МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Естественнонаучный институт

М. В. РОГОЗИН, Г. С. РАЗИН

ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ ТЕПЛОУХОВЫХ В ИМЕНИИ СТРОГАНОВЫХ НА УРАЛЕ: ИСТОРИЯ, ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ, СЕЛЕКЦИЯ ЕЛИ

Монография

Пермь 2012

УДК 582.47: 630*232.1: 630*165: 630*5 (470.53)
ББК 443.813 – 4 (2Рос – 4 Пер)
Р 59

Рогозин М. В., Разин Г. С.

Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели: монография / М. В. Рогозин, Г. С. Разин; под ред. М.В.Рогозина; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 210 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-2018-0

Исследованы лесные культуры начала XX века и деревья-феномены в них. Предложены: новая теория развития древостоев, новые модели хода роста и выращивания культур ели с различной начальной густотой. Обнаружена константа – суммарный объем крон в возрасте от 45 лет и далее в моделях с начальной густотой 1–1,3 тыс. шт./га. Дана универсальная формула густоты для выращивания древостоев любой породы в любом возрасте. Приведены результаты испытания потомства 525 деревьев ели 12 происхождений в 21–23-летнем возрасте. Доказано, что высокая густота ценозов отрицательно влияет не только на их развитие, но и на рост потомства при плантационном выращивании. Потомства наследуют «память матерей» на уровень конкуренции и отбор материала для селекции необходим при комплексе условий, совпадающих с условиями выращивания потомства. Оценку потомства можно начинать по высотам у происхождений с 4-х лет и у семей – с 8 лет. Обнаружены разные направления естественного отбора у ели сибирской и ели финской и их селекция должна быть различна. Книга интересна лесоводам и экологам при выращивании продуктивных и долговечных лесов.

Издание второе, исправленное и дополненное.

Книга издана также в электронном виде. Режим доступа: http. www.psu.ru Электронный ресурс для ПГНИУ, цифровая библиотека для ПГНИУ, тематический каталог, биология.

Издание доступно также в Национальной электронной библиотеке.

УДК 582.47: 630*232.1: 630*165: 630*5 (470.53)

ББК 443.813 – 4 (2Рос – 4 Пер)

Издается по решению ученого совета Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета

Рецензенты: ***А. И. Видякин*** – проф., д-р биол. наук (ин-т биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН); ***В. В. Тараканов*** – д-р с.-х. наук, директор Западно-Сиб. филиала Ин-та леса им. В.Н.Сукачева СО РАН

ISBN 978-5-7944-2018-0

© Рогозин М. В., Разин Г. С., 2012
© Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2012

Оглавление

Введение 4
Глава 1. История создания и изучения лесных культур Теплоуховых 6
1. 1. Краткая история создания культур 6
1.2. История изучения культур 7
1.3. Культуры Теплоуховых в Очерском районе 13
1.4. Культуры Теплоуховых в Горнозаводском районе 20
1.5. Культуры Теплоуховых в Кудымкарском районе 24
1.5. Продуктивность и долговечность культур Теплоуховых 25
Глава 2. Феномены лесных культур Теплоуховых как объекты для экотуризма . . . 29
2.1. Ильинский и Очерский районы 29
2.2. Горнозаводский район 37
2.3. Кудымкарский район 43
Глава 3. Изучение динамики роста и развития древостоев в культурах Теплоуховых 55
3.1. Кратко о таблицах хода роста древостоев 55
3.2. Чем заинтересовали нас лесные культуры Теплоуховых? 58
3.3. Таксационные показатели древостоев еловых культур ели в условиях B_3, C_3 59
3.4. Таксационные показатели, предлагаемые в качестве эталона полноты 1,0 . . 63
3.5. Методика составления моделей хода роста различной начальной густоты . . . 66
3. 6. Модели динамики роста и продуктивности еловых культур различной густоты 67
3.7. Динамика товарной структуры искусственных ельников различной густоты . . 73
3. 8. Обсуждение результатов моделирования хода роста 75
3. 9. Модели выращивания древостоев еловых культур с рубками ухода 77
3. 10. Динамика товарной структуры при различных режимах рубок ухода 84
3. 11. Выводы по моделированию хода роста и выращиванию культур ели 87
Глава 4. Законы развития древостоев и ранняя диагностика быстроты роста 89
4.1. Законы роста, развития и жизни одноярусных древостоев. 89
4.2. Ранняя диагностика роста деревьев в лесных культурах. 93
4.3. Развитие деревьев в культурах сосны 96
4.4. Ретроспекция развития деревьев ели в культурах Теплоуховых 99
Глава 5. Планирование и методика эксперимента по изучению роста потомства 107
5.1. Программа эксперимента 107
5.2. Планирование объема выборки в испытаниях потомства 108
5.3. Методика и техника испытаний потомства 116
Глава 6. Изучение потомства ели и сохранение ее генетических ресурсов 124
6.1. Исходный материал и испытательные культуры 124
6.1.1. Выделение плюсовых деревьев. 124
6.1.2. Заготовка семян 126
6.1.3. Исходный материал 128
6.1.4. Испытательные культуры 130
6.2. Массовый отбор (плюсовая селекция) 136
6.3. Естественный отбор и внутривидовая конкуренция 142
6.3.1. Конкуренция и типы простых древостоев 142
6.3.2. Сбег ствола и рост потомства 143
6.3.3. Конкурентное давление на материнские деревья и рост потомства 147
6.3.4. Густота материнских культур и рост их потомства 150
6.3.5. Сравнение потомства в густых и редких испытательных культурах 152
6.4. Селекция по косвенным признакам и естественный отбор 156
6.5. Отбор лучших происхождений и лучших семей 164
6.6. Проблемы сохранения генетических ресурсов сосны и ели на ООПТ 170
6.7. Итоги селекции ели гибридной (финской) 173
Глава 7. Теория естественной возрастной динамики одноярусных древостоев 179
7.1. Развитие естественных и искусственных дендроценозов 179
7.2. Модели роста и константы в развитии древостоев 187
Глава 8. Заключение 195
8.1. Общие выводы 195
8.2. Что делать с информацией из данной книги ? 198
Список литературы 204

