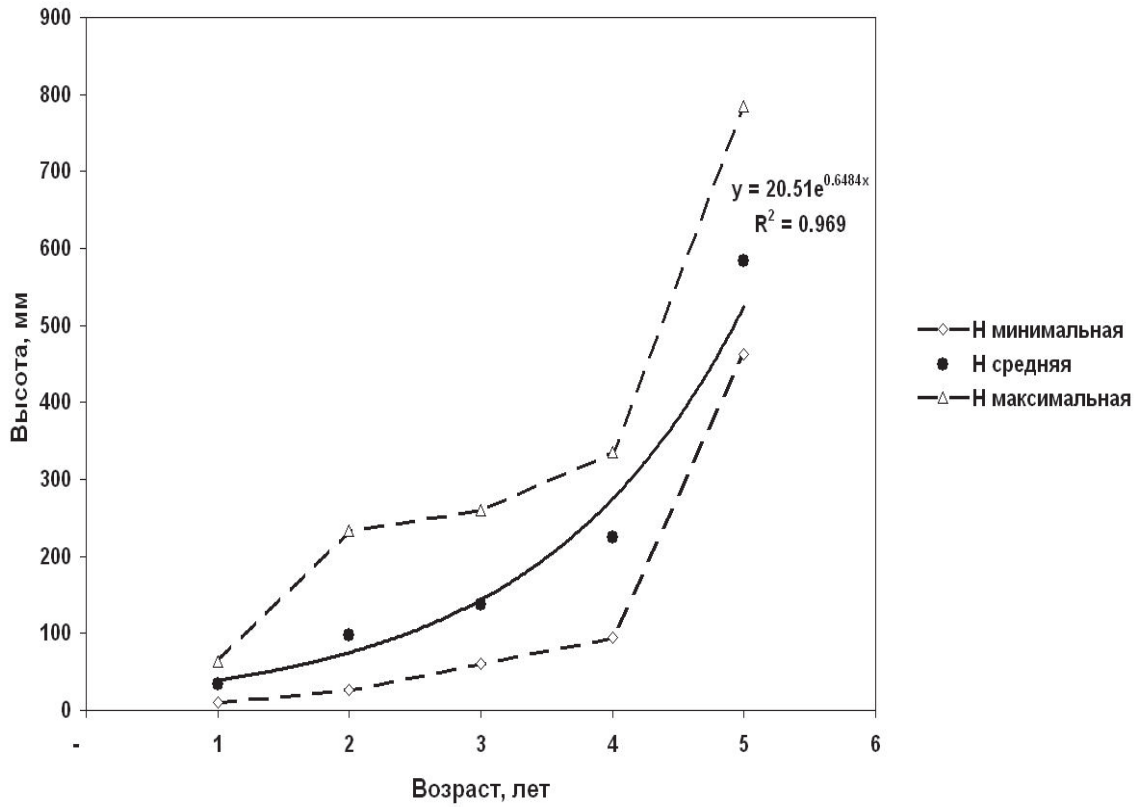


Рисунок 5.22. Изменение максимальной, минимальной и средней высот лесных культур сосны, созданных посевом

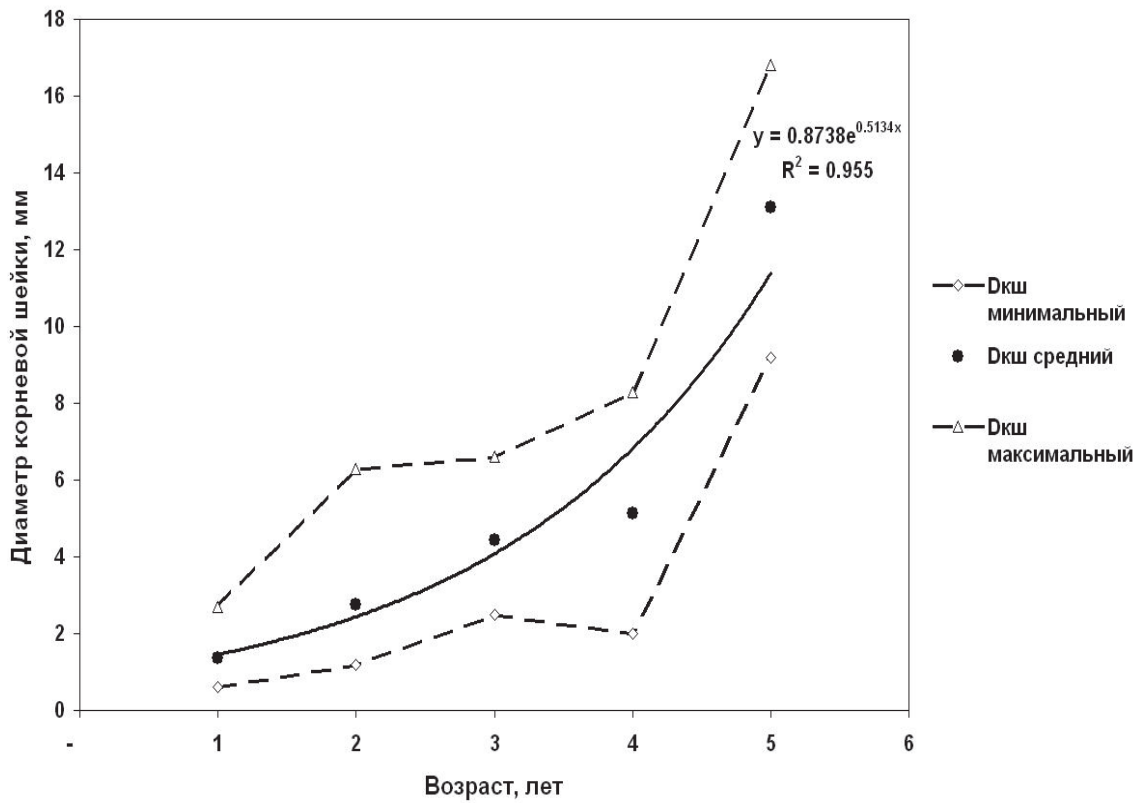


Рисунок 5.23. - Изменение максимального, минимального и среднего диаметров лесных культур сосны, созданных посевом

Размах варьирования культур по высоте и диаметру проявляется уже на стадии всходов и увеличивается с возрастом. Наглядно это проявляется во взаимосвязях минимальной и максимальной высот со средними значениями (рис. 5.24 и 5.25).

Наибольший интерес для исследователей представляет изучение максимальных высот и диаметров, поскольку будущие культуры формируются в основном из сеянцев-лидеров, имеющих наибольший прирост.

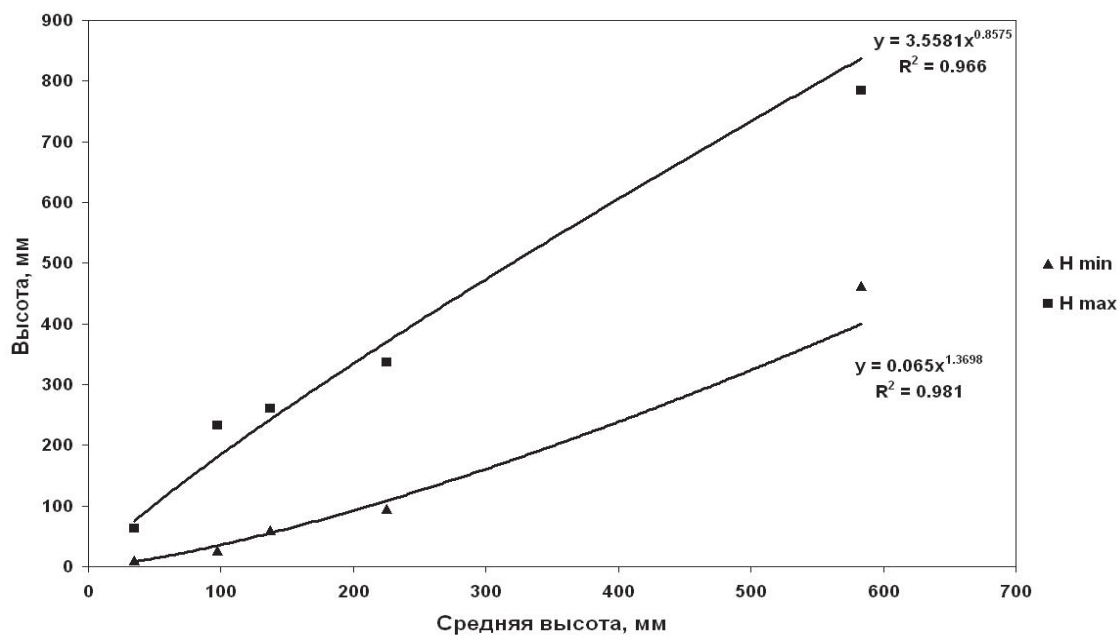


Рисунок 5.24. - Взаимосвязь минимальной и максимальной высот культур сосны со средней высотой растений

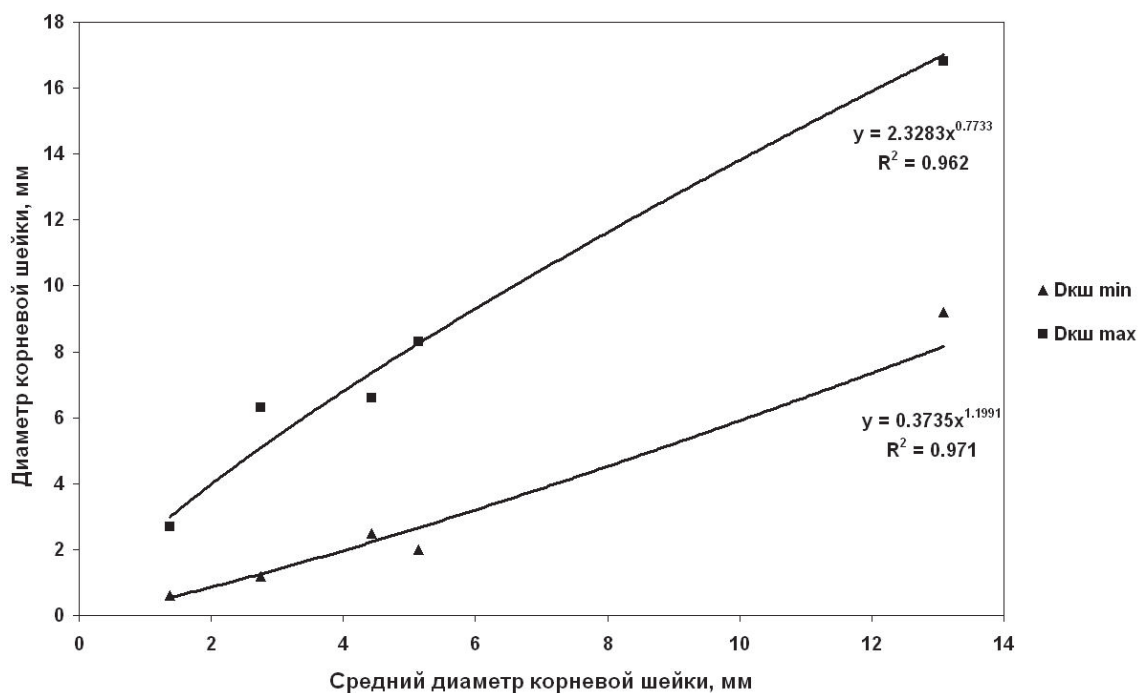


Рисунок 5.25. - Взаимосвязь минимального и максимального диаметров культур сосны со средним диаметром растений

Рассмотрение отдельных элементов травостоя и культур не дает цельного представления о конкурентных отношениях между ними. Целостную картину фитоценотической конкуренции по годам после обработки почвы можно представить при комплексном представлении выявленных взаимосвязей (рис. 5.26). Даже самые крупные экземпляры культур в 4-летнем возрасте не в состоянии превысить высоту доминирующих в травостое вейника и кипрея. Изображенные закономерности изменения с возрастом всех параметров, составляющих фитоценоз представителей, позволяют предвидеть последствия конкурентных отношений не в пользу культур, создаваемых посевом. Так, продолжительное превышение высоты травостоя над стволиками сосны при быстром (в течение 3–4 лет) увеличении проективного покрытия создает неблагоприятные условия как в зимний период, так и в период вегетации растений.

Зимой, в условиях попадания культур под сухой травостой при навале снега, возможны существенные механические повреждения, как прироста последнего года, так и самого стволика растений. В летний период конкурентные отношения со стороны травостоя усиливаются, ограничивая освещенность и возможности водно-минерального питания сеянцев.

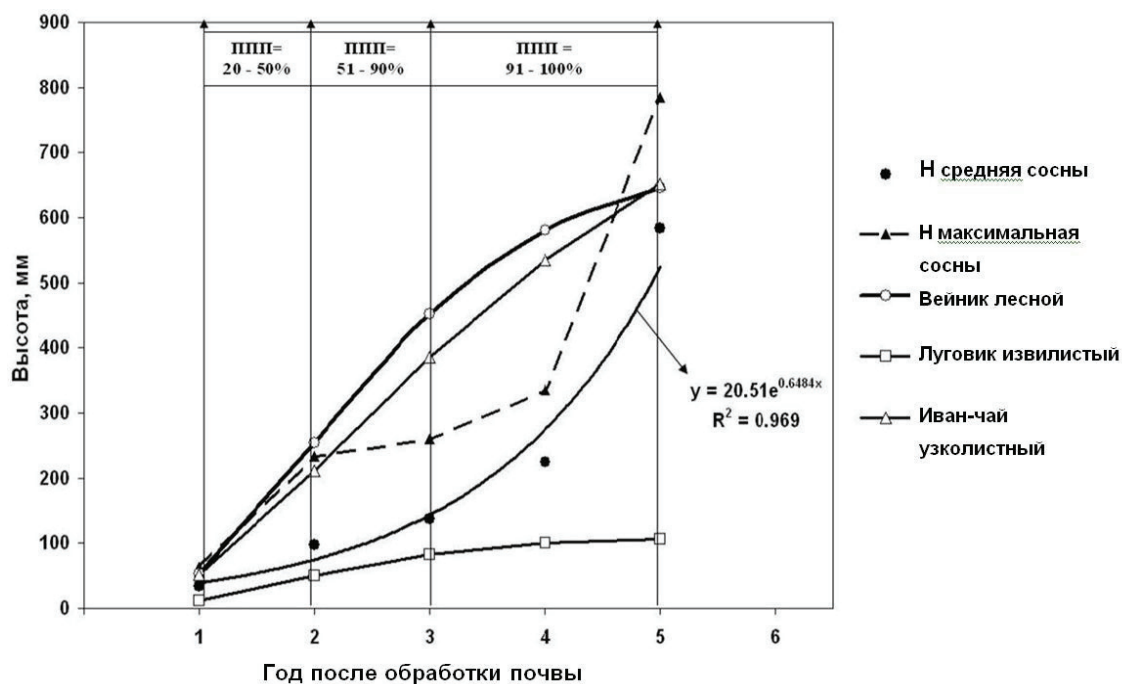


Рисунок 5.26. - Изменение высоты культур сосны, представителей напочвенного покрова, процента проективного покрытия по годам на конец периода вегетации растений

Итак, вскрытые закономерности в формировании культур, создаваемых посевом, указывают на нецелесообразность использования данного способа в условиях интенсивно растущей травянистой растительности.

Для исследования темпов роста культур сосны, созданных посевом, все количество растений по годам роста было распределено по высоте (рис. 5.27 – 5.28). В конце первого сезона вегетации распределение числа растений по высотам носило характер кривой нормального распределения с очень малой левосторонней асимметрией. На второй год роста кривая имела явно выраженную левостороннюю асимметрию, которая к концу четвертого сезона роста культур смещалась вправо.

Таблица 5.10. - Статистические показатели наземной части лесных культур сосны по годам после посева

Статистический показатель	Высота стволика, мм	Число хвоинок, шт.	Длина хвоинок, мм	Ширина хвоинок, мм
Первый год				
Среднее	34,7	60	43,2	1,1
Ошибка средней	1,0	2,5	1,8	0,01
Стандартное откл.	10,4	24,9	18,8	0,2
Минимум	10,0	14,0	10,0	0,8
Максимум	63,0	144,0	85,0	1,9
Точность, %	2,9	4,1	4,3	2,0
Второй год				
Среднее	97,1	139	51,9	1,2
Ошибка средней	5,1	10,5	1,4	0,01
Стандартное откл.	51,4	105,6	14,9	0,3
Минимум	26,0	15,0	20,0	0,8
Максимум	233,0	542,0	89,0	2,1
Точность, %	5,2	7,6	2,8	2,5
Третий год				
Среднее	137,3	256	60,5	1,2
Ошибка средней	4,0	10,0	1,3	0,03
Стандартное откл.	40,2	100,6	13,6	0,3
Минимум	60,0	77,0	34,0	0,8
Максимум	260,0	673,0	89,0	2,4
Точность, %	2,9	3,9	2,2	2,4
Четвертый год				
Среднее	225,0	5	52,1	1,2
Ошибка средней	5,8	0,1	1,4	0,03
Стандартное откл.	57,1	1,3	13,8	0,2
Минимум	95,0	2,0	30,0	0,8
Максимум	336,0	8,3	92,0	2,0
Точность, %	2,5	2,6	2,6	1,9
Пятый год				
Среднее	583,3	13	43,3	1,3
Ошибка средней	24,4	0,5	3,0	0,08
Стандартное откл.	84,6	2,0	10,4	0,2
Минимум	463,0	9,2	31,0	1,0
Максимум	785,0	16,8	60,0	1,9
Точность, %	4,1	4,4	6,9	6,2

Точность определения средних значений в первый год роста по всем показателям наземной части культур сосны составила от 2,07 до 4,33 %, увеличиваясь до 4 – 7% на 5 год (табл. 5.11). Изменчивость признаков в первые годы составляла 30–50%, уменьшаясь к третьему году до средней (29%) и к пятому году составила 13–18 %.

Таблица 5.11. - Статистические показатели подземной части лесных культур сосны по годам после посева

Статистический показатель	Длина главного корня, мм	Число боковых корней, шт.	Общая протяженность боковых корней, мм	Диаметр корневой шейки, мм
Первый год				
Среднее	102,3	21	646,8	1,3
Ошибка средней	4,0	1,6	52,5	0,0
Стандартное откл.	40,7	16,8	528,2	0,4
Минимум	25,0	4,0	151,0	0,6
Максимум	226,0	111,0	2945,0	2,7
Точность, %	3,9	7,9	8,1	3,2
Второй год				
Среднее	126,3	34	1182,7	2,7
Ошибка средней	3,3	1,6	64,4	0,1
Стандартное откл.	33,1	16,8	644,5	1,2
Минимум	46,0	8,0	335,0	1,2
Максимум	206,0	86,0	2860,0	6,3
Точность, %	2,6	4,9	5,4	4,6
Третий год				
Среднее	179,1	120	3376,7	4,4
Ошибка средней	4,7	6,7	169,7	0,1
Стандартное откл.	47,5	66,9	1697,8	1,0
Минимум	91,0	21,0	700,0	2,5
Максимум	285,0	330,0	7820,0	6,6
Точность, %	2,6	5,5	5,0	2,4

При изучении роста подземной части культур сосны точность исследований в первый год составила 3,22 – 8,13 %, на второй год 2,62 – 5,45 %. Изменчивость признаков во все годы была высокой и составила от 30 до 60 % (табл. 5.12).

Таким образом, посевные культуры сосны растут неравномерно. В первый год появляющиеся всходы распределены по высоте в соответствии с нормальным распределением (рис. 5.27, 5.28), однако в течение второго года роста немногие из всходов имеют устойчивый рост в высоту. На третий год наблюдается увеличение числа относительно высоких растений, на четвертый год также стабильно возрастает число крупных сеянцев.