Посвящается 200-летию со дня рождения
А.Е.Теплоухова, главного лесничего
имения графов Строгановых на Урале

Введение

Казалось бы, 200 лет – это очень много и далеко. Но это как посмотреть. Из этой дали, от Александра Ефимовича Теплоухова через его сына Федора, к нам протянулось послание в виде множества рукотворных лесов. И уже не таким далеким кажется то время, если его единицей выступает одно поколение лесов. И если это поколение свидетельствует об удачных результатах их усилий настолько мощно, что не оставляет никаких сомнений в их целесообразности для экологии нашей Земли, то живая связь с этим далеким временем становится близкой и притягательной.

Мы далеки от мысли сравняться с интеллектуальной мощью лесоводов Теплоуховых – практиков и теоретиков, лесоустроителей и управляющих лесами и землями на громадных просторах имения Строгановых. Но нам удалось постоять рядом с их творением – рукотворными лесами и поверьте, это впечатляет больше, чем любые современные фильмы «о природе». Сказать, что мы изучали посадки Теплоуховых на больших площадях – это не сказать ничего. Был случай, когда мы впервые зашли в громадный массив культур ели на старой пашне, где насчитали позднее 600 рядов по 100 саженей длиной, и случай в культурах сосны и ели, которые покрывали целый склон горы на границе Европы и Азии, где мы ходили часами и не могли понять, как же в те далекие времена находились ресурсы и, главное, была устремленность для таких дел, которые ныне кажутся нереальными, так как цели у нас стали какие-то не такие. И наша мера жизненного успеха – новая машина, как очередная цель, на фоне таких рукотворных лесов кажется совсем не значимой жизненной вехой и уж тем более – не целью, ради которой стоит жить на этом свете. Не многим удалось увидеть такие леса, даже лесным специалистам. Множество людей даже не подозревают, насколько прекрасны старые лесные посадки и какую жизненную силу они показывают!

Но самое поразительное оказалось в том, что цели экологии и цели человека могут совпадать. Наша книга поможет понять, как они гармонично идут рядом, если человек знает законы развития леса. Законы эти просты и сложны одновременно. Но даже самое сложное может быть разложено на простые части и если они понятны, то становится понятен сам закон, и мы попытаемся, не упрощая их, изложить основные закономерности развития и эволюции дендроценозов. Их открытие было бы невозможно, если бы мы не встретили в лесах Прикамья лесные культуры Теплоуховых. Исследования показали их высокую информативность, *как самых простых моделей лесных ценозов,* для прогноза изменений в них. Возможно, пониженная долговечность ели в культурах приведет со временем к утрате этой породой ее доминирующего положения в лесах Урала.

В книге использованы материалы исследований 1983-2011 гг. Естественнонаучного института Пермского госуниверситета по темам, помещеным в конце книги. В настоящее время исследования продолжаются по теме «Разработка научных основ новых методов выведения промышленных сортов ели сибирской на основе изучения гетерогенности ее популяций и потомства по биометрическим и биохимическим показателям».