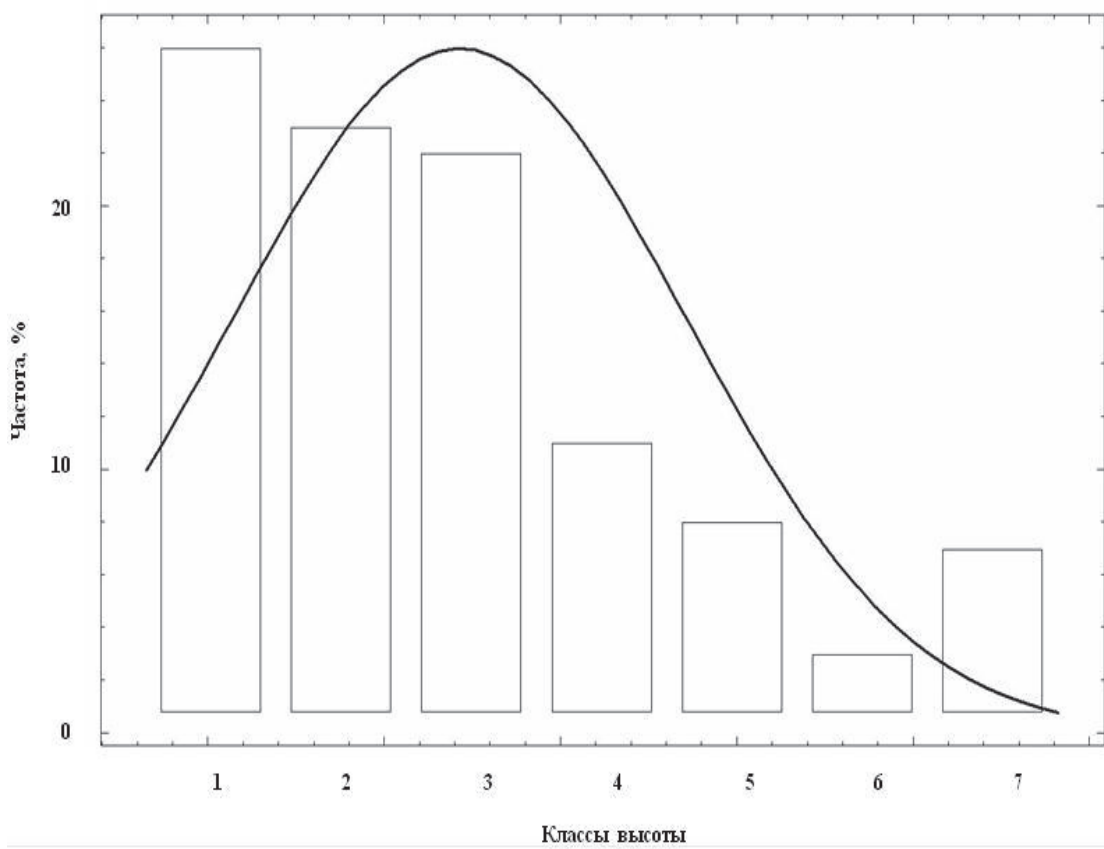
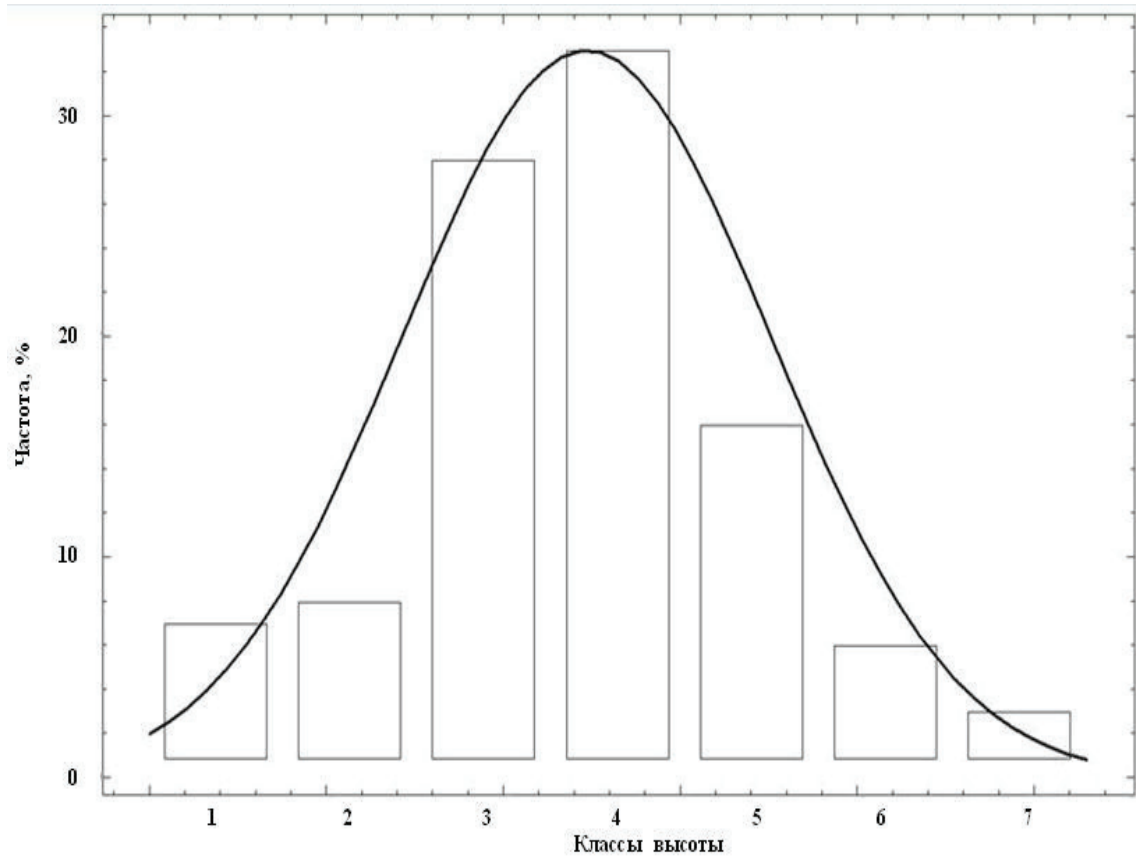


Рисунок 5.27. - Распределение общего числа сеянцев сосны по категориям высот в первый (вверху) и второй (внизу) годы после посева семян

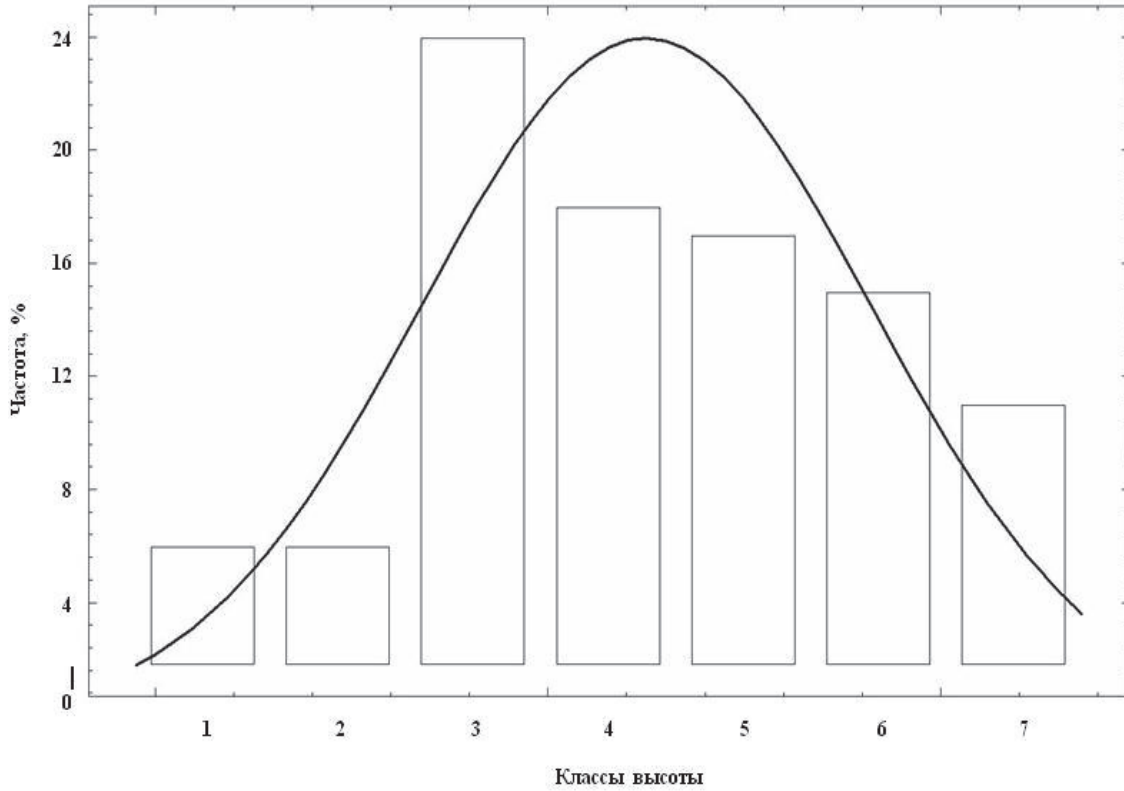
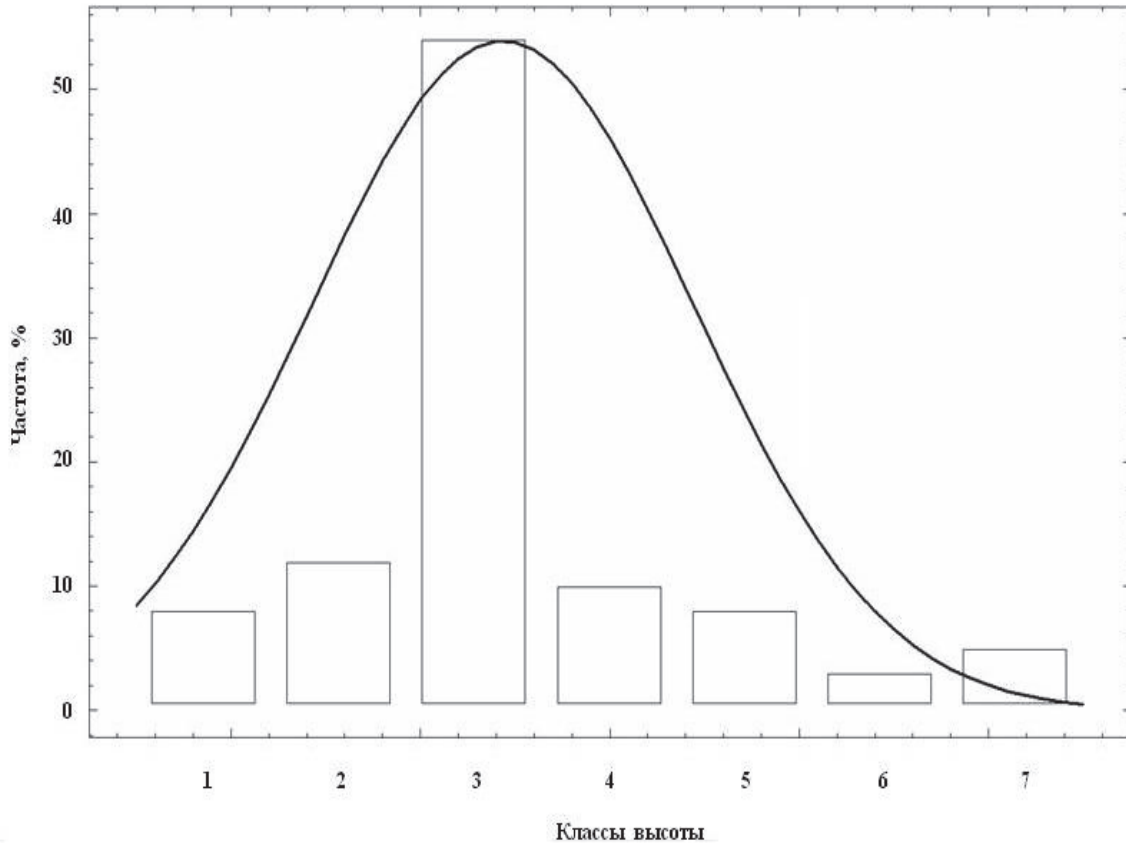


Рисунок 5.28. - Распределение общего числа сеянцев сосны по категориям высот в третий (вверху) и четвертый (внизу) годы после посева семян

Таким образом, кривая распределения числа растений по высоте позволяет судить об устойчивом начале роста сеянцев в высоту лишь с четвертого периода вегетации.

Такая же зависимость наблюдается при распределении числа растений по толщине корневой шейки. Исследовав распределение числа растений по годам роста в соответствии с длиной главного корня, в течение трех лет наблюдается увеличение количества сеянцев с крупным главным корнем к концу вегетации второго года, на третий год существенного изменения не происходит.

При изучении распределения числа сеянцев по числу боковых корней по годам наблюдается постепенное смещение явно выраженной левосторонней асимметрии вправо, что отражает увеличение этого показателя для все большего числа растений. Такая же закономерность наблюдается и при распределении числа растений по общей протяженности корней.

При анализе длины и ширины хвои по всем годам наблюдается устойчивое нормальное распределение числа растений. Только на четвертый год по этим показателям проявляется некоторая левосторонняя асимметрия, вероятно, связанная с изменением погодных условий. Эти признаки хвои в меньшей степени, чем количество и протяженность корней, высота и диаметр столлика, зависят от возраста сеянцев.

На основании оценки распределений морфометрических признаков сеянцев была статистически обоснована нецелесообразность создания культур посевом по черничным типам условий произрастания и по старым задернелым вырубкам.

5.4.5. Сохранность лесных культур, созданных посевом

Густота лесных культур показывает число растений главной породы на единице площади и является одним из показателей состояния культур, используемых для отчетности в практике лесного хозяйства. Кроме того, важным показателем является их приживаемость и сохранность.

Максимально высокую приживаемость по всем годам роста имели культуры, созданные посевом от 100% в первый и второй, до 91% – на пятый и шестой годы после посева. Связано это с тем, что на всех подготовленных площадках появились сеянцы (число семян – 20 штук на одно посевное место). Следует отметить, что только по тем площадкам где стояла вода в сырое время года наблюдался отпад растений, вследствие выжимания и вымокания сеянцев. Однако при определении сохранности культур считались посевные места, где имелись растения, но при этом не всегда учитывалось их число на

учетной площадке, что затрудняло определение фактической густоты культур на конкретный момент времени.

На сохранность культур влияет метод создания, вид посадочного материала и способ обработки почвы. Двухфакторный дисперсионный анализ данных не подтвердил влияния микроклимата на сохранность культур в восьмилетнем возрасте.

Целью проведенных исследований являлся анализ показателей роста культур, созданных посевом, в течение первых лет роста и оценка влияния на них доминант травянистой растительности. Несмотря на 100-процентную приживаемость растений (по числу площадок, где имелись всходы, относительно общего числа площадок), важно было рассмотреть динамику численности всходов на каждом посевном месте.

В течение 6 лет после посева семян на лесокультурную площадку проводился учет количества сеянцев по посевным местам. В одну площадку высевалось 20 штук семян 1-го класса качества. В первый год учета всхожесть сеянцев по площадкам составляла от 10 до 80%.

Большое варьирование приживаемости растений в первый год роста, связано с множеством экзо и эндогенных факторов, требующих глубокого анализа и осмысления. Поэтому оценка динамики сохранности сеянцев по шести годам учета после посева осуществлялась отдельно по шести классам сохранности растений в первый год учета: 70-80%, 65-70%, 55-65%, 40-50%, 25-35%, 10-20% (рис. 5.29 – 5.33).

Для принятых классов была получена возрастная динамика сохранности сеянцев. Для первого класса сохранности (70-80%) со второго по пятый год отпад сеянцев был массовым. Сохранность в среднем изменилась от 75 до 47% и к шестому году и составила 38% при минимальных значениях в выборках от 62 до 26%.

При числе всходов на площадке 11-13 шт. (класс сохранности растений 55-65%) сохранность в среднем снизилась от 82% в первый год учета до 44% в шестой год при минимальных значениях в выборках от 74 до 20%. Таким образом, число сохранившихся на шестой год растений составляет от 2 до 4 экземпляров.

Для класса сохранности в первый год 40-50% (при количестве растений на площадке 8-10 штук) этот показатель уже на второй год составила в среднем 32%, на третий – 26%, на пятый и шестой – 22 и 20% соответственно при минимальных значениях к шестому году около 10%, что соответствует наличию сеянцев не более 1-2 штук на посевное место.

Примерно такая же закономерность прослеживается для класса сохранности 25-35%, при котором средние значения по годам учета от

второго до шестого изменялись от 24 до 18% при минимальных значениях в выборках от 16 % до наличия пустых площадок.

Более негативная ситуация проявляется при пятом классе сохранности со значениями от 12 до 8%. Среднее число сохранившихся растений на площадке к шестому году составляет только 1–2 растения при наличии в выборках пустых площадок.

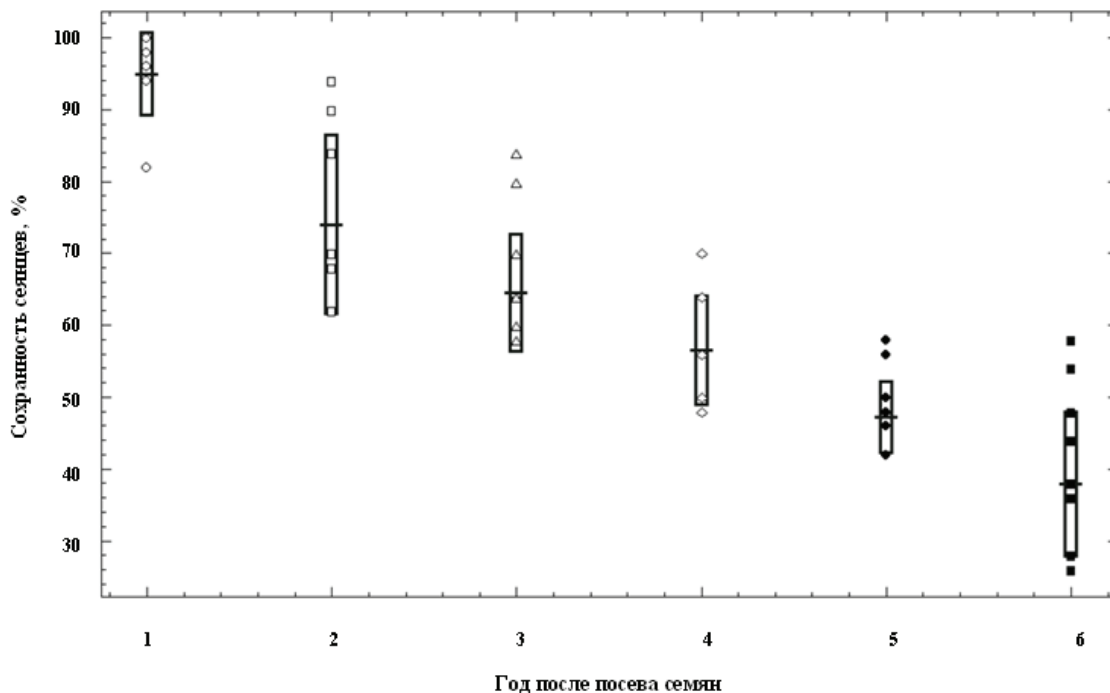


Рисунок 5.29. - Сохранность культур сосны по годам в посевном месте для первого класса приживаемости в первый год (70–80%)

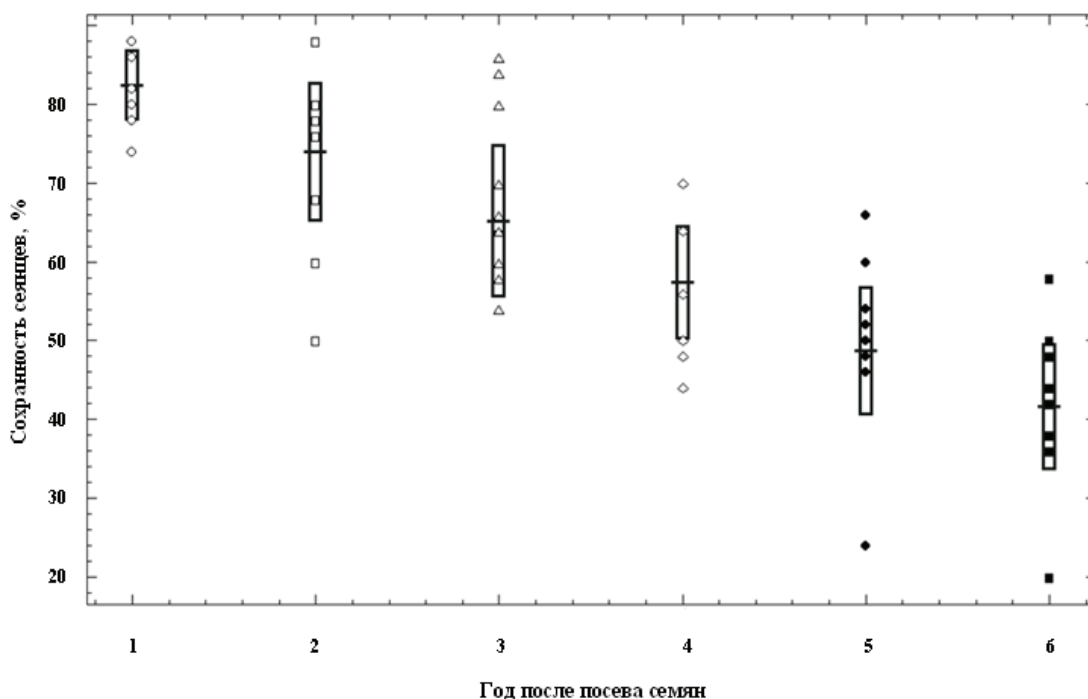


Рисунок 5.30. - Сохранность культур сосны по годам в посевном месте для второго класса приживаемости в первый год (55–65%)