Авторы книги выражают благодарность сотрудникам бывшей Пермской лесной семеноводческой производственной станции, с помощью которых были выделены плюсовые деревья в культурах – Л.В.Созину, Ю.Б.Смирнову и проведена статистическая обработка измерений многих сотен потомств (Колодистый И.Е., Смирнова О.А.) Помощь и понимание при выращивании сеянцев и саженцев в 1980-1990-е годы оказывали нам Очерское и Рождественское лесничество (В.И.Богатырев, Н.П.Ширинкин и Л.В.Воробьева), а Юго-Камское лесничество помогало в выборе площадей и уходе за испытательными культурами на их страховочном участке (Т.Р.Шардакова).

Авторы благодарны помощникам в сборе и обработке полевых материалов – сотрудникам ЕНИ ПГУ А.В.Демшину, М.В.Горбунову, А.Ю.Запорову, А.В.Жекину,

Н.В.Жекиной, О.Ю.Каменщикову, к.т.н. А.В.Коноплеву, к.г.н. П.А.Красильникову, а также студентам-географам ПГУ и ПГСХА, принимавшим активное участие в полевых работах: Д.А.Шеян, А.А.Пушкареву, Я.А.Жекиной, М.В.Кокуркину, С.А.Комарову.

Выражаем благодарность за помощь в полевых работах 2006-2007 гг. директору Горнозаводского лесхоза Ярполову Ю.А, и лесничему Теплогорского лесничества Авциновой О.А.

Особую благодарность за помощь в полевых работах и финансовую поддержку НИР авторы выражают работникам бывшего Ильинского лесхоза А.И.Вирясову, А.С.Смертиной, В.В.Голеву, Д.П.Сажину, благодаря которым оказались возможны измерения высот 16 тыс. растений и изреживание на ЛСП, и тем самым была сохранена живая коллекция происхождений ели из культур Ф.А.Теплоухова.

В сборе материалов о парке «Софья» в 2011 г. принимали участие студенты Кудымкарского лесного техникума В.А.Зуев, В.Н.Осокин, А.С.Отинов и Н.И.Тупицина и преподаватель по таксации леса Н.Л.Радостева. Неоценимую помощь в этом деле оказала администрация Кудымкарского района (Мошева Н.А и Нешатаев А.К.), а также глава Белоевского сельского поселения Н.Л.Чугайнов.

Особую признательность авторы выражают тем, кто вдохновил их на преодоление трудностей в науке и лишений работы в поле – научным наставникам профессору Максиму Лавровичу Дворецкому и доктору биологических наук Исакову Юрию Николаевичу, которые инициировали у нас множество идей и рабочих гипотез.

В сентябре 2011 г. состоялась международная конференция, посвященная 200-летию со дня рождения А.Е.Теплоухова, организованная Пермским госуниверситетом (М.В.Рогозин), Пермской государственной сельскохозяйственной академией (А.В.Романов) и Фондом культурного и природного наследия «Обвинская роза» (Е.В.Плешкова). В ней принимали участие правнуки А.Е.Теплоухова – Сергей Сергеевич Немков (г. С-Петербург) и Валерий Сергеевич Немков (США, г. Детройт), которые получили первое издание этой книги, выпущенное как раз к началу конференции.

Главы 1, 2, 5, 6 написаны М.В.Рогозиным; глава 3 – Г.С.Разиным; главы 4, 7 и 8 написаны совместно. С наилучшими пожеланиями читателям –

Рогозин Михаил Владимирович (слева), Разин Геннадий Сергеевич

1. **История создания и изучения лесных культур Теплоуховых**

Если История затрагивает что-то внутри нас и влияет на нашу жизнь - то она интересна. В этой книге мы расскажем о результатах деятельности лесничих Теплоуховых в лесах Пермского края, о том следе, который повлиял на современный облик наших лесов и который реально можно увидеть и оценить. В начале книги мы расскажем о некоторых участках культур с оценкой их значения для таких наук как общее лесоводство и экология леса. Затем раскроем сложные вопросы производительности, внутренней структуры и конкуренции в древостое лесных культур, их динамику, причины распада и причины долговечности лесных культур как биологической системы. Наконец, будут показаны возможности селекционного улучшения хвойных лесов в результате испытания потомства от лесных культур, созданных лесничими Теплоуховыми.

Авторы приносят извинения авторам и исследователям, чьи имена не будут упомянуты в связи с краткостью изложения материала.

1. 1. Краткая история создания культур

В имении Строгановых на Урале ведение лесного хозяйства с середины 19 и до начала 20 века связано с именами Александра Ефимовича и Федора Александровича Теплоуховых – главных лесничих имения. Во многих районах Пермского края сохранились посадки и посевы леса, выполненные под их руководством. Можно сказать, что Александр Ефимович Теплоухов привел в известность земли и леса имения, а его сын Федор реализовал идеи отца по ведению в них рационального хозяйства. Сыну досталась уже налаженная система учета и контроля земель, в которых было проведено земле- и лесоустройство и штат специалистов, получивших образование в технической школе, организованной его отцом, в которой он сам же и проводил занятия по разработанному им руководству по устройству и картографированию лесных и земельных угодий. Специалисты досконально знали земли и леса, так как сами их и устраивали после окончания школы. Устройство лесов заняло 13 лет. В результате в 1850-е годы Строгановы получили образцово организованное лесное хозяйство на огромной территории площадью свыше 50 тыс. км^2, которое возглавил Александр Ефимович. Его сын Федор Александрович так же, как и отец, учился в Германии и сменил отца на посту управляющего имением. Благодаря их усилиям к 1906 г были созданы культуры сосны, ели и лиственницы на площади свыше 3700 га (Глушков, 1906, по Чернову, 2008). Сын реализовал на практике основные идеи отца: смешанные, состоящие из 2-3 пород лесные культуры, равномерную и близкую к оптимальной густоту их выращивания. Техническая документация на культуры не сохранилась и особенности их создания мы описываем на основе обследования сохранившихся культур и сведений из литературы.

На освоенных и обжитых территориях имения леса занимали около половины площади и чередовались с сельскохозяйственными угодьями. Леса здесь были истощены «беспорядочно-выборочною порубкою», - писал А.Е.Теплоухов и требовали восстановления. Территории были плотно заселены и на вырубках выпасали скот, а спустя десятилетие, после расчистки, они становились сенокосами. Весной на них пускали пал и огонь иногда переходил на лес. Такая чересполосица мешала охране леса от самовольных рубок и пожаров. Поэтому с 1850-х годов в Пермском имении графов Строгановых начался «вывод крестьян из лесов» с целью создания сплошных покрытых лесом массивов, получивших название «заказных лесных участков», путем естественного заращивания и закультивирования бывших крестьянских угодий. Взамен изъятых земель крестьянам предоставлялись другие участки. Возобновление лесом бывших пашен преобладало естественное, а на покосах и пастбищах создавали лесные культуры (Чернов, 2008). На таких участках, как в единице хозяйствования, проводили регулярные лесовосстановительные рубки. Такая политика продолжалась до начала 20 века.

Н. Н. Глушков (по Чернову, 2008) приводит сведения о технологии создания первых лесных культур в 1858-1862 гг.: «Посадки производились дичками параллельными рядами на расстоянии 4,3 м и между деревцами в ряду 0,7 м; или между рядами – 2,1 м, в ряду же деревья садились по три на сажень (2,13 м) в шахматном порядке». Посевы леса проводились на пашнях с покровной культурой – овсом. Так, в Очерском округе в эти годы в 30 заказных участках было закультивировано посадкой 62 и посевом 8 га площадей. Посадки проводились рядами с шириной междурядий 1 или 2 сажени и с шагом посадки в ряду от 1 до 3 растений на сажень (0,71; 1,07; 2,13 м). До 1888 г. в Иньвенском, Ильинском и Очерском округах было посажено 523 и посеяно 11 га леса (Чернов, 2008). Этот период (1858-1885 гг.) можно отнести к первому производственному опыту создания лесных культур в Пермском крае по методическим требованиям и под руководством А.Е. Теплоухова.

Второй период создания лесных культур начался в 1886 г. и связан с деятельностью Федора Александровича Теплоухова на посту главного лесничего имения Строгановых на Урале, который он занял, сменив отца в 1875 г. Этот период определяется также опытом, приобретенным лесничими Билимбаевского и Очерского округов Ф. В. Гилевым и Е. Н. Мальцевым, которые в 1884 г были направлены для ознакомления с опытом посадки леса в Подмосковье к известному лесоводу К.Ф.Тюрмеру, ведущему специалисту по лесным культурам в России в те годы. Именно в этих двух лесничествах затем были построены шишкосушилки барабанного типа, заложены постоянные питомники для выращивания сеянцев и саженцев. Лесовосстановление было поставлено на научную основу.

Особенностью создания культур этого периода является продуманность и творческий подход к выбору лесокультурных приемов, строгое соблюдение технологии, с разметкой рядов по геодезическим инструментам. Так, Ф.А. Теплоухов в распоряжении от 13 марта 1888 года Очерскому лесничеству отмечает, что с «весны настоящего года необходимо поставить искусственное возобновление лесов на более твердую почву». Помошникам лесничего К.С. Шайдурову и С.Н. Мальцеву поручается проведение опытов сплошного и рядового посева семян сосны и ели, а также с примесью лиственницы, проведение посадок однолетними сеянцами. С 1890 года были начаты опыты по подготовке почвы площадками, гребнями и пластами. В этот же период Ф.А. Теплоухов ведет активную переписку с К.Ф.Тюрмером и другими видными лесоводами по вопросам искусственного лесовыращивания.