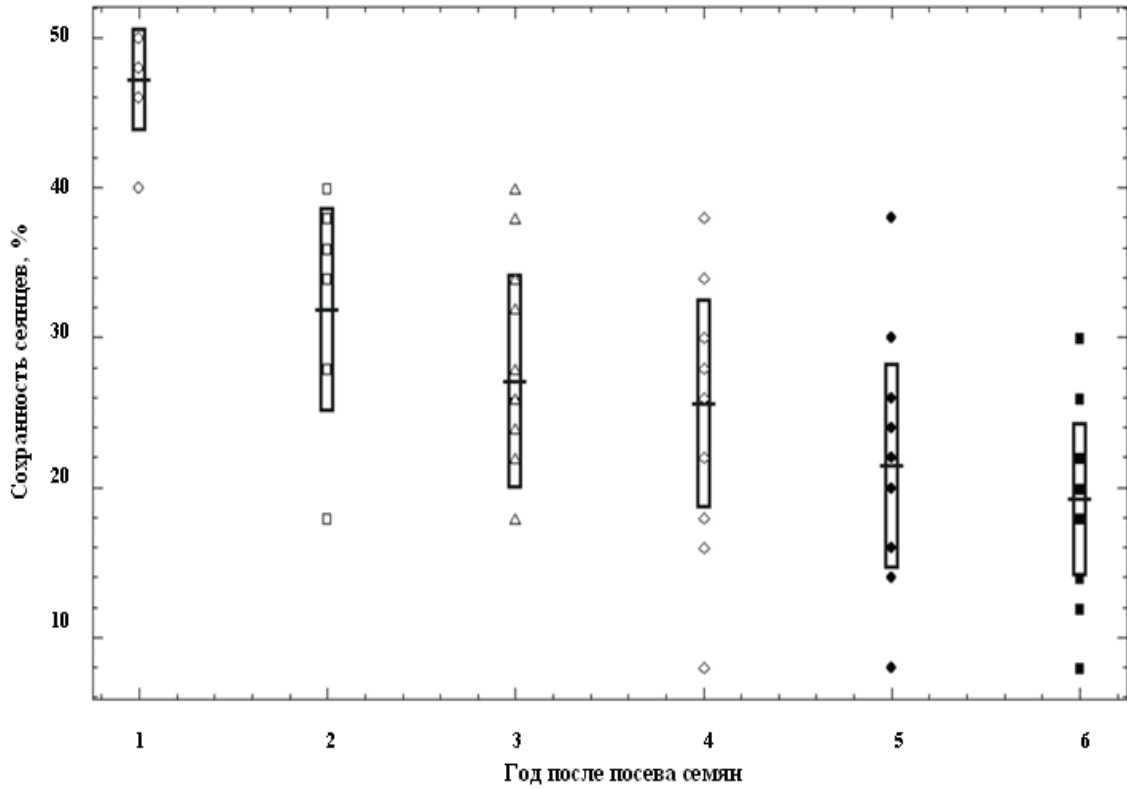


Рисунок 5.31. - Сохранность культур сосны по годам в посевном месте для третьего класса приживаемости в первый год (40–50%)

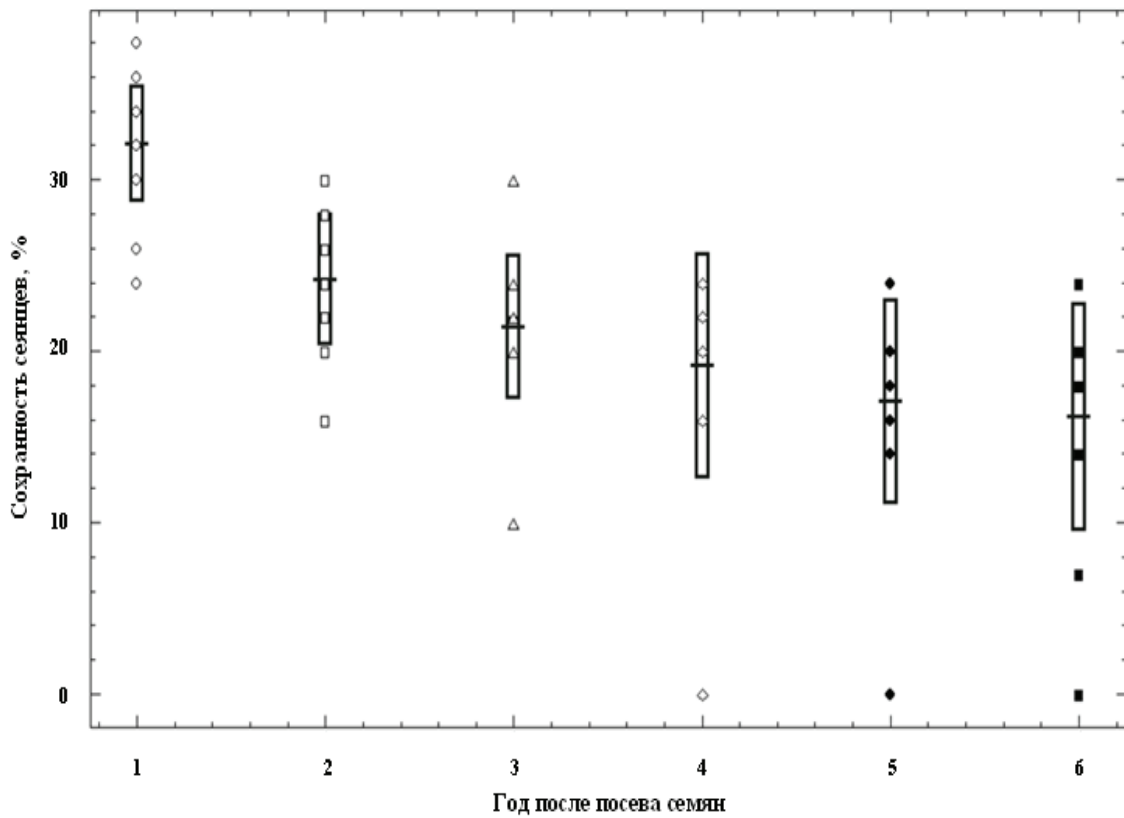


Рисунок 5.32. - Сохранность культур сосны по годам в посевном месте для четвертого класса приживаемости в первый год (25–35%)

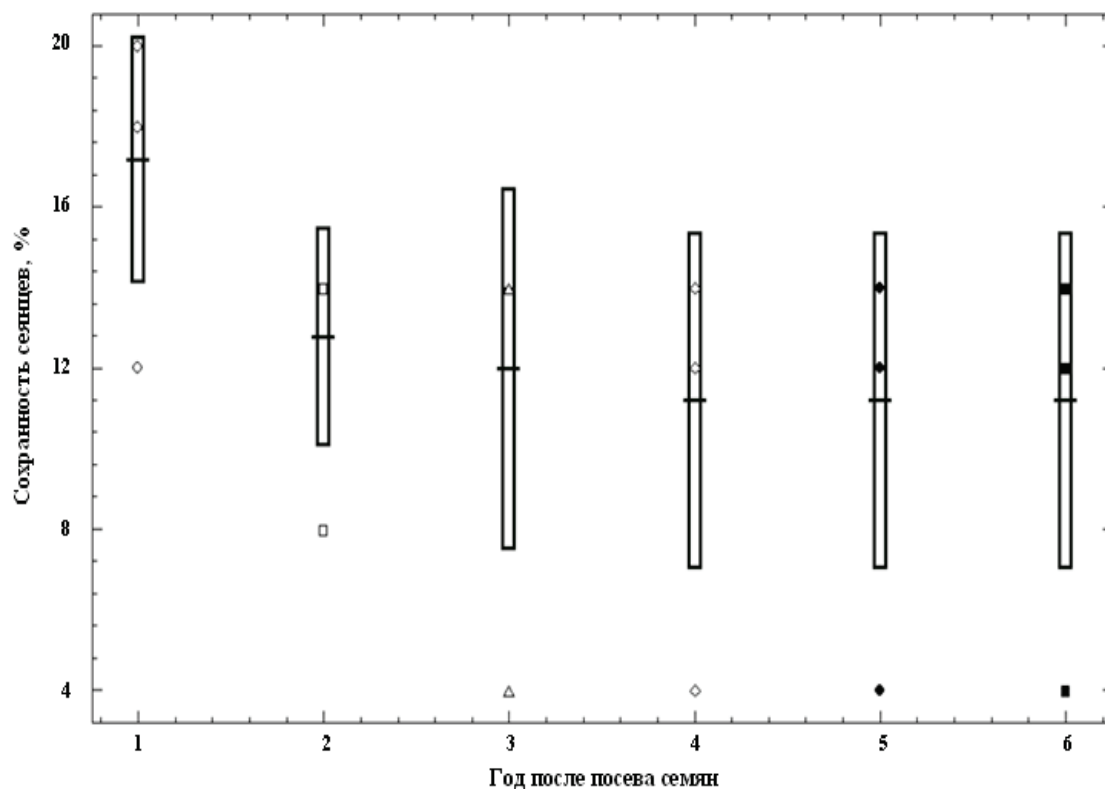


Рисунок 5.33. - Сохранность культур сосны по годам в посевном месте для пятого класса приживаемости в первый год (10–20%)

Таким образом, при большом количестве сохранившихся на первый год растений сосны в последующие годы их число закономерно уменьшаться, что связано в большей степени с внутривидовой конкуренцией. Критическим значением успешной сохранности растений следует считать третий-четвертый класс сохранности от 40 до 65%, что соответствует абсолютным значениям от 8 до 13 растений на площадку после первого года учета.

Учитывая высокую всхожесть семян, следует рекомендовать снижение нормы посева в одно посевное место, что позволяет избежать непроизводительного расхода семян. При большом количестве сеянцев в одном посевном месте требуется проведение дополнительного лесоводственного ухода в возрасте культур 5–6 лет, что наряду с проведением агротехнических уходов увеличивает трудозатраты на выращивание культур посевом.

5.4.6. Влияние травянистой растительности на рост и продуктивность культур сосны

Рост и развитие травянистой растительности на вырубках является самым негативным фактором в первые годы роста культур. Он сказывается как на снижении годичных приростов морфометрических признаков деревьев вследствие конкуренции за свет и питание, так и на увеличении отпада при навале травы на сеянцы после схода снега, что

вызывает неинфекционное выпревание культур, а также механическое повреждение осевого побега последнего года или даже стволика растения. Особенно это проявляется на свежих минерализованных почвах при формировании лесных культур в течение первых пяти лет, где в ходе сукцессионных процессов идет быстрое зарастание вырубок вейником лесным, иван-чаем узколистым, луговиком извилистым.

Ослабление воздействия травянистой растительности на лесные культуры достигается либо проведением агротехнических уходов, либо использованием крупномерного посадочного материала. В Карелии наряду с посевом семян проводится посадка сеянцев как с открытой, так и закрытой корневой системой, что предопределило необходимость оценке влияния травянистой растительности на рост культур сосны.

Соотношение долевого участия в общем проективном покрытии указанных видов трав изменяются как в течение вегетационного периода, так и по годам после подготовки почвы. В среднем общее проективное покрытие, которое формируется вейником лесным, луговиком извилистым и иван-чаем узколистым на третий год составляет 73 %, на четвертый - 85 %, на пятый - 96 %. Наибольшую долю участия в общем проективном покрытии вырубок составляют вейник лесной (35-42 %) и иван-чай узколистый (30-90 %), поэтому в основном они и влияют на рост культур сосны, созданных разными методами.

Так, в конце первого года вегетации после проведения обработки почвы, посева семян и посадки сеянцев сосны на вырубках эти виды травянистой растительности превышают по высоте только посевные культуры (табл. 5.13). По общей массе вейник лесной, луговик извилистый и иван-чай узколистый уступают по массе культурам сосны, созданным разными методами (табл. 5.14).

В конце второго периода вегетации они превышают по высоте как культуры сосны в посевах, так и культуры сосны, созданные посадочным материалом с открытой корневой системой. Высота культур сосны, созданных из сеянцев с закрытой корневой системой ($23,76 \pm 0,54$ см) несколько ниже, чем высота вегетативных побегов иван-чая узколистого ($23,85 \pm 0,60$ см).

Таблица 5.12. Средняя высота вегетативных побегов основных видов напочвенного покрова вырубок и стволиков культур сосны, созданных разными методами, в конце периода вегетации (см)

Период вегетации	Основные виды напочвенного покрова			Культуры сосны		
	вейник лесной	луговик извилистый	иван-чай узколистный	посев	посадка	
					сеянцы с открытой корневой системой	сеянцы с закрытой корневой системой
1	4,8±0,1	1,1±0,1	6,0±0,2	3,4±0,1	13,9±0,3	15,6±0,4
2	22,4±0,4	5,0±0,1	23,8±0,6	9,7±0,4	19,5±0,5	23,7±0,5
3	37,4±0,6	8,2±0,3	42,2±0,5	14,2±0,4	25,6±0,6	44,1±1,1
4	45,1±0,8	10,0±0,4	57,3±0,8	22,0±0,5	47,0±0,9	91,8±1,2
5	47,2±0,8	10,6±0,2	68,5±1,3	57,2±0,6	72,2±0,7	135,2±1,5

В конце третьего, особенно четвертого и пятого вегетационных периодов средние по высоте культуры сосны, созданные посадочным материалом с закрытой корневой системой, значительно превышают высоту вейника лесного и иван-чая-узколистного (рис. 5.34).

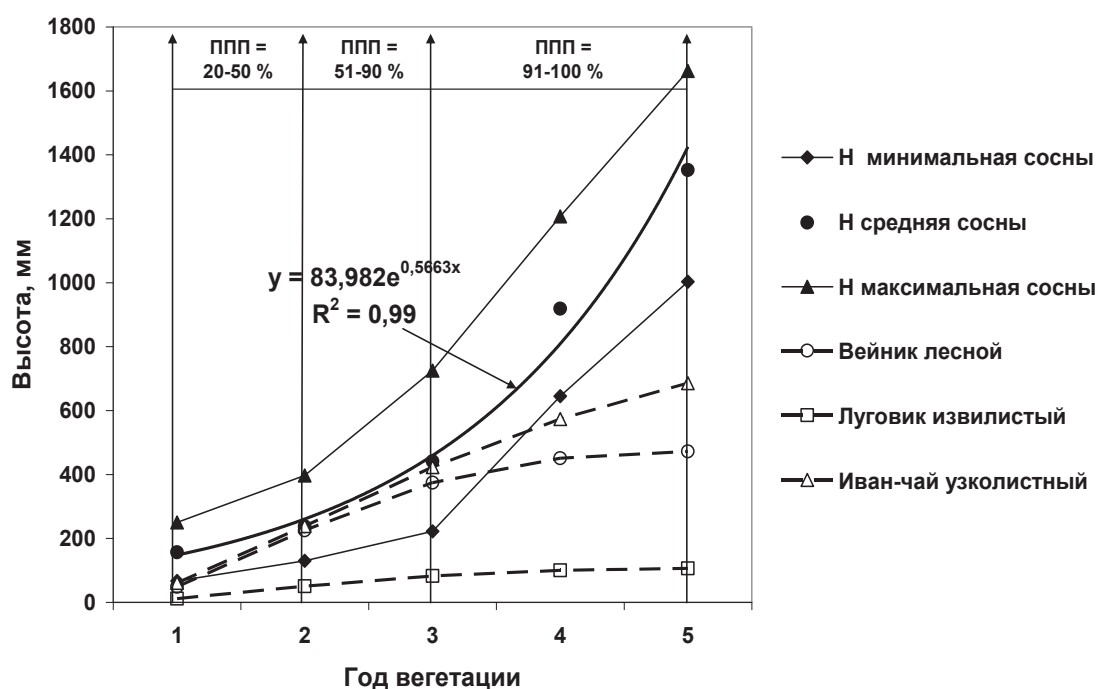


Рисунок 5.34. - Динамика высоты культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой, и основных видов живого напочвенного покрова при увеличении проективного покрытия травостоя после обработки почвы.

К концу четвертого года вегетации культуры сосны (64,5±0,5 см), которые отставали в росте, также выходят из-под полога травянистого покрова.

Значения общей массы культур сосны из сеянцев с закрытой корневой системой во второй, третий и четвертый год вегетации существенно выше массы вейника лесного, луговика извилистого и

иван-чая узколистного. У культур сосны общая масса в большей степени определяется массой надземных вегетативных органов.

У указанных видов трав масса подземных органов составляет значительную часть общей массы растений.

Таблица 5.13. Масса основных видов напочвенного покрова вырубок и культур сосны, созданных разными методами, по годам вегетации

Показатели	Масса основных видов напочвенного покрова вырубок, г/м ²			Масса культур сосны г/шт.		
				посев	посадка	
	вейник лесной	луговик извилистый	иван-чай узколистный			сеянцы с открытой корневой системой
1 год вегетации						
масса надземной части растений	0,03±0,001	0,02±0,0008	0,08±0,003	1,0±0,12	7,2±1,30	6,0±1,19
масса подземной части растений	0,03±0,001	0,01±0,0003	0,03±0,001	0,1±0,02	1,3±0,10	1,3±0,20
общая масса растений	0,06±0,001	0,02±0,0007	0,10±0,002	1,2±0,12	8,6±1,70	7,4±1,40
2 год вегетации						
масса надземной части растений	5,2±0,08	2,6±0,07	2,8±0,11	5,0±1,12	29,7±4,50	36,1±6,40
масса подземной части растений	3,850,06	4,4±0,14	0,8±0,02	0,7±0,11	2,8±0,60	3,2±0,50
общая масса растений	9,1±0,31	6,7±0,19	3,8±0,16	5,7±0,90	32,6±3,10	39,3±4,01
3 год вегетации						
масса надземной части растений	29,4±0,73	13,3±0,59	15,7±0,32	7,7±1,22	69,9±9,27	104,1±11,05
масса подземной части растений	24,3±0,66	32,4±0,84	6,1±0,18	1,1±0,12	6,8±1,14	9,6±0,81
общая масса растений	54,3±2,01	43,2±0,74	23,0±0,74	8,8±1,71	76,8±12,1	113,7±16,20
4 год вегетации						
масса надземной части растений	55,1±0,99	23,7±0,77	44,7±0,60	11,2±1,48	109,3±12,2	253,2±31,5
масса подземной части растений	58,6±1,01	61,1±1,48	24,0±0,52	2,7±0,44	11,7±1,91	30,1±2,42
общая масса растений	115,9±4,01	83,3±1,14	71,5±1,98	13,9±2,12	121,1±13,4	283,3±30,21

В этой связи хорошо развитая корневая система у вейника лесного и луговика извилистого широко разрастается, образует задернение почвы минерализованных полос и занимает большой процент общего проективного покрытия, тем самым, влияя на формирование и рост корневой системы культур сосны.

Культуры сосны, созданные посадочным материалом с открытой корневой системой ($47,07 \pm 0,97$ см) к концу четвертого года вегетации незначительно превышают средние по высоте вегетативные побеги вейника лесного ($45,10 \pm 0,82$ см) и существенно ниже побегов иван-чая узколистного ($57,33 \pm 0,84$ см). К концу пятого вегетационного периода культуры сосны, созданные таким посадочным материалом, превышают ($72,20 \pm 0,75$) по высоте растения вейника лесного ($47,22 \pm 0,89$ см) и иван-чая узколистного ($68,54 \pm 1,35$ см).

Максимальные по высоте культуры сосны в первый (23 см), четвертый (68 см) и пятый (88 см) год роста выше, чем эти два вида трав (рис. 5.35). К концу второго и в начале третьего периодов вегетации такие культуры заглушаются растениями иван-чая узколистного, превосходящие их по высоте.

Минимальные по высоте культуры сосны из семян с открытой корневой системой (54 см) в пятый год только выше вегетативных побегов вейника лесного ($47,22 \pm 0,89$ см).

Аналогичное влияние общей массы растений, массы надземной и подземной частей вейника лесного, луговика извилистого и иван-чая узколистного на показатели продуктивности у культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой, выявлено и для культур из семян с открытой корневой системой.

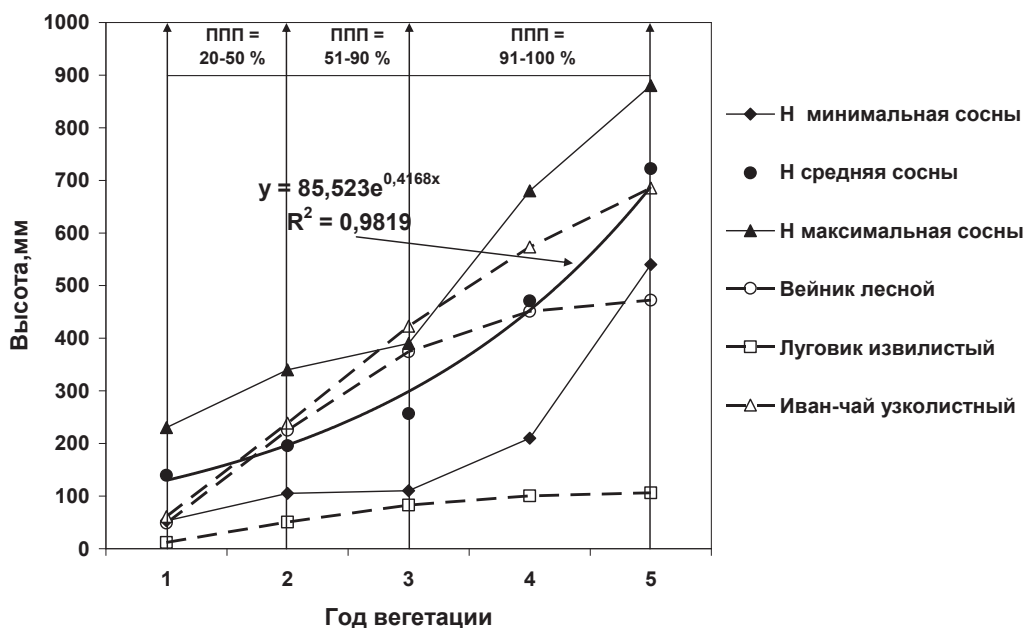


Рисунок 5.35. - Динамика высоты культур сосны, созданных сеянцами с открытой корневой системой, и основных видов живого напочвенного покрова при увеличении проективного покрытия травостоя после обработки почвы.