Основным способом создания культур сосны были посадки 2-летними сеянцами, культур лиственницы и ели – 3-х летними сеянцами. Однако на старых пашнях и пастбищах практиковался и посев семян в плужные борозды через 2,13 м и в лунки через 1,07 м, а также вразброс по свежевспаханной пашне вместе с овсом. Осенью овес убирали, а всходы сосны и ели оставались для выращивания леса.

За 15 лет, с 1888 по 1902 г. только в Очерском округе было создано 1248 га лесных культур, в том числе посадкой 892 и посевом 356 га. По состоянию на 1906 год Н.Н.Глушков (по Чернову, 2008) приводит следующие объемы созданных лесных культур: Билимбаевский округ – 1834 га, Очерский – 1850 га, Иньвенско-Кувинский – 26 га и Добрянский – 3 га, всего 3716 га.

К 2006 г. из них сохранилось лишь несколько сотен гектаров, так как значительная часть культур ели пострадала в 1980-90 годы от корневых гнилей, ветровалов и была вырублена. Культуры, созданные посевом, затерялись среди естественного возобновления ввиду слабой преемственности и перерывов в лесоустройстве. Культуры сосны и лиственницы, созданные посадкой, сохранились значительно лучше.

1.2. История изучения культур

Лесокультурные приемы, отработанные Ф.А. Теплоуховым, длительное время оказывали большое влияние на практику лесовыращивания. Из созданных в этот период культур к настоящему времени сформировались высокопродуктивные искусственные

насаждения, разнообразные по почвенным условиям, составу пород, способам производства, размещения деревьев, режиму рубок ухода.

Сохранилось множество участков культур, созданных как в первый, так и во второй период. Первые культуры ныне большей частью неизвестны специалистам, так как при таксации они принимались за естественные насаждения. Этому способствовали утрата схемы расположения рядов из-за редкой посадки дичков, с густотой от 1100 до 3300 шт./га, низкая сохранность и примесь естественного возобновления из хвойных пород. Однако нам удалось идентифицировать некоторые участки таких первых культур. Искусственное происхождение древостоя опознавалось, прежде всего, по необычным для естественных лесов биогруппам из 2 растений сосны и ели, растущих на расстоянии около 1,0 м. Биогруппы регулярно встречались на некоторой ограниченной площади, имели одинаковую ориентацию и крупные размеры стволов, свидетельствующие о большом возрасте растений. Два таких участка в старом сосновом насаждении встретились нам в 1983 г. к северу от п. Киприно Очерского района. В 1992 г они пострадали от ветровалов и были вырублены.

Одно из мест, где первые лесные культуры А. Е. Теплоухова сохранились до сих пор, расположено вблизи г. Очер на берегу пруда. Они хорошо видны с набережной и примыкают к д. Лужково с запада. На площади 11 га в сложном по составу и возрастным поколениям насаждении запасы древесины достигают 320 $м^3$/га и 60% запаса образуют довольно редко отстоящие друг от друга стволы сосны с диаметрами от 44 до 80 см. Картирование стволов сосны показало их регулярное расположение на площади с расстоянием, кратным 2 саженям (2,13×2=4,26 м). Иногда рядом с такими старыми соснами на расстоянии 1,1 м (по-видимому, при посадке расстояние было 1,07 м или 0,5 сажени) мы обнаруживали такие же старые стволы ели, что дополнительно свидетельствовало об искусственном происхождении древостоя (рис. 1). Можно полагать, что здесь мы нашли самые первые из числа культур, созданных с 1858 по 1861 гг., когда в Очерском округе в 30 заказных участках было закультивировано посадкой 62 и посевом 8 га площадей (Чернов, 2008) Возраст этих посадок около 150 лет. Они представляют особенный интерес как пример долговечности посадок сосны.

Культуры, созданные под руководством продолжателя дела отца, сыном Федором Александровичем, стали объектами пристального изучения для целой группы ученых-лесоводов: доктора с.-х. наук М.Н. Прокопьева, с.н. сотрудника Г.С. Разина, к.с.-х. наук М.В. Рогозина. Наличие в 1970-е годы в Пермской области более 2000 га лесных культур, созданных в период до 1917 года, послужило решающим фактором переезда в 1969 г. из г. Кирова в г. Пермь лесовода, тогда еще к.с.-х. наук Михаила Николаевича Прокопьева с последующей организацией им в 1973 г. лаборатории лесоведения и рекультивации лесных земель в Естественнонаучном институте при Пермском государственном университете. В лаборатории развернулись работы по всестороннему научному обследованию и изучению всех известных в области участков лесных культур хвойных пород старше 30 лет, в том числе и культур Теплоуховых. Именно в эти годы посадки дореволюционного периода достигли хозяйственной спелости. Интерес представляли культуры сосны, лиственницы, ели, а также смешанные посадки этих пород.

Изучение посадок началось безотлагательно, так как некоторые из них по неизвестным причинам начали внезапно усыхать.

В 1970-е годы в таежной зоне на вырубках лесоводы практически везде стали высаживать ель, так как посадки сосны повсеместно уничтожались лосем. Возникла проблема – эффективна ли такая замена и не произойдет ли потеря продуктивности лесов при выращивании только ели и отказе от культур сосны?

За более чем 10-летний период полевых работ и анализа данных, полученных при изучении лесных культур Ф.А. Теплоухова, М.Н.Прокопьеву удалось найти убедительные доказательства возможных потерь при такой замене и пути решения других вопросов лесовосстановления. Результаты этой длительной работы оказались следующими.

Рис. 1.1 – Культуры, созданные Ф.А.Теплоуховым в период 1858-1861 гг. на берегу Очерского пруда вблизи д. Лужково. Сосна и ель высаживались и растут «парами», с регулярным расположением биогрупп через 2 сажени (4,26 м). Стрелкой показана вторая биогруппа. Кипринское участковое лесничество, кв. 83, выдел 5, площадь 11 га. Координаты центра участка: *N* 57˚53′54′′ *E* 54˚42′01′′. Фото 2006 г.

После обследования десятков участков культур, отличавшихся разнообразием схем посадки, смешения пород и почвенных условий, были обнаружены рекордные по продуктивности культуры сосны в возрасте 65-83 года (8 участков) и культуры ели в

возрасте 68-89 лет (6 участков). Оказалось, что сосна в этом возрасте накапливает запасы 594-738 м^3/га, а ель – 408-619 м^3/га. Причем особенно ценной крупномерной древесины толщиной 26 см и более в культурах сосны оказалось от 187 до 619 м^3/га, а в культурах ели – 82-225 м^3/га. Особенно важным было то обстоятельство, что сосна выращивалась на типичных «еловых» суглинистых почвах в условиях временного избыточного переувлажнения. Качество древесины сосны и ее плотность оказались высокими. Таким образом, длительный научный спор о ели и сосне был решен в пользу сосны, как наиболее экономически универсальной и пластичной породы, благодаря культурам Ф.А. Теплоухова (Прокопьев, 1978).

Были найдены и наиболее удачные варианты смешения сосны с елью. Когда в еловые посадки вводилось 10-20% сосны, то к 1970-1980-м годам древостой обладал высокой устойчивостью к корневым гнилям и давал особенно крупные стволы сосны. Общий запас древесины сосны и ели достигал в таких посадках 671-697 м^3/га. Эталонные (наилучшие) естественные древостои сосны и ели в таежной зоне достигают запасов 350-400 м^3/га в возрасте 90-130 лет. То есть при искусственном выращивании хвойных лесов накопление запасов древесины ускоряется практически в два раза (Прокопьев, 1981).

В 1970-е годы широко пропагандировалась высокая продуктивность культур лиственницы и ее повсеместное внедрение (главным образом в работах В.П. Тимофеева). М.Н. Прокопьевым были обнаружены в Очерском лесхозе чистые культуры лиственницы, созданные в 1902 г. Два наиболее продуктивных ее участка в 73 года имели средние высоты 27,4-28,4 м и запасы 515-771 м^3/га. Оказалось, что для этой породы нужны плодородные и глубоко дренированные супесчаные и легкосуглинистые почвы, которые редко встречаются на Урале и в Прикамье. Наиболее распространены здесь суглинки с временным переувлажнением, где лиственница превышает по высоте сосну на 10-12%, но в чистых древостоях сильно изреживается и в конечном счете дает более низкие запасы древесины в сравнении с сосной.