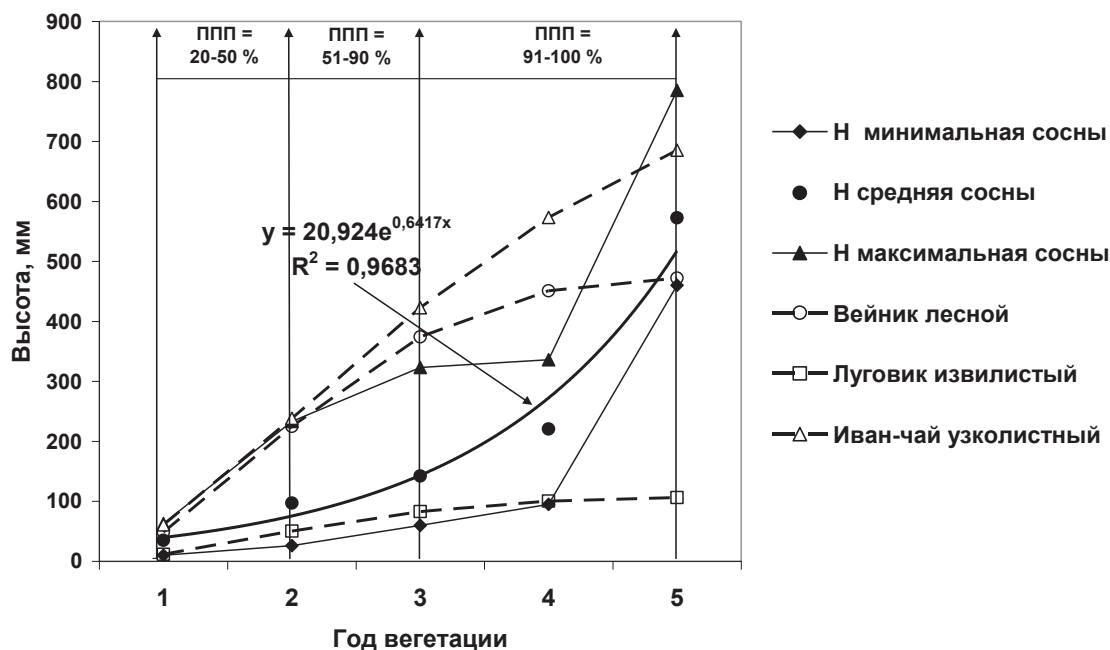


Рисунок 5.36. - Динамика высоты культур сосны в посевах и основных видов живого напочвенного покрова при увеличении проективного покрытия травостоя после обработки почвы.

Наибольшее негативное влияние вейник лесной и иван-чай узколистный оказывают на посевные культуры сосны (рис. 5.36). Лишь в пятый вегетационный период средние по высоте эти культуры ($57,27 \pm 0,64$ см) превышают вегетативные побеги вейника лесного ($47,22 \pm 0,89$ см), а максимальные по высоте стволы иван-чая узколистного ($68,54 \pm 1,35$ см).

Продолжительное превышение высоты травостоя над стволиками сосны при быстром (в течение трех–четырех лет) увеличении проективного покрытия создает неблагоприятные условия как в зимний период, так и в период вегетации растений.

Зимой, в условиях попадания культур под сухой травостой вейника лесного и иван-чая узколистного, имеющих большую массу надземных органов, при навале снега, возможны существенные механические повреждения прироста последнего года и самих стволыков сосны. В летний период конкурентные отношения со стороны травостоя усиливаются, ограничивая освещенность и водно-минеральное питание сеянцев. Это указывает на неэффективность использования метода создания культур сосны посевом в условиях интенсивно растущей травянистой растительности.

Таким образом, анализ роста и продуктивности культур сосны в течение первых пяти лет после посева семян и посадки сеянцев в конкурентных отношениях с травянистой растительностью на вейниково-луговиковых вырубках показал, что основное влияние оказывают высота вегетативных побегов, проективное покрытие иван-

чай узколистного и вейника лесного, а также воздействие на корневые системы культур биомассы подземных органов трав.

Наибольшее влияние на надземную часть культур сосны оказывает иван-чай узколистный, так как имеет более высокие вегетативные побеги, вызывающие интенсивное затенение со второго по пятый период вегетации, особенно в посевных культурах и в посадках из сеянцев с открытой корневой системой. У вейника лесного побеги по высоте ниже, однако масса подземных органов больше массы иван-чая узколистного, следовательно, она сильнее угнетает корневую систему культур.

Вегетативные побеги луговика извилистого по высоте не превышают культуры сосны, созданные разными методами, а также побеги вейника лесного и иван-чая узколистного. Этот вид оказывает влияние на подземные вегетативные органы культур, разрастаясь к концу третьего года вегетации быстрее, чем вейник лесной и иван-чай узколистный. Этот вид трав образует задернение почвы и оказывает существенную конкуренцию за влагу и минеральное питание.

Культуры сосны, созданные посадкой сеянцев, обладают большой конкурентоспособностью в отношении иван-чая узколистного, вейника лесной и луговика извилистого. Средние по высоте культуры, созданные посадочным материалом с закрытой корневой системой, уже в третий вегетационный период выходят из-под полога трав. Максимальные по высоте стволы в течение всех пяти лет роста вообще не испытывают существенного влияния трав.

Следовательно, культуры сосны, созданные сеянцами с закрытой корневой системой более устойчивы к прессингу трав, имеют хорошие показатели роста, что позволяет уменьшить возраст их перевода в покрытую лесом площадь.

В соответствии с ОСТ 56-99-93 «Культуры лесные. Оценка качества» для первого класса качества перевод культур сосны в сосняках черничных осуществляется в возрасте 8 лет при средней высоте 1,3 м и густоте 3,2 тыс. шт./га. Создание культур сосны контейнеризованным посадочным материалом позволяют уже в пятилетнем возрасте переводить их в покрытую лесом площадь. Однако при недостаточной густоте (2,7 тыс. шт./га) культуры будут соответствовать второму классу качества при высоте культур 1,0 м и густоте 1,9 тыс. шт./га.

Культуры сосны, созданные посадочным материалом с открытой корневой системой, испытывают более сильное влияние вейника лесного и иван-чая узколистного, чем культуры, созданные посадочным материалом с закрытой корневой системой. Средние по высоте культуры выходят из-под полога этих доминант травянистой растительности лишь в пятый год роста после посадки по минерализованным полосам. Лидирующие по высоте экземпляры

превышают вегетативные побеги вейника лесного и иван-чая узколистного в четвертый и пятый год вегетации.

В первые два года после посадки средние по высоте культуры сосны из семян с открытой корневой системой отстают в росте от культур из семян с закрытой корневой системой, в большей степени из-за повреждений корневой системы при транспортировке и последующей ее регенерации. В эти вегетационные периоды такие культуры испытывают небольшое воздействие вейника лесного и луговика извилистого, так как масса их подземной части больше массы культур. Следовательно, лучше развитая корневая система злаков способствует их быстрому разрастанию и образованию дернины, которая заглушает культуры. Низкие темпы прироста таких культур в этот период повлияли на замедленную динамику роста в дальнейшем. Однако при этом они характеризуются хорошей сохранностью. Следовательно, при соблюдении требований к посадке и транспортировке этот вид посадочного материала также следует рекомендовать для создания культур по обработанной супесчаной почве.

В настоящее время в Карелии стандартный посадочный материал (сеянцы с открытой корневой системой) в среднетаежной подзоне применяется на 70 % площади всех посадок сосны. Его высота определена ГОСТом и должна быть не менее 12 см. Посадочный материал в питомниках не всегда достигает стандартных размеров, и зачастую в хозяйствах высаживаются растения, не достигшие положенных размеров. Тем не менее, его применение также при соблюдении требований по транспортировке и посадке в южной Карелии позволяет получить положительный результат при лесовосстановлении. На опытных площадях приживаемость таких культур была не ниже приживаемости семян с закрытой корневой системой.

5.4.7. Формирование корневых систем культур сосны, созданных по обработанной и необработанной почве

Строение корневых систем рассматривалось на примере четырех вариантов шестилетних лесных культур, созданных посевом и сеянцами с открытой корневой системой по обработанной почве, брикетированными сеянцами по обработанной ПДН-1 почве и без обработки. Сопоставление строения корневых систем самосева и сосны в культурах, созданных сеянцами с закрытой корневой системой, показывает значительные различия между ними. В нашем случае при сравнении строения корневых систем посевных культур с культурами, созданных из семян с открытой корневой системой, с лесными культурами, созданными брикетированными сеянцами, также наблюдаются значительные различия. У посевных культур и культур

из сеянцев с открытой корневой системой боковые корни первого порядка, составляющие вместе со стержневым корнем основу всей системы, направлены в разные стороны и создают дереву надежную опору (рис. 5.37, 5.38).

Из-за того, что посев и посадка проводились в дно борозды, наблюдается недоразвитие главного корня и направленное к поверхности почвы искривление боковых корней первого порядка. У контейнеризированных сеянцев после посадки растений, корни первого порядка сначала продолжают рост в длину и по диаметру, но ниже изгиба, который обусловлен влиянием стенок контейнера, рост их замедляется и постепенно прекращается. Тем не менее, по мере роста в толщину изогнутых боковых и главного корней они постепенно срастаются между собой (рис. 5.39).

Хотя ряд авторов отрицает затрудненный выход корней за пределы корнезакрывающего кома в результате хемотропизма, в наших исследованиях, при использовании бумажных кассет для создания брикетов, когда оболочка кома не мешает росту корней, они также были деформированы. Таким образом, наличие «клубка» корней или образование «культи» – обычное явление в культурах, заложенных контейнеризированными сеянцами сосны, что также подтверждается другими исследователями.

Особенно это проявляется в лесных культурах, выращиваемых без обработки почвы (рис. 5.40). У сосны идет формирование новой, вторичной корневой системы. Но она, в отличие от ели, формируется из боковых корней второго и следующих порядков, появляющихся до и после посадки растений. Однако в отличие от первичной корневой системы горизонтальных боковых корней первого порядка, новообразования корневой системы имеет неестественное, асимметричное строение.

По мере вrastания основания корней в древесину главного корня ориентация некоторых «касательных» корней улучшается и их роль в обеспечении механической устойчивости дерева возрастает [17].



Рисунок 5.37. - Строение корневой системы лесных культур сосны, созданных посевом по полосам, обработанным покровосдирателем ПДН-1 (Гаврилова О.И., Юрьева А. Л., 2005)

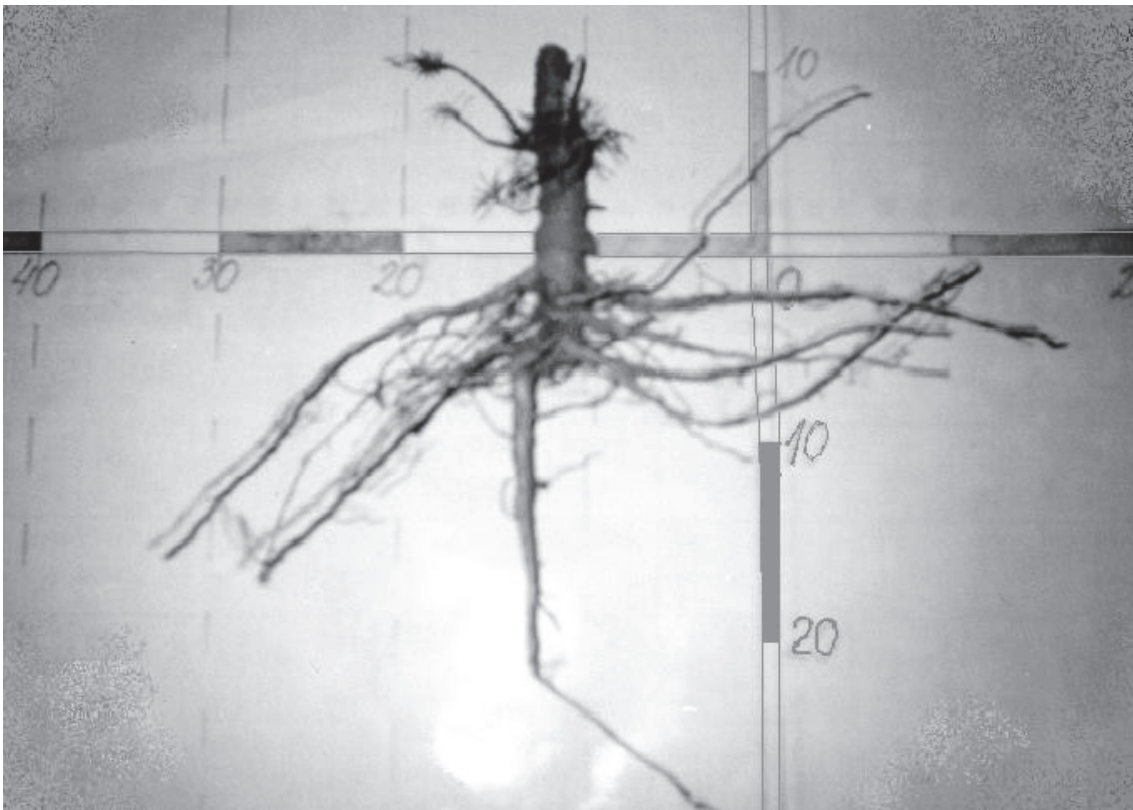


Рисунок 5.38. - Строение корневой системы шестилетних культур сосны, созданных сеянцами с открытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 (Гаврилова О. И., Юрьева А. Л., 2005)

Помимо боковых корней в устойчивости дерева велика роль стержневого корня. Его нормальное развитие зависит от условий выращивания посадочного материала (размещения контейнеров на специальных подставках, обеспечивающих наличие воздушной подушки под ними). А также от режима влажности почвы на лесокультурной площади.

Наиболее значимым условием развития у сосны главного корня является достаточная дренированность почв [10, 17]. Как известно, на рост и развитие главного корня и корневой системы в целом в значительной степени влияет подготовка почвы. Подтверждением тому является пример создания культур сеянцами с закрытой корневой системой с обработкой и без обработки почвы (Рис. 5.39, 5.40). В варианте без обработки почвы стержневой корень фактически отсутствует. Как видим он направлен под прямым углом в сторону, а вся система боковых корней развита хуже, чем в варианте с обработкой почвы. Подобная корневая система может развиться при подтоплении грунтовыми водами, увеличением плотности почвы или бедностью нижележащего почвенного горизонта.

Таким образом, в посевных культурах и посадках, созданные сеянцами с открытой корневой системой, растения имеют хорошо развитую систему боковых корней первого и последующего порядков. Главный корень у них развит недостаточно.

У культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой с обработкой почвы, у основания стволика формируется «клубок» из переплетенных и сросшихся между собой корней. В то же время в этом варианте хорошо формируется главный корень и развитая система боковых корней.

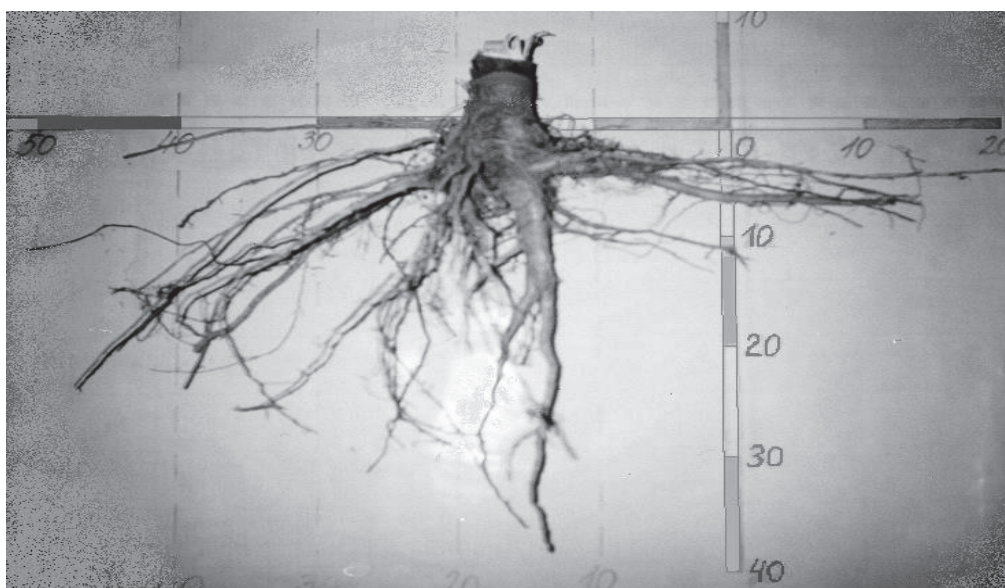


Рисунок 5.39. - Строение корневой системы шестилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 (Гаврилова О. И., Юрьева А. Л., 2005)



Рисунок 5.40. - Строение корневой системы шестилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой без обработки почвы (Гаврилова О. И., Юрьева А. Л., 2005)



Рисунок 5.41. - Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных посевом семян по обработанной ПДН-1 почве (фото Гавриловой О.И.)

Изложенное свидетельствует о том, что на развитие корневой системы в значительной степени влияет не только вид посадочного материала, но и обработка почвы, а также способ посадки.

При дальнейшем росте культур структура корней менялась незначительно. Корни посевных культур сосны 11 года роста были развиты достаточной степени, хорошее развитие имели как главный корень, так и боковые корни первых порядков (рис. 5.41).



Рисунок 5.42. - Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных сеянцами с открытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 (фото Гавриловой О.И.)



Рисунок 5.43. - Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 (фото Гавриловой О. И.)



Рисунок 5.44. - Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой без обработки почвы (фото Гавриловой О.И.)

Для культур, созданных посадкой сеянцев с открытой корневой системой, к 11 году роста также наблюдается удовлетворительное развитие вертикальных и горизонтальных структур (рис. 5.42).

Для корневых систем ПМЗКС на 11 год роста, явно выраженные корни с вертикальной направленностью наблюдались редко, хорошее развитие получили только боковые корни первых порядков. Сформировавшиеся в первые годы роста «культи» в ряде случаев так и не смогли в будущем дать начало росту главного корня (рис. 5.43).

Развитие корневых систем культур из сеянцев, высаженных по не обработанной почве, показало практически полное отсутствие главного корня (рис. 5.44).

Таким образом, был сделан вывод о необходимости проведения обязательной подготовки почвы при выращивании культур из ПМЗКС в черничных условиях местопрорастания.

5.5. Экономическая оценка создания культур сосны разными методами

Основная часть (80 %) лесного фонда территории Республики Карелия передана в аренду лесопользователям. Сотрудники «Кареллеспроект» разрабатывают для арендаторов «Проект освоения лесов», где после сплошных рубок на основании типа леса рекомендуют восстановление вырубок лесными культурами с указанием метода их создания и породы. Вид посадочного материала выбирают арендаторы в зависимости от собственных финансовых средств. Так, в 2009 г. лесные культуры были созданы на площади 5,4 тыс. га (арендаторами 4,7 тыс. га), в 2010 г. – 7,2 тыс. га (6,4 тыс. га), что составило 87–90 % от плана. Низкий уровень выполнения работ по лесовосстановлению объясняется тем, что по причине сложной экономической ситуации, отсутствия необходимых средств для закупки посадочного материала и лесных семян арендаторы не смогли своевременно организовать выполнение лесовосстановительных работ. В связи с этим актуальным является снижение себестоимости создания лесных культур.

Для экономической оценки посева и посадки сосны использованы калькуляции затрат на создание лесных культур на 1 га по Прионежскому центральному лесничеству за 2010 год.

1. Затраты на создание лесных культур посевом, составили 4701,17 руб.

На 1 га требуется 0,5 кг семян, стоимость 1 кг в 2010 г. составляла 10000 руб. Следовательно, стоимость 0,5 кг лесных семян – 5000 руб.

Затраты на посевные культуры составляют $4701,17 + 5000 = 9701,17$ руб.

Основные виды травянистой растительности (вейник лесной, луговик извилистый, иван-чай узколистный) начинают активно разрастаться со второго года вегетации, особенно в третий и четвертый год, и заглушать культуры сосны. В связи с этим необходимо проводить агротехнические уходы со второго года и в течение последующих трех лет, что соответствует «Рекомендациям по лесовосстановлению в Республики Карелия и Мурманской области» (2005). Стоимость одного агротехнического ухода на 1 га площади составляет 2251,49 руб. При проведении агротехнических уходов в течение четырех вегетационных периодов затраты составляют:

$$4 * 2251,49 = 9005,96 \text{ руб.}$$

Общие затраты на посевные культуры составляют:

$9701,17 + 9005,96 = 18707,13$ руб.

2. Затраты на создание культур сосны из сеянцев с открытой корневой системой, составили 7358,29 руб.

С учетом агротехнических уходов – $7358,29 + 9005,96 = 16364,25$ руб.

Стоимость одного сеянца в 2010 г. была 1,63 руб. При густоте посадки 3500 шт./га общая стоимость создания культур составила $1,63 * 3500 = 5705$ руб.

Общие затраты на посадку сеянцев с открытой корневой системой составили

$16364,25 + 5705 = 22069,25$ руб.

3. Затраты на создание культур сосны из сеянцев с закрытой корневой системой, составили 6960,72 руб.

С учетом агротехнических уходов затраты составили $6960,72 + 9005,96 = 15966,68$ руб.

Стоимость посадочного материала в 2010 г. была 4,83 руб. за сеянец. При густоте посадки 3000 шт./га общая стоимость составляет $4,83 * 3000 = 14490$ руб.

Общие затраты на посадку сеянцев с закрытой корневой системой составили

$15966,68 + 14490 = 30456,68$ руб.

4. Затраты на создание культур сосны из сеянцев с закрытой корневой системой без обработки почвы составили 6960,72 руб.

Стоимость посадочного материала в 2010 г. была 4,83 руб. за сеянец. При густоте посадки 3000 шт./га общая стоимость составила $4,83 * 3000 = 14490$ руб.