В начале 1980-х годов особый интерес со стороны лесной науки был проявлен к культурам ели так называемого «плантационного типа». Под ними понимались посадки, разреженные до оптимальной густоты и позволяющие выращивать древесину для нужд целлюлозно-бумажной промышленности к возрасту 50-60 лет. Некоторые из участков культур ели, созданных под руководством Ф.А. Теплоухова, представляли идеальные объекты для выяснения оптимальных параметров выращивания таких культур. Поэтому М.Н. Прокопьев в 1982 году в Очерском лесничестве организовал проведение Всесоюзной конференции по лесовосстановлению, где были продемонстрированы 70-80-летние культуры Ф.А. Теплоухова как прототип культур плантационного типа. Участников конференции поразили высокое качество стволов и запасы чистых и смешанных древостоев лиственницы, сосны и ели, достигающие 600-770 м^3/га .

В последующие семь лет с целью разработки стандарта на плантационные культуры под руководством старшего научного сотрудника Г. С. Разина изучались лучшие примеры из практики создания культур ели. Было обследовано 118 участков культур ели разных лет, в том числе 32 участка, созданных в 1888-1916 гг. в Сивинском, Очерском, Оханском, Осинском, Кудымкарском лесхозах. По результатам их изучения написаны отчеты о научно-исследовательской работе. Было обнаружено, что культуры, созданные с густотой 4,3 тыс. шт./га и более по схеме 2,13×1,07 м по достижении 60-70-летнего возраста в массовом порядке усыхали без видимых причин. Удалось выяснить, что примерно с 40-летнего возраста такие посадки находились в перегущенном состоянии с относительной полнотой 1,0 и выше. Более чем 30-летняя конкуренция между растениями настолько ослабила отличавшиеся высокой сохранностью посадки, что после засухи 1972 года в них появились очаги корневой губки. Они быстро разрастались и примерно за 10 лет привели к гибели 28 из 32 участков культур.

Однако в бывшем кв. 90 (ныне кв. 54) Кипринского лесничества Очерского лесхоза были найдены культуры 1902 г., в которых в 1940-х годах вырубили каждый второй ряд и

понизили полноту вдвое. Спустя 40 лет такие посадки казались изначально созданными с междурядьями не в одну, а в две сажени (4,26 м). Тем не менее и здесь недопустимо высокая полнота восстановилась спустя 20 лет и держала древостой в постоянном стрессовом состоянии и дефиците влаги. Засуху 1972 года (случившуюся в конце лета) эти культуры пережили успешно, но после следующей засухи в июне 1982 года, когда в ряде мест Пермского края дождя не было 40 дней, этот участок-прототип плантационных культур начал постепенно усыхать и был вырублен.

Некоторые участки культур ели сохранялись еще некоторое время после упомянутых засух 1972 и 1982 гг. Последующий их распад был обусловлен активизацией корневых гнилей, особенно быстро развивающихся на бывших в сельскохозяйственном пользовании землях (выгонах и пашнях), на которых чаще всего и создавали старые культуры. После засухи 1982 года последовало дождливое и теплое лето 1983 года, когда в первой половине августа, например, выпало две месячных нормы осадков и это также активизировало развитие ризосферы.

Наиболее сильно пострадал самый большой из известных нам тогда участков культур площадью 42 га в Сепычевском лесничестве в кв. 65 и 66. После упомянутых колебаний погоды очаги корневой губки с высохшими деревьями спустя всего 10 лет занимали здесь уже 38 % площади культур против 3,2 % в 1983 году. Кроме того, в 1991 и 1993 гг. в Верещагинском, Очерском и прилегающих районах наблюдались сильные ветра и катастрофические ветровалы. Разросшиеся в диаметре от 8 до 15-30 м очаги корневой губки с выпавшими деревьями, которые местами начали сливаться, резко ослабили ветровую устойчивость древостоя и сильные ветра довершили разрушение культур. Поэтому в 1992-93 гг. Сивинский лесхоз этот большой массив старых культур ели отвел под сплошную санитарную рубку.

В культурах ели на богатых среднесуглинистых почвах катастрофические усыхания начались в еще более раннем возрасте, в 55-60 лет (вблизи д. Киприно в Очерском лесхозе и в Частинском лесничестве Осинского лесхоза вблизи ООПТ «Дальние Мысы).

Анализ литературы показал, что распад монокультур ели с возрастом был известен лесоводам давно, но рецепты его предотвращения сводились в основном к введению в состав других пород и подлеска.

В естественных ельниках активизация корневых гнилей происходит в период ослабления прироста. Обследование около 7 тыс. пней в фитоценозах, пройденных 12-16 лет назад проходными рубками показало (Битков, 2008), что проведенные в фазе ослабления прироста рубки ухода увеличили заражение пней доминирующих деревьев корневой губкой до 29-36%; если же рубки проводили в фазе прироста выше среднего, то зараженность пней составила всего 12,3 %. В данном случае «…деревья теряют жизненные силы и гибнут не только от техногенных факторов, но и от лесоводственных воздействий, базирующихся на благородных теоретических посылах повышения продуктивности леса и улучшения его санитарного состояния» (Битков, 2008, с. 23). То есть рубки ухода в древостоях с ослабленным приростом не улучшают, а, наоборот, ухудшают санитарное состояние еловых лесов. Аналогичный вывод о том, что санитарные рубки не дают эффекта и гибель древостоев после их проведения продолжаются, получены при мониторинге ельников Вятско-Камского региона (Ковалев, 2002).