Общие затраты на посадку сеянцев с закрытой корневой системой без подготовки почвы составили

$6960,72 + 14490 = 21450,72$ руб.

Таким образом, на основании калькуляции затрат установлена высокая себестоимость (30456,68руб.) создания культур сосны сеянцами с закрытой корневой системой по подготовленной почве. Культуры, созданные этим методом, отличаются высокой приживаемостью и активным ростом, что позволяет им противостоять заглушению травянистой растительностью на вырубках уже к третьему году вегетации. Это позволяет отказаться от проведения агротехнических уходов и снизить себестоимость их создания до 21450,72 рублей с 1 га площади вырубки (табл. 5.15).

Культуры сосны, созданные сеянцами с открытой корневой системой, также показали хорошую приживаемость, сохранность растений и интенсивный рост в культурах в течение пяти лет вегетации.

Это позволяет сократить количество агротехнических уходов до 2 на второй и третий год вегетации, когда иван-чай узколистый и вейник лесной активно разрастаются и начинают заглушать культуры. В четвертый год вегетации культуры сосны, лидирующие по высоте, выходят из-под полога основных видов травянистой растительности, а в пятый год - большинство культур. При этом себестоимость создания культур сосны этим методом снижается с 22069,25 руб. до 17566,27 руб. на 1 га площади вырубки.

Таблица 5.14. Себестоимость создания культур сосны разными методами

Варианты опыта	Стоимость, руб. норма высева семян/густота сеянцев	Затраты на создание культур сосны, руб./га	Кол-во уходов по рекомендациям (2005) * стоимость руб./га	Общая стоимость создания культур, руб./га	По данным исследования стоимость создания культур, руб.	
					без уходов	с уходами
посев	$\frac{5000}{0,5 \text{ кг/га}}$	4701,17	4 * 2251,49	18707,13	9701,17	$\frac{4 * 2251,49}{18707,13}$
сеянцы с открытой корневой системой	$\frac{1,63}{3500 \text{ шт./га}}$	5705,00	4*x 2251,49	22069,25	13063,29	$\frac{2*2251,49}{17566,27}$
сеянцы с закрытой корневой системой	$\frac{4,83}{3000 \text{ шт./га}}$	6960,72	4 * 2251,49	30456,68	21450,72	—

По результатам выращивания культур сосны в посевах выявлено, что успешность их роста в условиях вейниково-луговых вырубок после сосняков черничных зависит от своевременных агротехнических уходов в течение первых четырех вегетационных периодов, что значительно повышает затраты на их создание.

Эти культуры испытывают угнетающее влияние травянистой растительности вырубок так как только максимальные по высоте экземпляры сеянцев выходят из-под полога трав лишь в пятый год вегетации. В настоящее время по данным ГУП РК «Леса Карелии» посев культур сосны на не арендованных землях не проводится. Однако арендаторы продолжают создавать культуры как посевом, так и посадкой. Для изменения сложившейся ситуации статистически доказана необходимость отказа от создания посевных культур в пользу посадки сеянцев в подготовленную для посадки почву.

5.6. Лесотипологические закономерности роста и продуктивности лесных культур хвойных пород

Лесные культуры сосны и ели произрастают в разных типах лесорастительных условий, формируя соответствующие типы леса. Переход от бонитетной основы к лесотипологической продиктован необходимостью формирования лесохозяйственного регламента на экологических принципах ведения лесного хозяйства и лесопользования. Поэтому важно знать структуру площадей лесного фонда республики Карелия. Так как в каждом типе леса проявляются свои особенности формирования всех компонентов насаждения, то в первую очередь следует выявить закономерности возрастной динамики роста и продуктивности как самих культур, так и оценить их устойчивость в конкурентных отношениях с естественным возобновлением вырубок мягколиственными породами, преимущественно берёзой и осиной.

Структура площадей лесного фонда Карелии по типам леса, занятым сосновыми и еловыми древостоями представлена на рисунках 5.45 и 5.46.

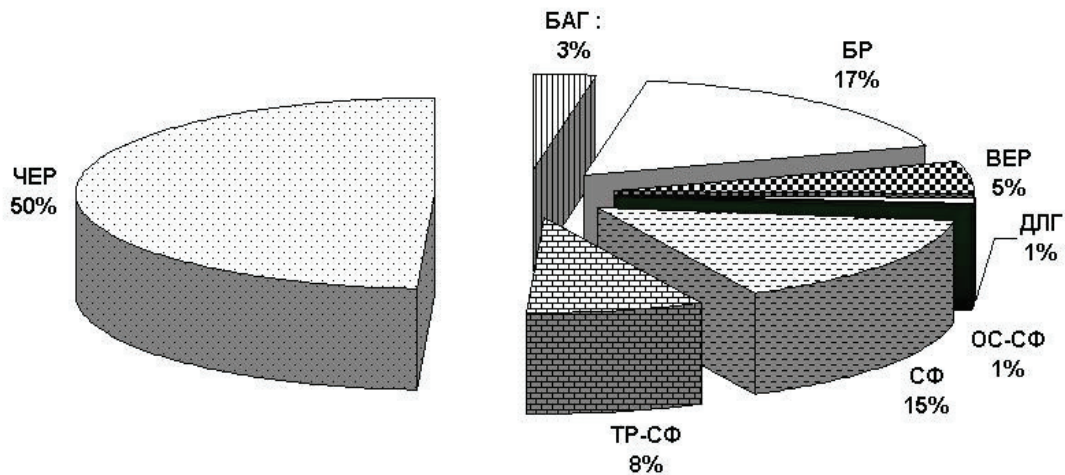


Рисунок 5.45. Структура площадей лесного фонда по типам леса с преобладанием сосновых древостоев

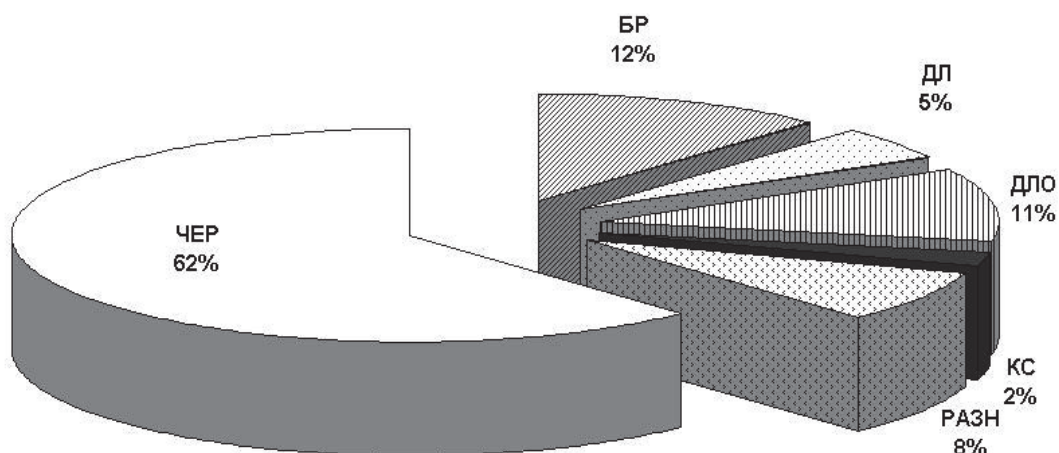


Рисунок 5.46. Структура площадей лесного фонда по типам леса с преобладанием сосновых древостоев

5.6.2. Возрастная динамика средней высоты, среднего диаметра и продуктивности культур ели по типам леса

Лесной фитоценоз представляет собой сложную систему взаимосвязей между растениями и средой, изучение которых составляет теорию лесоведения. Кроме того, для решения хозяйственных задач важно знать, как с возрастом изменяются таксационные показатели в различных условиях местопроизрастания. Из существующих нормативов важная роль отводится таблицам хода роста нормальных, максимально сомкнутых древостоев.

Таблиц хода роста для лесных культур пока не составлено, хотя имеются многочисленные исследования закономерностей роста культур по Псковской, Ленинградской, Московской, Архангельской области и др. Для республики Карелия такие исследования проводились только в культурах первого класса возраста.

В соответствии с действующими в настоящее время в республике Карелия (1995) рекомендациями по лесовосстановлению, культуры ели создаются по относительно богатым почвам. Республика располагает опытом создания культур в таких условиях. Так, на год начала исследований в среднетаежной зоне уже имелись в достаточном количестве культуры ели в возрасте до 60 лет, созданные на вырубках в еловых и сосновых древостоях.

В лесном хозяйстве учение о типах леса и типах лесорастительных условий представляет основу лесоведения. Основоположники учения Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев, П.С. Погребняк, их ученики и последователи разработали лесотипологические схемы для всех

лесорастительных районов страны. Эти схемы стали обязательным атрибутом таксационных описаний насаждений при проведении лесоустройства.

Наряду с этим учением, существует лесотаксационное учение, базирующееся на закономерностях хода роста, строения, сортиментной и товарной структуры древостоев. Это учение в основе своей не содержит экологической основы, так как практически все лесотаксационные нормативы разработаны с учетом бонитетной, а не лесотипологической классификации. Общебонитеровочная шкала профессора М.М. Орлова и новая шкала ВНИИЛМ, учитывающая энергию роста древесных пород в высоту, хотя и отражают ход роста сомкнутых древостоев по средней высоте, все же по своей сути являются условными, так как построены с условной градацией средней высоты через 4 м в 100-летнем возрасте древостоев.

Остается открытым вопрос формирования древостоев в экологических нишах, так как одним и тем же классом бонитета по таксационному учению характеризуются древостои боров как в сухих, так и в мокрых условиях местопроизрастания.

Обозначенная еще в 1980-х годах проблема по переводу нормативов с бонитетной основы на экологическую (почвенно-типологическую) до сих пор не была решена.

Рассмотрим решение этой проблемы на примере ельников республики Карелия. Объектами для моделирования хода роста по средней высоте было выбрано 522 участков лесных культур ели, расположенных в южной части республики. Распределение числа объектов в процентах по типам леса представлено на рисунке 5.47.

Аббревиатура и расшифровка типов леса указывают на разнообразие экологических условий для участков лесничества, где была проведена измерительная таксация культур ели:

БР – ельник брусничный;

ДЛ – ельник долгомошный;

ДЛО – ельник долгомошно-осоковый;

КС – ельник кисличный;

РАЗН– ельник разнотравный ;

ЧЕР – ельник черничный.

Осуществить переход от бонитетной шкалы к лесотипологической позволяет провести статистическое моделирование с применением бинарных переменных.

При разработке лесотипологической шкалы независимые переменные, выраженные качественными показателями – типами леса, были представлены блоковыми фиктивными переменными путем построения смещенной диагональной матрицы в виде таблицы 5.16.

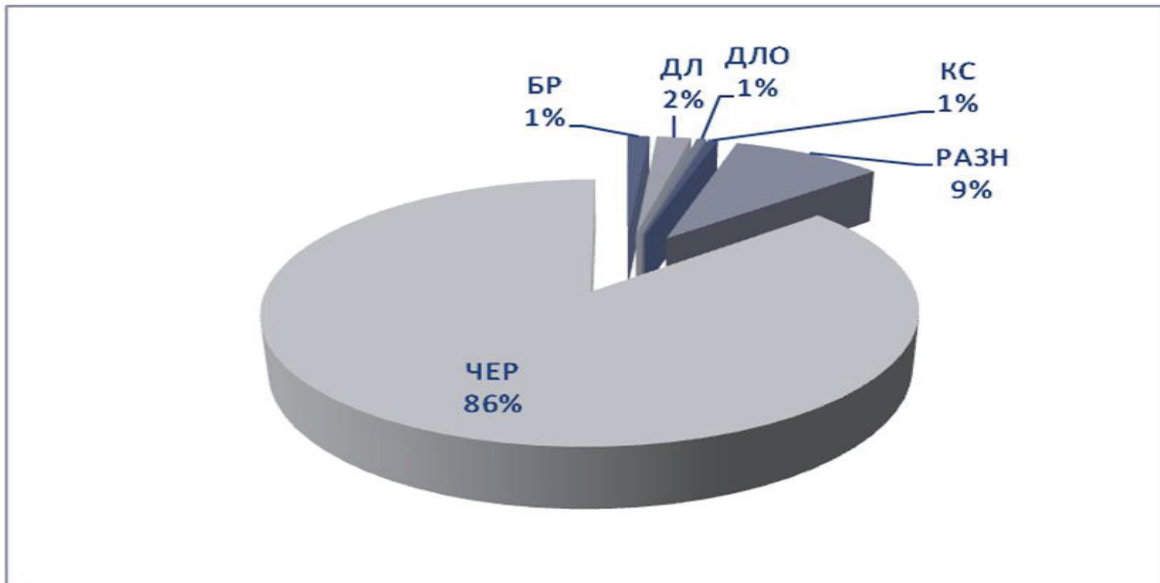


Рисунок 5.47. Распределение числа выделов культур ели по типам леса

Таблица 5.15. Матрица бинарных переменных, характеризующих типы леса

Тип леса	Блочные фиктивные переменные				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
БР	0	0	0	0	0
ДЛ	1	0	0	0	0
ДЛО	0	1	0	0	0
КС	0	0	1	0	0
РАЗН	0	0	0	1	0
ЧЕР	0	0	0	0	1

Сочетание указанных в матрице значений переменных (X_1 – X_5) с данными возраста (A) елового элемента леса и полноты (Π) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних высот (H) вида:

$$H_{cp} = \exp(-2,06784 - 0,26345X_1 - 0,00192X_2 + 0,42168X_3 - 0,34424X_4 - 0,03888X_5 + 1,08263\ln A + 0,224658\ln \Pi) \quad (5.23)$$

$$R^2 = 0,855; mR = \pm 0,18;$$

$$t = (-18,7; -2,8; 0,0; 2,8; -4,5; 0,5; 46,0; 6,9) > t_{05}=2,0;$$

$$F = 375,5 \text{ при } P < 0,05.$$

Высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,855$), статистически значимое различие средней высоты по типам леса от константы начального роста ($-2,0678$), соответствующей типу леса БР ($t > t_{05}=2,0$) (за исключением типов леса ДЛО (X_2) и ЧЕР (X_5), близких к типу леса БР) позволили по модели (5.23) построить четко дифференцированные линии регрессии, представленные на рисунке 5.48. Достаточно высоко

значимым оказалось влияние на среднюю высоту сомкнутости (полноты) и возраста культур.

Синхронность кривых хода роста по типам леса соответствует кривым средних высот в диапазоне второго и пятого классов бонитета из таблиц хода роста Н.И. Казиминова [19].

Таким же образом с учетом указанных в матрице значений переменных (X_1 - X_5) с данными возраста (A) елового элемента леса для средних диаметров культур ели было получено уравнение регрессии:

$$D = \exp(-6,6620 - 0,10467X_1 + 0,31412X_2 + 0,63918X_3 + 0,62359X_4 + 0,35138X_5 + 3,56303\ln A - 0,34559\ln^2 A) \quad (5.24)$$

$$R^2 = 0,724; m_R = \pm 0,28;$$

$$t = (-6,8; -0,8; 1,8; 3,2; 5,4; 3,2; 5,8; -3,6) > t_{05}=2,0;$$

$$F = 188,4 \text{ при } P < 0,05.$$

Статистически значимое различие среднего диаметра по типам леса от константы начального роста ($-6,6620$), соответствующей типу леса БР ($t > t_{05}=2,0$) (за исключением типов леса ДЛ (X_1) и ДЛО (X_2), близких к типу леса БР) позволили построить линии регрессии среднего диаметра (рис. 5.49).

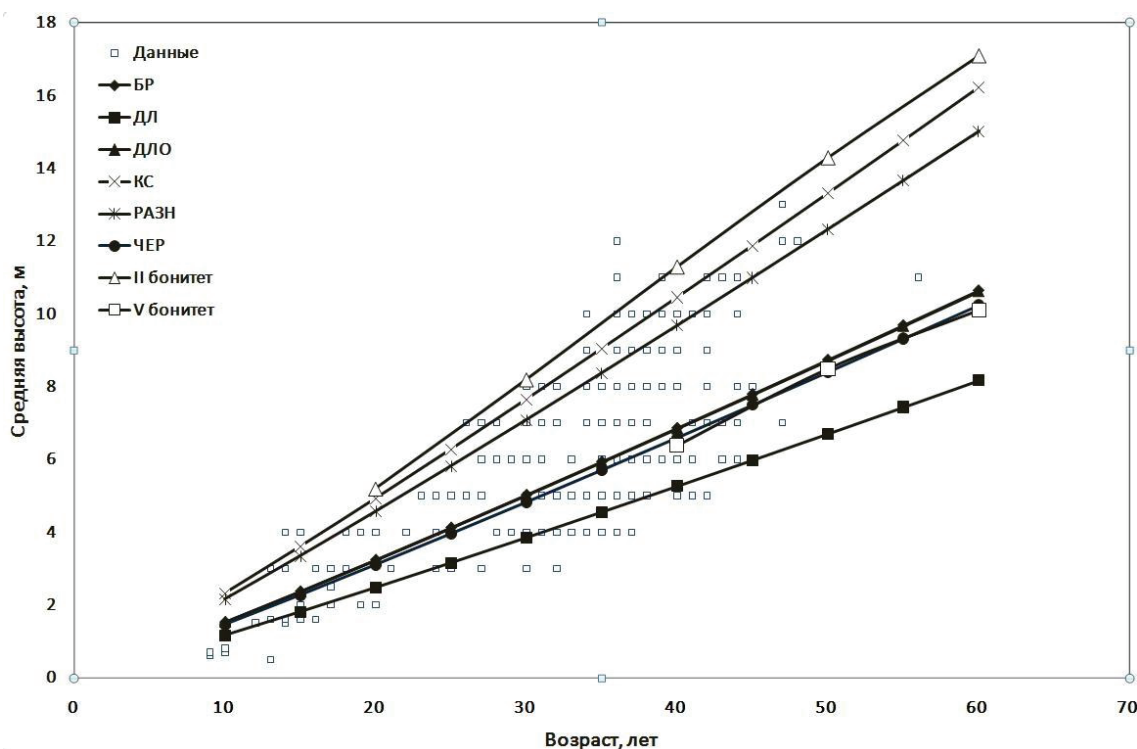


Рисунок 5.48. Ход роста культур ели по средней высоте в сомкнутых древостоях разных типов леса

Следует отметить лучшие показатели роста культур ели по среднему диаметру наблюдается в разнотравном и осоково-долгомошном типах леса. Существенно меньшую величину он достигает в долгомошном типе леса.

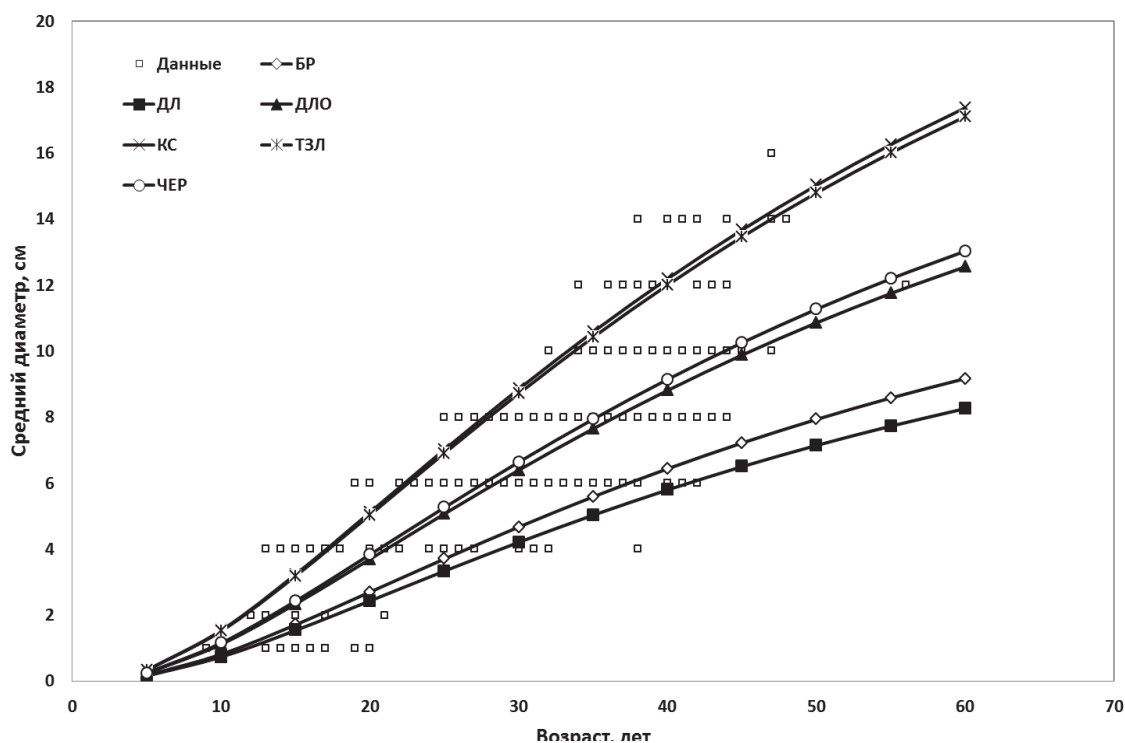


Рисунок 5.49. Ход роста культур ели по среднему диаметру в сомкнутых древостоях разных типов леса

Возрастная динамика запаса (M) чистых и сомкнутых древостоев культур ели описывается уравнением регрессии, где значимыми показателями являются средняя высота (H), определяемая по уравнению (5.23), полнота (Π) и доля участия елового элемента леса в составе древостоя (D_E).

$$M = \exp(0,70803 + 1,07712 \ln H_{cp} + 0,99364 \ln \Pi + 0,99701 \ln D_E) \quad (5.24)$$

$$R^2 = 0,853; m_R = \pm 0,21; t = |12,4; 45,3; 19,3; 22,7| > t_{0,05} = 2,0$$

$$F = 964,4 \text{ при } P < 0,05.$$

Графическое представление изменения запаса чистых сомкнутых древостоев разных типов леса с возрастом (5.24) отображено на рисунке 5.50.

Оценивая линии регрессии запаса культур ели следует ранжировать их в следующем порядке: КС-РАЗ-БР-ДЛО-ЧЕР-ДЛ. При этом, следует отметить существенное превосходство продуктивности культур ели кисличного и разнотравного типов леса над древостоями ели естественного происхождения, растущими по I классу бонитета. Запас культур по черничному, брусничному и даже долгомошному типам леса находится в диапазоне I–IV классов бонитета, принятым для древостоев естественного происхождения.

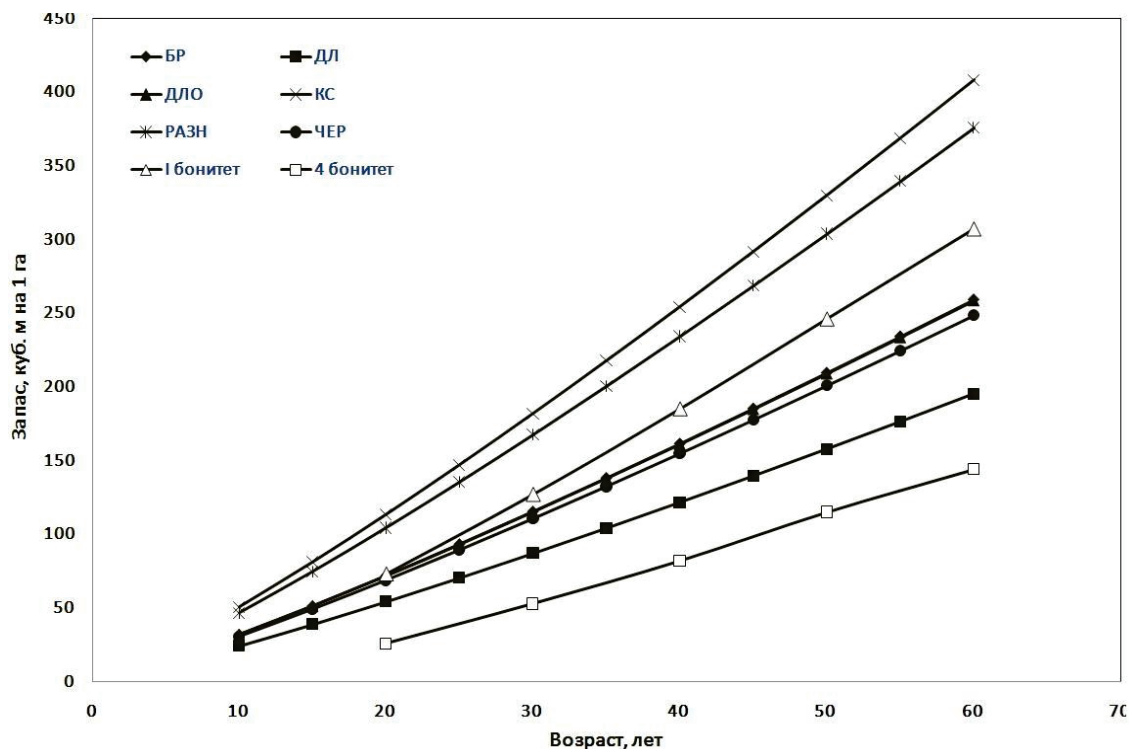


Рисунок 5.50. Ход роста культур ели по запасу в чистых, сомкнутых древостоях разных типов леса

Для травянистых типов леса целесообразно создавать лесные культуры с интенсивной формой ведения хозяйства со своевременным формированием состава, оптимальным режимом разреживаний по срокам повторяемости и интенсивности рубки. Для долгомошного и брусничного типов леса следует отказаться от создания культур ели. Вероятно, в долгомошном типе леса следует отдать предпочтение культурам сосны, либо ограничиться мероприятиями по сохранению подроста и содействию естественному возобновлению (СЕВ), в брусничном типе леса – мероприятиями СЕВ для сосны, либо созданием культур этой породы.

5.6.3. Возрастная динамика средней высоты, среднего диаметра и продуктивности культур сосны по типам леса

Возрастная динамика средних высот древостоев культур сосны республики Карелия была проанализирована в разрезе типов леса. Исторические данные о лесокультурном производстве свидетельствуют о том, что лесные культуры старших возрастов (более 25–30 лет) создавались исключительно посевом семян по обработанной почве. Густота и норма высева неизвестны. Лесные культуры 5–25 лет закладывались по обработанной ПДН–1 почве посадкой сеянцев густотой 3–3,5 тыс. шт./га.

Объектами для моделирования хода роста служили 360 выделов лесных культур сосны, расположенных в южной части республики.

Распределение числа объектов по типам леса представлено на рисунке 5.51.

Максимальное число выделов характеризовалось черничным типом леса, несколько менее – вересковым, травяно-сфагновым и сфагновым.

Расшифровка аббревиатуры типов леса указывает на более широкий спектр экологических условий в культурах сосны, чем в культурах ели:

- БАГ – сосняк багульниковый;
- БР – сосняк брусничный;
- ВЕР – сосняк вересковый;
- ДЛГ – сосняк долгомошный;
- ОС-СФ – сосняк осоково-сфагновый;
- СФ – сосняк сфагновый;
- ТР-СФ – сосняк травяно-сфагновый;
- ЧЕР – сосняк черничный.

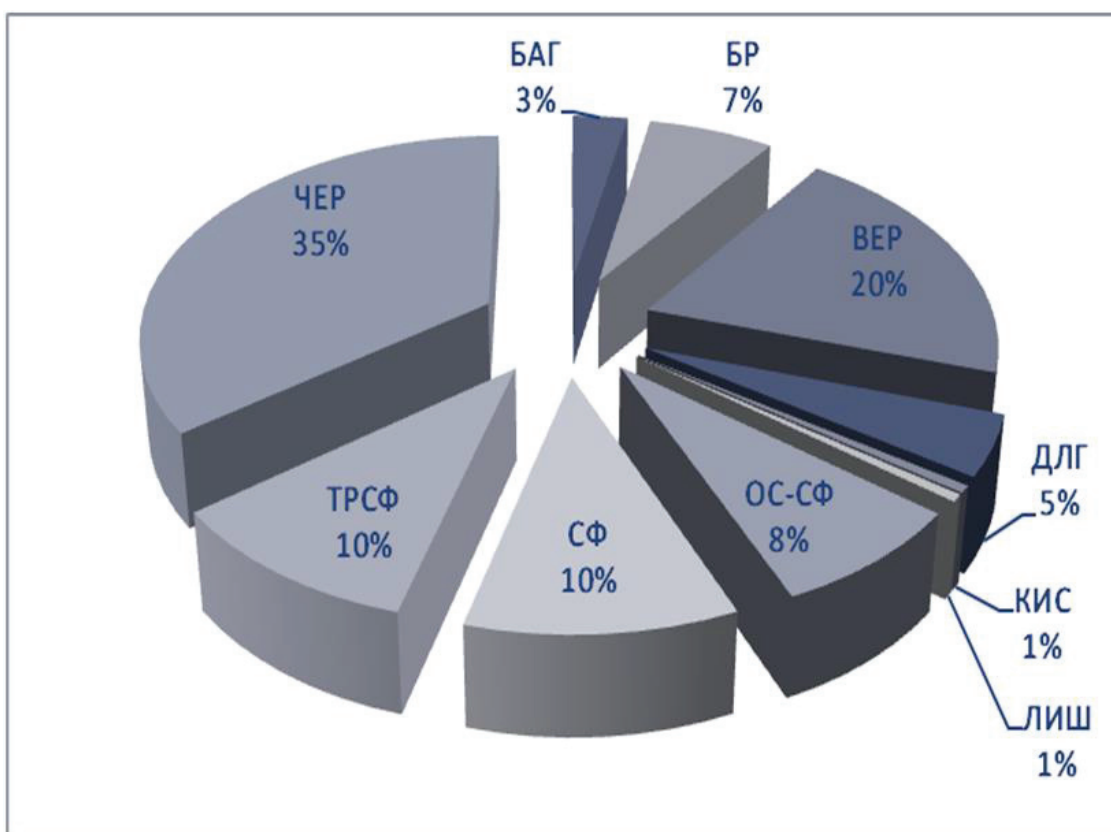


Рисунок 5.51. Распределение числа выделов культур сосны по типам леса

Статистическое моделирование с применением блоковых фиктивных переменных позволило провести переход от бонитетной шкалы к лесотипологической.

При разработке лесотипологической шкалы независимые переменные, выраженные качественными показателями – типами леса, были также выражены 7 блоковыми фиктивными переменными путем построения смещенной диагональной матрицы в виде таблицы 5.17.

Сочетание указанных в матрице значений переменных (X_1 – X_7) с данными возраста (А) соснового элемента леса и полноты древостоев (П) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних высот (H_{cp}) вида:

$$H_{cp} = \exp(-4,500 + 0,18751X_1 + 0,1813X_2 + 0,20998X_3 - 0,43967X_4 - 0,17159X_5 + 0,281195X_6 + 0,29479X_7 + 2,59501\ln A - 0,20653\ln^2 A + 0,300\ln P) \quad (5.25)$$

$$R^2 = 0,987; m_R = \pm 0,11;$$

$$t = | -7,4; 2,1; 2,2; 2,2; -3,9; 3,2; 3,6; 6,9; 3,6 | > t_{05}=2,0;$$

$$F = 372,6 \text{ при } P < 0,05.$$

Высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,987$), статистически значимое различие средней высоты по типам леса от константы начального роста ($-4,500$), соответствующей типу леса БАГ ($t > t_{05}=2,0$) (позволили по модели (5.25) построить четко дифференцированные линии регрессии, представленные на рисунке 5.52.

Таблица 5.16. Матрица бинарных переменных, характеризующих типы леса с произрастанием сосны

ТЛУ	Блоковые фиктивные переменные						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
БАГ	0	0	0	0	0	0	0
БР	1	0	0	0	0	0	0
ВЕР	0	1	0	0	0	0	0
ДЛГ	0	0	1	0	0	0	0
ОССФ	0	0	0	1	0	0	0
СФ	0	0	0	0	1	0	0
ТР-СФ	0	0	0	0	0	1	0
ЧЕР	0	0	0	0	0	0	1

Синхронность кривых хода роста по типам леса соответствует кривым средних высот в диапазоне I и V классов бонитета. В условиях среднетаежной подзоны республики высоты I класса бонитета достигают средней высоты культуры сосны, соответствующей

черничному типу леса, в то время как средние высоты в осоко-сфагновом типе леса имеют значения ниже V класса бонитета.

Расчет величины текущего годичного прироста по высоте показал, что его максимальные значения соответствуют возрасту 20–30 лет во всех типах леса (рис. 5.53).

Производным от возрастной динамики средней высоты является среднепериодический текущий прирост по высоте. Этот показатель является определяющим в рекомендациях по проведению лесоводственных уходов. Именно возраст кульминации текущего прироста по средней высоте следует считать исходным началом для проведения разреживаний в сомкнутых древостоях. В нашем случае он соответствует 20 годам и не должен превышать 30 лет.

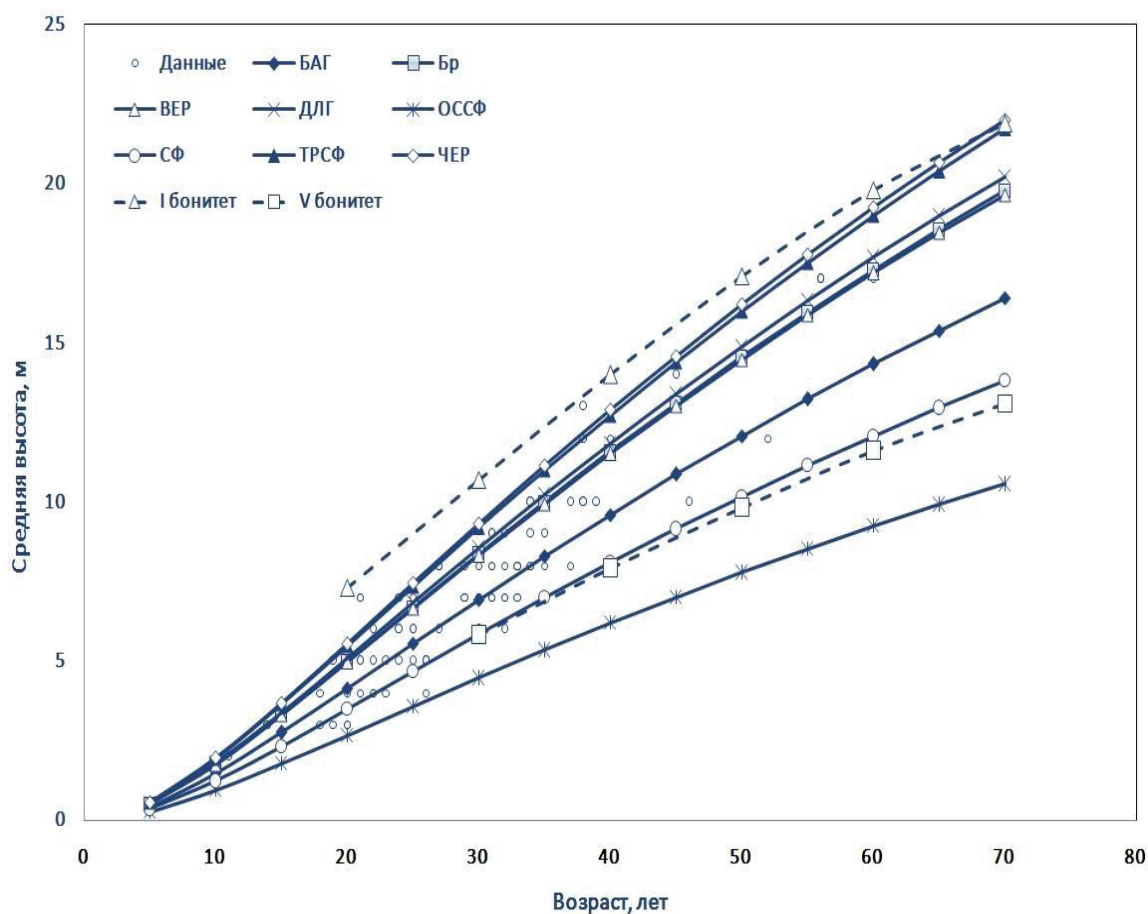


Рисунок 5.52. - Возрастная динамика средней высоты культур сосны в разных типах леса

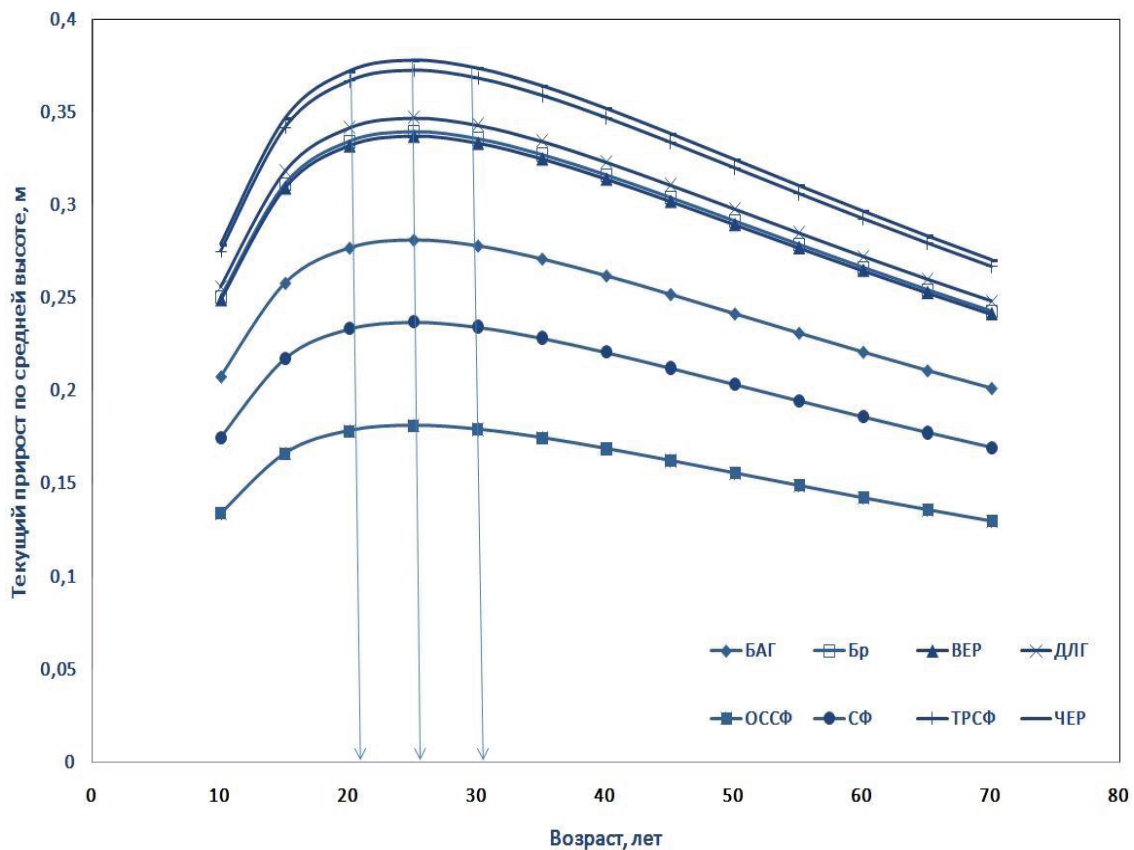


Рисунок 5.53. Зависимость текущего прироста по средней высоте от возраста культур сосны в разных типах леса

Для выявления многомерных закономерностей возрастной динамики среднего диаметра древостоев культур сосны разной полноты по типам леса была получена статистическая модель, сочетающая ростовую функцию Корсуня-Бакмана, аллометрическую от полноты (Π) и блоковые фиктивные переменные из смещенной диагональной матрицы (табл. 5.17).

В результате многомерная модель получила вид:

$$D = \exp(-0,55332 + 0,07317X_1 + 0,01405X_2 - 0,00021X_3 - 0,22404X_4 - 0,08201X_5 + 0,12910X_6 + 0,00712X_7 + 0,52844 \ln A + 0,08066 \ln^2 A - 0,10300 \ln \Pi) \quad (5.26)$$

$$R^2 = 0,803; mR = \pm 0,169; F = 40,2 \text{ при } P < 0,05.$$

Графическая интерпретация уравнения представлена линиями регрессии, приведенными на рисунке 5.54.

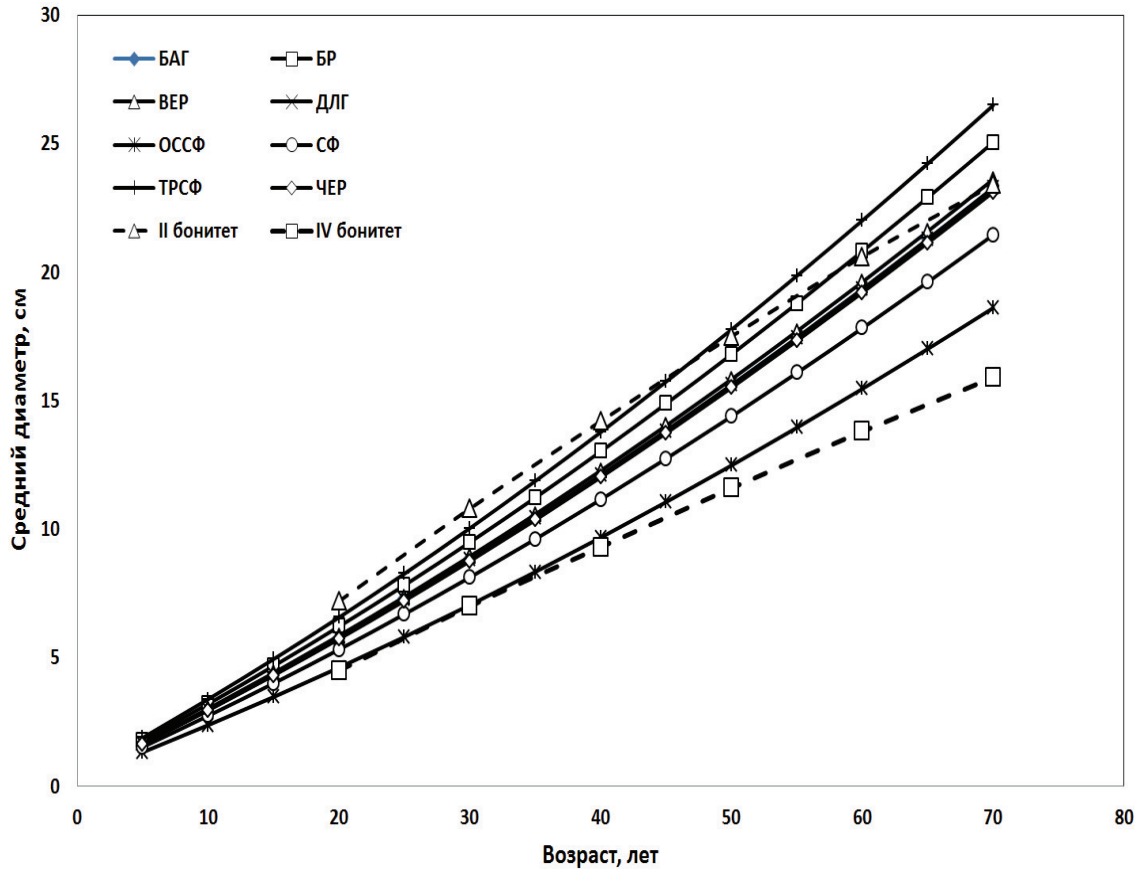


Рисунок 5.54. Возрастная динамика среднего диаметра сомкнутых древостоев культур сосны в разных типах леса

Синхронное проявление изменений с возрастом средних диаметров сомкнутых древостоев культур сосны и древостоев сосны естественного происхождения, приведённых в таблицах хода роста Н.И. Казимира [19] для II и IV классов бонитета, подтверждает правомерность принятого нами методического подхода моделирования хода роста по среднему диаметру в разных типах леса.

Ранжирование регрессий возрастной динамики среднего диаметра по типам леса проявляется в следующем порядке: ТРСФ-БР-ВЕР-ЧЕР-ДЛГ-СФ-ОССФ. В соответствии с указанным ранжированием типов леса целесообразно выстраивать стратегию выбора условий местопрорастания для выращивания высокопродуктивных лесных культур сосны.

Запас древостоев

Основным показателем, характеризующим продуктивность древостоев культур сосны, является запас. На основании данных пробных площадей была получена статистическая модель изменения запаса культур сосны (M) с фактической средней высотой (H), полнотой (Π) и долей участия сосны в составе древостоя (D_c). Эта зависимость описывается регрессий вида:

$$M = \exp(0,140741 + 1,111334 \ln H + 0,9999 \ln \Pi + 0,99991 \ln D_C) \quad (5.26)$$

$$R^2 = 0,982; m_R = 0,084; F = 4092,3$$

$$t = |3,1; 78,3; 62,0| > t_{05} = 2,0$$

Переход к лесотипологической шкале оценки продуктивности древостоев культур сосны осуществляется сочетанием в модели (5.26) регрессии (5.25) и регрессии (5.23), представленной в виде функционала

$$f = (X_1, X_2 \text{ и т. д.}).$$

$$M = \exp(0,140741 + 1,111334 * f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, A, \Pi) + 0,9999 \ln \Pi + 0,9999 \ln D_C) \quad (5.27)$$

Высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,982$), значимость численных коэффициентов уравнения ($t > t_{05} = 2,0$) указывают на достаточно высокую точность аппроксимации анализируемых взаимосвязей.

Графическая интерпретация модели (5.27) представлена на рисунке 5.55.

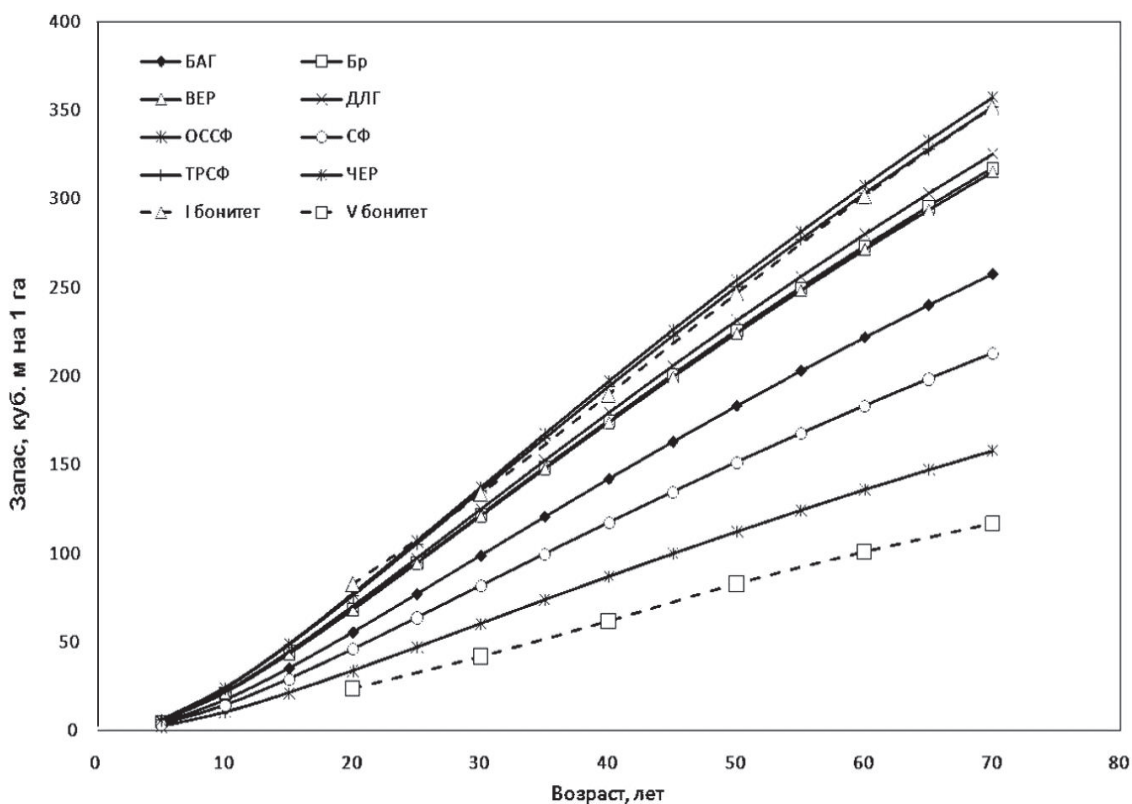


Рисунок 5.55. Возрастная динамика запаса чистых, сомкнутых древостоев культур сосны разных типов леса

Запас культур, созданных в черничном и травяно-сфагновом типах леса, превышает запас древостоев естественного происхождения, соответствующий I классу бонитета. Далее по ранжиру располагаются культуры, произрастающие в вересковом, брусничном и долгомошном, багульниковом, сфагновом и осоково-сфагновом типах леса. Интенсивное ведение хозяйства следует вести преимущественно в черничном, травяном, брусничном и вересковом типах леса.

Взаимосвязь запаса чистых, сомкнутых древостоев культур сосны со средней высотой (модель стандартных таблиц) во всех типах леса описывается аллометрической функцией вида:

$$M = 9,9863H^{1,1113} \quad (5.28)$$

Графически стандартная модель запаса (5.28) представлена на рисунке 5.56.

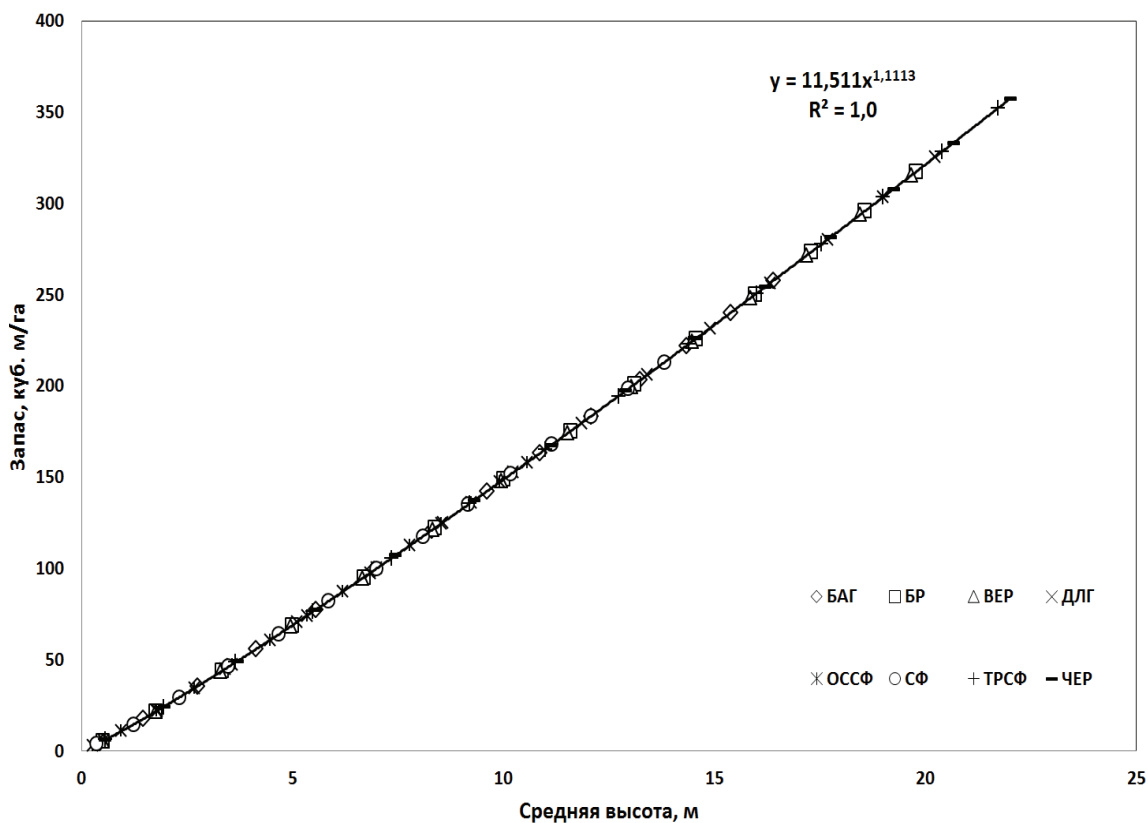


Рисунок 5.56. Зависимость запаса чистых, сомкнутых древостоев культур сосны от средней высоты в разных типах леса

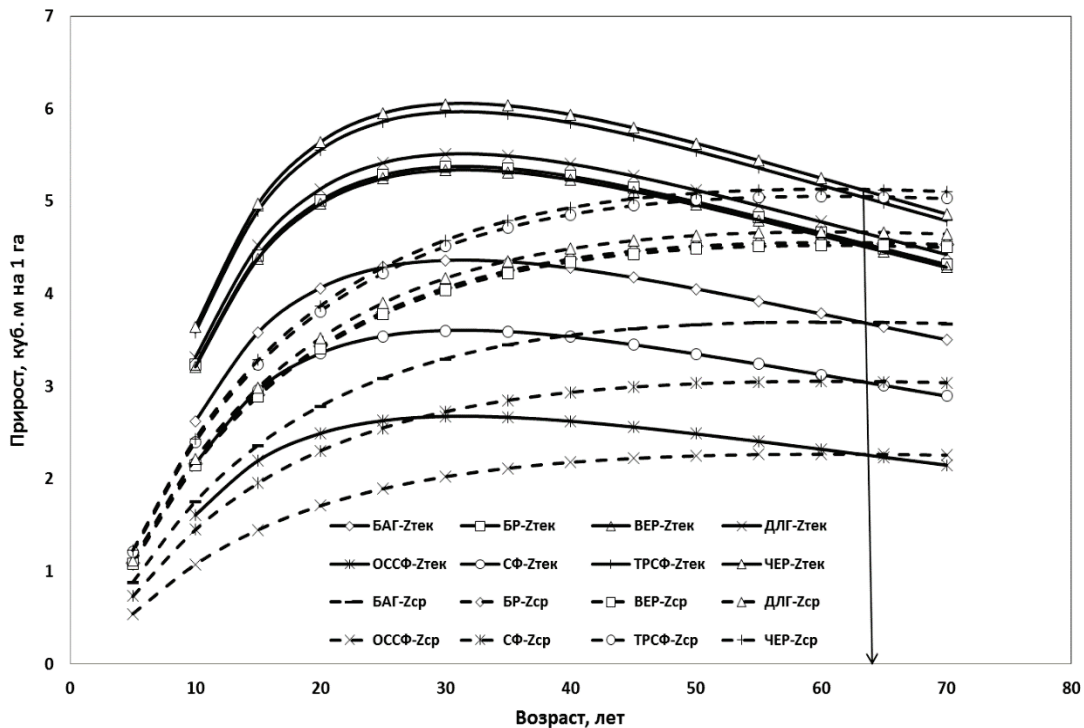


Рисунок 5.57. Соотношение текущего и среднего прироста по запасу культур сосны в разных типах леса

Производными от возрастной динамики запаса наличного древостоя являются средний (Z_M^{cp}) и текущий прирост ($Z_M^{тек}$) растущей части древостоя по запасу. На рисунке 5.57 показано соотношение этих показателей прироста с возрастом, что позволяет определить возраст количественной спелости, соответствующий возрасту пересечения кульминирующих кривых прироста. Возраст количественной спелости древостоев культур сосны среднетаежной подзоны республики Карелия во всех типах леса соответствует 65-летнему возрасту.

5.6.4. Рост культур ели в конкурентных отношениях с естественным возобновлением на вырубках

В соответствии с действующими в Республике Карелия рекомендациями по лесовосстановлению [39] культуры ели создаются по относительно богатым почвам. Так, в период исследования в среднетаежной зоне имелись в большом количестве культуры ели до 45-летнего возраста, которые в основном посажены в местах рубки еловых древостоев.

Применение сплошных рубок привело к смене хвойных пород (коренных сосновых и еловых лесов) на мягколиственные и леса смешанного породного состава в наиболее благоприятных лесорастительных условиях.

Ель, как медленнорастущая и теневыносливая порода, в первые годы роста способна мириться с недостатком света. При своевременном проведении уходов на таких площадях возможно формирование древостоев с преобладанием в составе именно этой породы. Недостаточное финансирование работ по лесовосстановлению, отсутствие в должном количестве специальной техники привело к тому, что уход за составом молодняков практически не проводится. Поэтому зачастую на таких площадях появляются «низкобонитетные елово-березовые насаждения, ...что говорит о неряшливом ведении лесного хозяйства» [54].

Рассмотрим замечание выдающегося русского лесоведа-лесокультурника с позиций конкурентных отношений сопоставляя средние высоты лесных культур ели со средними высотами древесных пород естественного происхождения. Появление на минерализованных полосах вырубок самосева сосны, хотя существенно не ухудшает породной структуры хвойного хозяйства, но в силу большей энергии роста в высоту угнетает еловую часть древостоя. Аналитически эту закономерность для разнотравного типа леса можно представить уравнением регрессии вида:

$$H_C = 0,9279(H_E)^{1,1773} \quad (5.29)$$

$$R^2 = 0,934; \lim H_E = 2,0 - 11,0 \text{ м}$$

где: H_C – средняя высота естественного возобновления сосны, м;
 H_E – средняя высота культур ели, м.

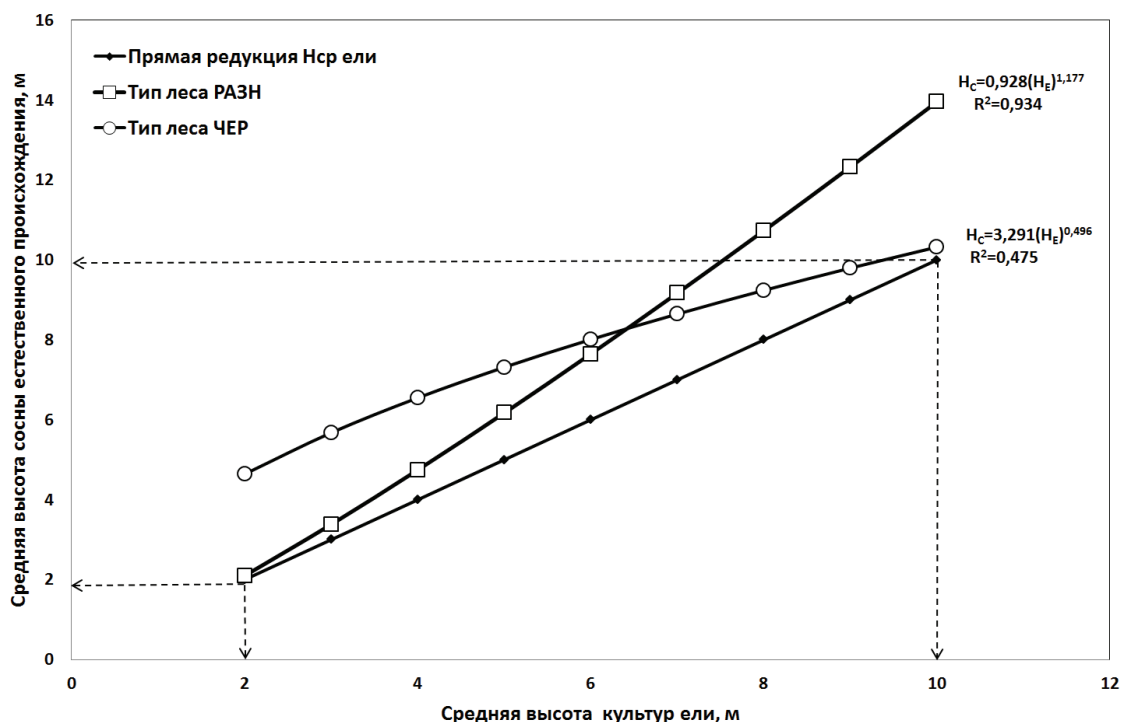


Рисунок 5.58. - Расхождения в вертикальной структуре древостоев при совместном произрастании культур ели и сосны естественного происхождения после вырубок в разных типах леса

Уравнение справедливо для возраста лесных культур от 10 до 45 лет. Так, при высоте ели 2 м высота естественного возобновления сосны составила 2–3 м, а при высоте ели 6 метров – от 8 до 10 м. С возрастом это превышение продолжает увеличиваться.

В черничном типе леса эта закономерность описывается регрессией вида:

$$H_C = 3,2905(H_E)^{0,49655} \quad (5.30)$$

$$R^2 = 0,475; \lim H_E = 2,0-10,0 \text{ м}$$

Графическая интерпретация различий в росте соснового элемента леса естественного происхождения с высотой культур ели определяется главным образом экологическими условиями произрастания насаждений (рис. 5.59)

Наибольшую конкуренцию культурам ели на вырубках может составить самосев и порослевое возобновление лиственных пород и, прежде всего, березы и осины. О степени доминирования этих пород над культурами ели в вертикальной структуре полога можно судить по моделям соотношения их средних высот. Так, для разнотравного типа леса расхождения в средних высотах достигают от 2 до 6 м (рис. 5.60).

Для повышения продуктивности культур ели в первом классе возраста необходима своевременная рубка примеси лиственных березы и осины, которая может достигать пяти и более единиц в составе древостоев.

Именно нежелательная примесь самосева лиственных пород зачастую является главной причиной снижения продуктивности и даже гибели лесных культур. Поэтому важным элементом теоретического осмысления конкурентных отношений культур хвойных пород с примесью лиственных пород является построение статистических моделей взаимосвязи средних высот лиственной части древостоя со средней высотой культур ели вида

$$H_B, H_{Oc} = \exp(2,355541 - 1,33248 \ln A + 0,260652 \ln^2 A + 0,731811 \ln H_E) \quad (5.31)$$

$$R^2 = 0,910; t = |4,8; 4,1; 3,8; 6,4| > t_{05} = 2,0;$$

$$F = 244,5 \text{ при } P < 0,05$$



Рисунок 5.59. - Угнетённость 15-летних культур ели естественным возобновлением берёзы

Наличие подобного рода моделей и их графическая интерпретация (рис. 5.60) позволяет в полной мере проследить пагубность отсутствия лесоводственных уходов в лесных культурах, что недопустимо в отношении потенциально высокопродуктивных древостоев Карелии.

Аналитически взаимосвязь средней высоты берёзы естественного происхождения (H_B) со средней высотой культур сосны (H_C) для черничного и брусничного типов леса описывается уравнениями аллометрии вида:

черничный ТЛ

$$H_B = 1,8187H_C^{0,756}; R^2 = 0,905 \quad (5.32)$$

брусничный ТЛ

$$H_B = 1,5573H_C^{0,786}; R^2 = 0,898 \quad (5.33)$$

При сравнении средних высот березового элемента леса с прямой редукцией высоты культур сосны (рис. 5.61) следует указать на то, что в черничном типе леса в возрасте до 35 лет берёза превышает высоту сосны ($H=12\text{м}$), затем, только после этого порога культуры сосны догоняют в росте берёзу.

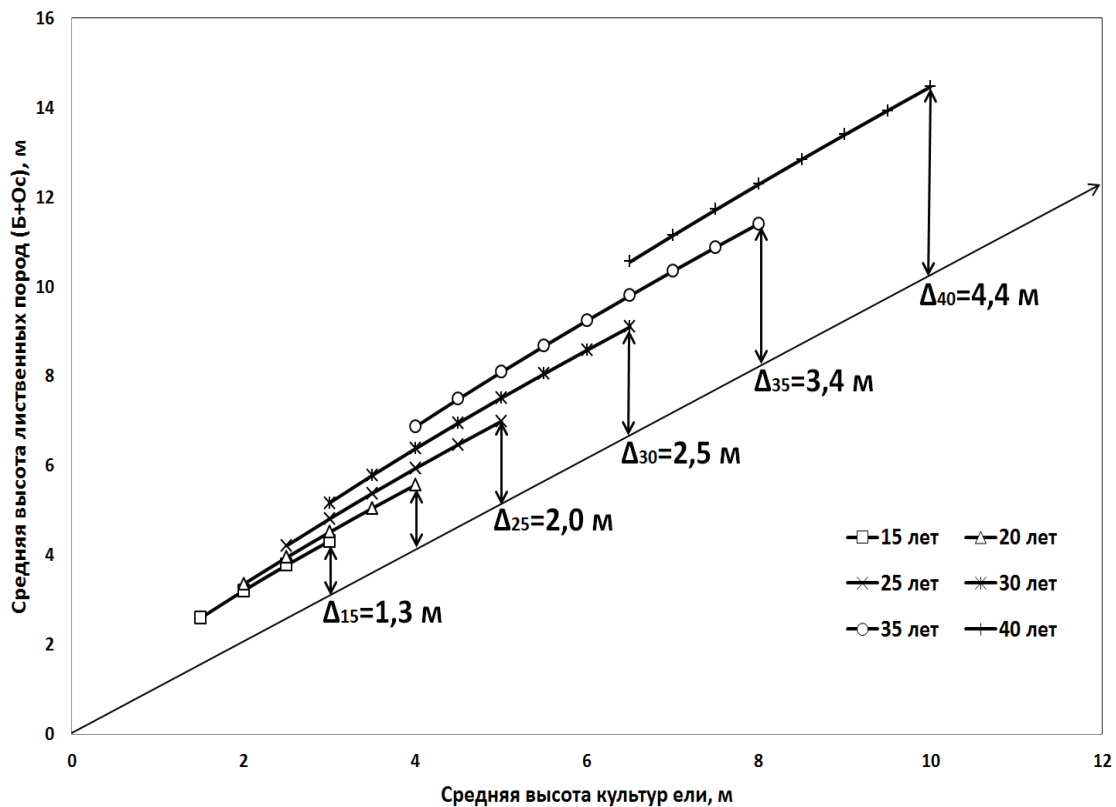


Рисунок 5.60. - Различия в средних высотах лесных культур ели и естественного возобновления вырубок березой и осиной в разном возрасте древостоев

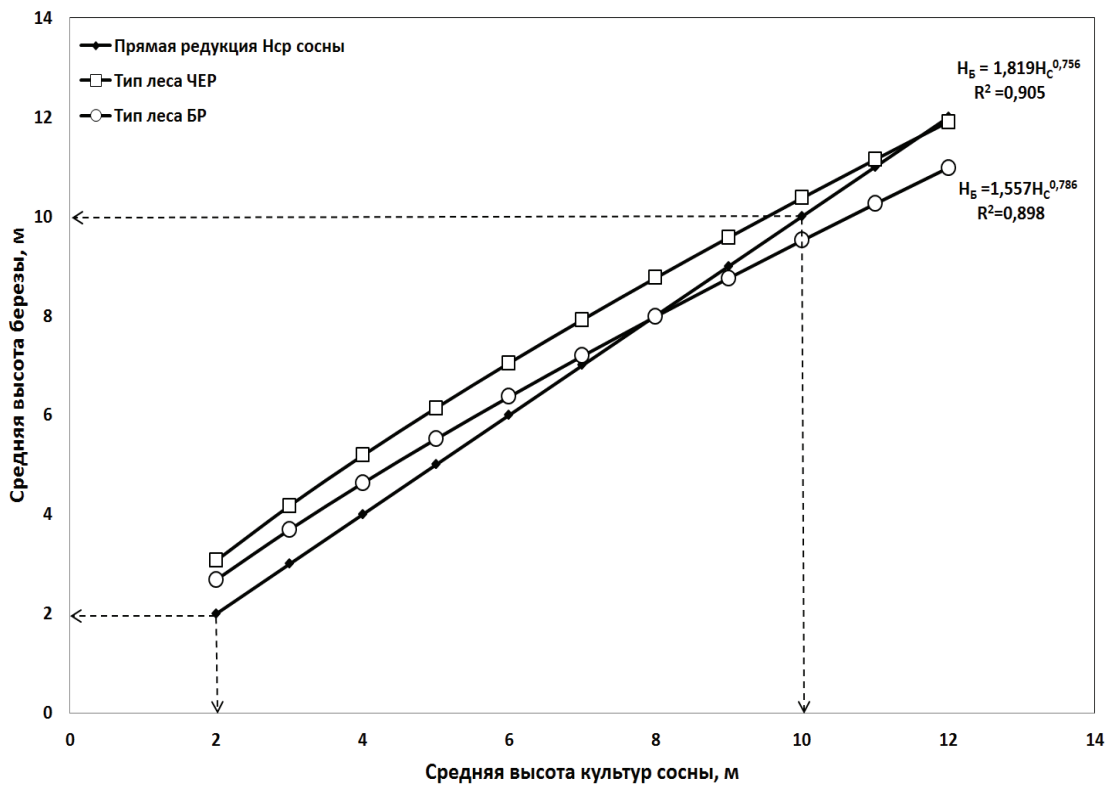


Рисунок 5.61. - Расхождения в вертикальной структуре древостоев при совместном произрастании культур сосны и берёзы естественного происхождения после вырубок в разных типах леса

Аналогичная зависимость средней высоты сосны и естественной примеси березы и осины наблюдается в брусничном типе леса.

Для брусничного типа леса только к 30 - летнему возрасту культуры сосны догоняет березу по высоте, которая соответствует 8 м (рис. 5.61). В брусничный тип леса, который менее благоприятен для произрастания березы в силу меньшей трофности и степени увлажненности почвы, сосна раньше догоняет ее по высоте, чем в черничном типе.

Даже находясь в одном ярусе культуры сосны, подвергаются жесткому прессу со стороны березового элемента леса, который ещё долго будет отхлестывать ветвями и угнетать сосну, снижая её продуктивность. Поэтому своевременная вырубка естественного возобновления лиственных пород, угнетающих культуры сосны и ели является важнейшим лесохозяйственным мероприятием, повышающим продуктивность лесов Карелии

Библиография

1. Алексеев Е. В. Об основных понятиях лесоводственной типологии. Киев, 1927. 24 с.
- 1а. Алтухов, М.Д. Взаимоотношение различных типов растительности на верхнем пределе леса в горах Северо-Западного Кавказа // Охотничье хозяйство и заповедники СССР. – Москва, 1965 г., № 7 – 64-65 с.
2. Анучин Н.П. Лесная таксация: Учебник для вузов. - 6-е изд. – М.: ВНИИЛМ, 2004. - 552 с.
3. Варгас де Бедемар, А.Р. Исследования запаса и прироста лесонасаждений Самарской губернии. Лесной журнал. – 1850. – № 39-44. – С. 15-21
4. Вицин Л.В. Леса Северного Кавказа /Л.В.Вицин, Л.И.Ильин, М.П.Мальцев // – М.: “Знание”, 1980. – 261 с.
5. Гаврилова О. И. Искусственное лесовосстановление в Карелии: опыт и перспективы / Гаврилова О. И, Юрьева А. Л. // Межд. конф. "Биоразнообразии европейского Севера. Теоретические основы изучения, социально-правовые аспекты использования и охраны", Петрозаводск, 2001. С 41.
- 5а. Голгофская, К.Ю. Закономерности формирования и развития лесной растительности // Охотничье хозяйство и заповедники СССР, М.: – 1965, № 7. – 61-64 с.
- 5б. Голгофская, К.Ю. Типы буковых и пихтовых лесов бассейна реки Белой и их классификация // Труды Кавказского заповедника, М.: – 1968, Вып. 9. – 162-285 с.
- 5в. Дзедзисашвили Г.С. Таксация горных лесов: Справочник нормативов / М.: Колос, 1992. 494 с.
6. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г.Смит // М.: Статистика, 1973. - 392 с.
7. Елисеева И. И. Общая теория статистики / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев // Учебник: 5–е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 656 с.
8. Жигунов А. В. Посадочный материал с закрытой корневой системой // Лесное хозяйство. 1995. №4. С. 33.
9. Жигунов А. В. О хемотропизме корневых систем при создании лесных культур саженцами «Брикет» / А. В. Жигунов Т. И. Козлова // Роль науки в создании лесов будущего. Л., 1981. С. 77.
10. Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. Санкт-Петербург, 2000. 294 с.
11. Загреев В. В. Лесная таксация и лесоустройство: учеб. / [и др.]. – М., 1991. – 390 с.

12. Загреев В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. «Лесная промышленность», – М., 1978. – 240 с.
13. Загреев В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.И. Сухих, А.З. Швиденко, Н.Н. Гусев, А.Г. Мошкалев // – М.: Колос, 1992. - 495с.
14. Загреев В.В. Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов Европейской части РСФСР / В.В. Загреев, А.Ф. Баранов // М.: ВНИИЛМ, 1987. -128с.
15. Зейде Б.Б. Стандартизация естественных рядов по высоте. - В кн. Исследования по лесной таксации и лесоустройству. М., "Лесная промышленность", 1968. с. 128-136.
16. Зейде Б.Б. Стандартизация рядов хода роста основных таксационных показателей. - "Лесное хозяйство", 1968, №10, с. 54-57.
17. Извекова И. М. Особенности развития корневой системы сосны в культурах, созданных сеянцами с закрытой корневой системой // Технология создания и экономические аспекты выращивания лесных культур. СПб. 1992. С. 139–143.
18. Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче 1862 – 1962. М.: ТСХА, 1962 [Тимофеев В.П. и др.] 498 с.
19. Казимиров Н. И. Экологическая продуктивность сосновых лесов (Математическая модель). Петрозаводск, 1995. 132 с.
20. Кевисте А.А. Функции роста леса. Учебно-справочное пособие (приложение). Эстонская сельскохозяйственная академия. г. Тарту, 1988 171 с.
21. Кивисте А.К. Функции роста леса. Учебно-справочное пособие. Эстонская сельскохозяйственная академия. г. Тарту, 1988 108 с.
22. Ким Дж.-О. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ. /Дж. – О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др.; под. ред. И. С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
23. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
24. Корсунь, Ф.Д. О методе составления таблиц хода роста // Лесное хозяйство. – 1967. – № 6. – С. 49-50.
25. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. – М.: Изд-во «Наука». –1973. – 204 с.
26. Курнаев С.Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра. – М.: Наука, 1982. – 120с.
27. Лямеборшай С.Х. Оптимизация выбора породного состава лесных культур по эколого-экономическим показателям/ С.Х. Лямеборшай, В.К. Хлюстов, В.М. Градусов// Вестник

- Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. № 01, 2014 с. 29-32.
28. Макаренко А.А. Строение древостоев. – Алма-Ата: Кайнар. 1982. – 68 с.
29. Маслаков Е.Л. Эколого-лесоводственные проблемы восстановления леса на вырубках // Экологические предпосылки и последствия лесохозяйственной деятельности. СПб. 1992. С. 40–49.
- 29а. Методы функциональной оценки рекреационных лесных ресурсов Северного Кавказа: рукопись. – Сочи, 1989, – 34 с.
- 29б. Мигунова Е.С. Типы леса и типы природы. Экологические взаимосвязи. Palmarium Academic Publishing, ISBN:978-3-636-49793-9. 2014. 294с.
30. Милованович, Д.А. Ход роста нормальных насаждений сосны, ели и березы Среднего Урала. – Пермь, 1937. – 325 с.
31. Морозов Г. Ф. Учение о типах насаждений. Избр. тр. М.: Лесн. промышленность, 1971, т. 2. 536 с.
32. Набатов Н.М. Динамика живого напочвенного покрова и его влияние на рост культур сосны//Ботан. журн. 1964. Т.49,№5. С. 669-677.
33. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. Справочник. В.В.Загреев, В.И.Сухих, А. З. Швиденко и др. М., 1992. 495 с.
- 33а. Остапенко, Б.Ф. Диагностика и хозяйственная группировка типов леса северного склона Большого Кавказа/ Б.Ф. Остапенко. – Харьков: Харьк. СХИ, 1968. – 289 с.
34. Орлов М. М. К вопросу о типологии в лесоустройстве. - Лесн. журн., 1918, вып. 9/10.
35. Орлов М. М. Типология в лесоустройстве. - Лесн. журн., 1917, вып. 4/6.
36. Писаренко А. И. Лесовосстановление М., 1977. 250 с.
37. Погребняк П. С. Основы лесной типологии. 2-е изд. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 456 с.
38. Редько Г. И., Бабич Н. А. Лесовосстановление на Европейском Севере России / Г. И. Редько, Н. А. Бабич // Архангельск, 1994. 188с.
39. Рекомендации по лесовосстановлению в республике Карелия и Мурманской области. Петрозаводск, 2005. 28 с.
40. Рекомендации по лесовосстановлению и уходу за молодняками на Северо-Западе России, НИИ леса Финляндии, Йознсуу, 2005. 56 с.
41. Родин А. Р. Рост и формирование хвойных молодняков искусственного происхождения на свежих вырубках, быстро зарастающие лиственными породами. М. Лесоразведение и лесомелиорация, вып. 13. 1976 г., 44 с.

42. Руководство по лесовосстановлению в гослесфонде Республики Карелия, Петрозаводск, 1995. 75 с.
43. Рысин Л. П. Лесная типология в СССР. - М.: Наука, 1982. 216 с.
44. Справочник лесотаксационных нормативов для Северного Кавказа Воронежлеспроект, 1985. – С. 1-5
45. Сукачев В. И. Руководство к исследованию типов лесов. 3-е изд. М.; Л.: Сельхозгиз, 1931. 328 с.
46. Сукачев В. И. Руководство к исследованию типов лесов. М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. 318 с.
47. Третьяков Н.В. Закон единства в строении насаждения. – М. – Л., 1927. – 113 с.
48. Тюрин А.В. Исследования хода роста нормальных сосновых насаждений в Архангельской области. Труды по лесному опытному делу. – Спб, 1913. – Вып. 45. – С. 23-35
49. Тюрин А.В. Лесная вспомогательная книжка. – М. – Л., Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.
50. Тюрин А.В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. – Изд.2-е. М. –Л. Сельхозгиз, 1931. – 198 с.
51. Тюрин А.В. Таксация леса. - Изд. 2-е. М., Гослестехиздат, 1945. - 376 с.
52. Тюрин А.В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. Изд. 2-е. М. –Л. Сельхозгиз, 1931. 198 с.
53. Тюрин А.В. Лесная вспомогательная книжка (по таксации леса). /А.В. Тюрин, Науменко И.М., Воропанов П.В.// М. Л., Гослесбумиздат, 1956. 532 с.
54. Тюрмер К.Ф. Краткий очерк лесного хозяйства в Муромцевских лесных дачах, принадлежащих Вл. С. Храповицкому. Лесной журнал. – 1900. – Вып. 2. – С. 284-294
55. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 762 с.
56. Хлюстов В. К. Древесный прирост и лесопользование. С.Пб., 1992. 495 с. Деп. в ВНИПИЭИ леспром. 06.05.92. №2842 –лб92.
57. Хлюстов В. К. Моделирование первичных сукцессии и конкурентных взаимоотношений между травостоем и лесными культурами в условиях горного Алтая / В. К. Хлюстов, В.В. Бауэр// Матер. Межд. научн. -практ. конф. Рельеф и природопользование низкогорных и высокогорных территорий, 3-7 окт. 2005 г.
58. Хлюстов В. К. Лесные культуры от семян до древостоев / Хлюстов В. К., Гаврилова О. И. // Palmarium academic publishing, ISBN 978-3-659-60113-2, 2015. 195 с.

59. Хлюстов В. К. О систематизации кривых непрерывного распределения случайных величин / В.К. Хлюстов, Д. В. Хлюстов // Актуальные проблемы лесного хозяйства и рациональное использование природных ресурсов Нижегородской области. Н. Новгород, 2002. С. 260-264.
60. Хлюстов В.К. Единство лесорастительных условий, типов лесных насаждений и продуктивности древостоев. Природообустройство. – 2010. – №1. – С. 11-18.
61. Хлюстов В.К. Лесотипологическая шкала хода роста березовых древостоев Калининградской области /В.К. Хлюстов, Л.С. Мурачева // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.Н. Вавилова. – 2011. – №6. – С. 42-45.
62. Хлюстов В.К. Лесотипологическая шкала хода роста и фитомелиоративная эффективность защитных лесных насаждений вяза мелколистного Калмыкии / В.К. Хлюстов, Е.Г. Химица // Инновационные пути развития лесного хозяйства и особо охраняемых природных территорий: проблемы и перспективы. – Астана, 2011. – С. 328-330.
63. Хлюстов В.К. Лесотипологические шкалы хода роста по средней высоте и среднему диаметру древостоев разной полноты в сосняках Казахского мелкосопочника / В.К. Хлюстов, Ж.Н. Токтасынов, П.В. Левченко // Инновационные пути развития лесного хозяйства и особо охраняемых природных территорий: проблемы и перспективы. – Астана, 2011. – С. 321-324.
64. Хлюстов В.К. Многомерная лесотипологическая шкала хода роста многоярусных древостоев пихты кавказской (*Abies Njrdmanniana* ZK). Материалы конференции «Вопросы экологии лесных экосистем». НИИГОРЛЕСЭКОЛ, Сочи 17-20 октября 2011. – с.152-156.
65. Хлюстов В.К. Многомерные закономерности текущей актуализации таксационных показателей древостоев / В.К. Хлюстов, М.М. Устинов, Д.В. Хлюстов // Лесотаксационный справочник: учебное пособие, -М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2013, - 141 с.
66. Хлюстов В.К. Разработка методических рекомендаций и нормативов актуализации таксационных показателей древостоев для основных лесобразующих пород по лесным районам / Д.В. Хлюстов, Н.М. Гиряев, А.Н. Поляков, С.Х. Лямеборшай, В.Л. Черных, А.В. Громадин, В.М. Градусов. С.В. Ерощенко, О.Г. Бардачева // Отчет по теме НИР: № МГ-06-06/63к от 3 июля 2007 года, - М.: РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2007, -219 с.
67. Хлюстов В.К. Неучет дорожке денег. Лесная газета. – 2011. – №38. – С. 1-2.

68. Хлюстов В.К. Концепция научно-методического сопровождения инвентаризации лесов в XXI в. Матер. 3-й Междунар. научно-практич. конф.; Новосибирск, 29 ноября – 1 декабря 2012 г. – М. : ФГУП «Рослесинфорг», 2013: Государственный лесной реестр, государственная инвентаризация лесов и лесоустройство. Москва, 2013, с.28-33
69. Хлюстов В.К. Ход роста сосновых древостоев Центрального лесотаксационного района / В.К. Хлюстов, М.М.Устинов // Лесотаксационный справочник: учебное пособие, -М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2013, - 95 с.
70. Швиденко А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии / 4. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильсон С., Булуй Ю.И. // Нормативно-справочные материалы. Изд. второе, дополненное. М.: 2008, 886 с.
71. Шейнгауз, А.С. Опыт лесохозяйственного районирования на основе математико-статистической оценки классификационных признаков. Лесоведение. – 1975. – № 1. – С. 12–19.
72. Шейнгауз, А.С. Принципиальная схема лесохозяйственного районирования. / А.С.Шейнгауз, А.А. Дорофеева //Лесоведение. – 1977. – № 5, – С. 51–59.
- 73.Шейнгауз, А.С. Принципы экологического районирования. Экологическое районирование территории: методы и разработки. Материалы научного семинара по экологическому районированию. – Иркутск, 1991. – С. 152–154.
74. Шейнгауз, А.С. Принципиальная схема лесохозяйственного районирования / А.С.Шейнгауз, А.А. Дорофеева // Лесоведение. – 1977. – № 5, – С. 51–59.
75. Эконометрика: Учебник / Под ред. И.И. Елисейевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
76. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс] / Москва: StatSoft. WEB: www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm.
77. Юрьева А.Л. Юрьева А. Л. Рост и развитие лесных культур сосны в экосистеме вейниково-луговиковых вырубках Карелии. Диссертация. канд. биол. наук: 06.03.01, 3.00.16. Петрозаводск, 2007.- 165 с.
78. Assman E., Franz F. Vorlaufige Fichten – Ertragstafel fur Bayern // Forstwiss. Cbl., 1965. – N 1-2. – P. 13-43.
79. Burdett A.N Early growth of planted spruce / A.N. Burdett, L.J. Herring, C.F. Thompson// Canadian Journal of forest researches.- 1984.-14.-p. 644-651
80. Burrough, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Claredon Press. Oxford, 1986. – 194 pp.

81. Hush B., Forest Mensuration and Statistics, New York, 1963, – 576p.
82. Prodan M. von Dr. Holzmesslehre. Frankfurt am Main, 1965, – 644p.
83. Schwappach, A. Ertragstabeln der wichtigeren Holzarten in Tabellarischer und graphischer. Form. Neudamm. – 1929. – 74 p.
84. Schwappach A. Die Kiefer. Wirtschaftliche und statistische Untersuchungen der forstliche Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchwesens in Eberswalde. Neudam: Verlag von J. Neumann, 1908, 108 s.
85. Schwappach A. Die Rotbuche. Wirtschaftliche und statistische Untersuchungen der forstliche Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchwesens in Eberswalde. Neudam: Verlag von J. Neumann, 1911. 231 s.
86. Sibcon, R. Natural Neighbourhood Interpolation in Graphical Methods for Multivariate Data (ed. Barnett V.D.). Wiley, Chichester, U. K., 1980.

Научное издание

Хлюстов Виталий Константинович

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ
ДРЕВЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ:**

МОДЕЛИ - НОРМАТИВЫ - ТЕХНОЛОГИИ

Книга I

Подписано в печать 25.06.2015 г. Формат 70x100^{1/16}
Усл. печ. л. 31,5. Уч.-изд. л. 30,3. Тираж 500 экз. Зак. 419.

Издательство РГАУ–МСХА
127550, Москва, Тимирязевская, ул., 44
Тел.:(499) 977-00-12, 977-40-64