Исследования насаждений хвойных пород самого разнообразного происхождения, после специального графического и математического анализа позволили Г.С. Разину установить закономерность, согласно которой, чем больше исходная сомкнутость и полнота насаждения, тем раньше наступает предельная сомкнутость крон и тем сильнее древостой снижает ее впоследствии и, наоборот, чем ниже исходная сомкнутость и полнота, тем продолжительнее процесс их возрастания и слабее их снижение с возрастом.

В культурах выравненная по фактическим данным динамика полноты отличается резким ее возрастанием и падением в густых культурах (рис.1.2).

Важнейшие положения открытых закономерностей нашли яркое и убедительное подтверждение на вышеприведенных примерах распада и гибели культур ели Ф.А. Теплоухова. Причины распада густых культур кроются в наборе древостоем предельной полноты в самый интенсивный период роста и накопления запаса – в 30-40 лет. После этого наступает стагнация полноты и ее падение (см. рис.1.2). Падение было «естественным» и плавным только первые годы и было обусловлено максимально напряженной конкуренцией среди деревьев в течение примерно 10-20 лет. Далее конкуренция настолько ослабила все растения, что после очередной засухи культуры начинали либо ускоренно усыхать куртинами (снижать полноту), либо активизация корневых гнилей привела к катастрофическим последствиям (распаду древостоя) спустя всего несколько лет.

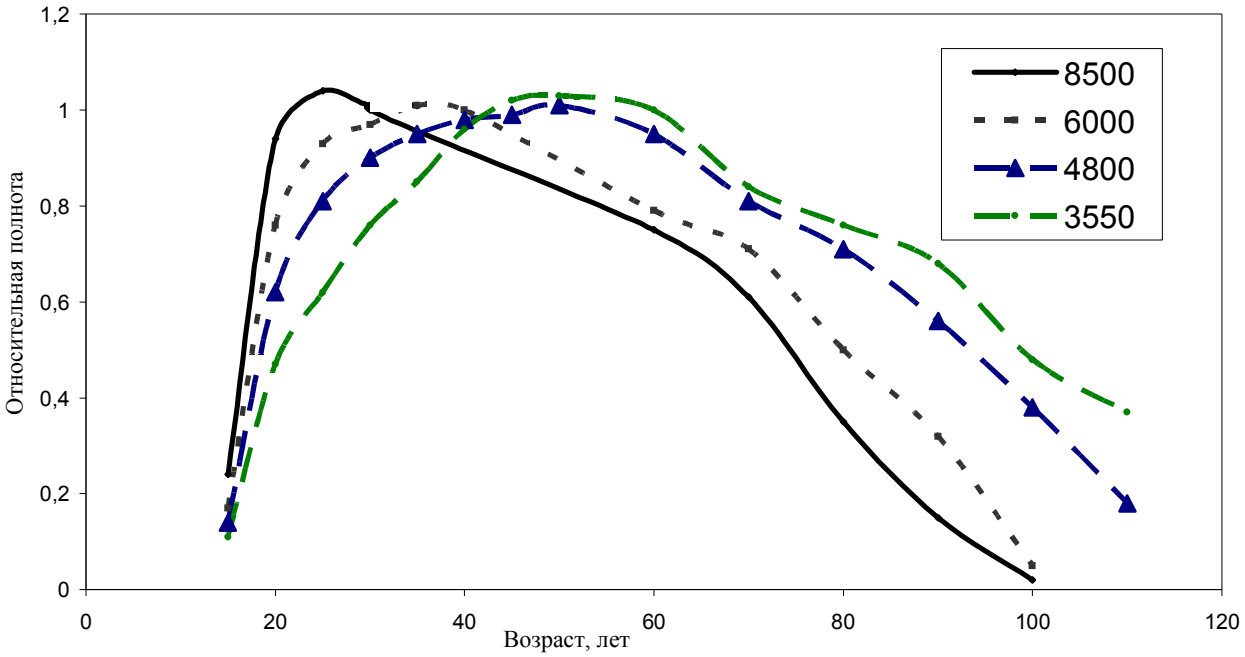


Рис.1.2 – Относительная полнота древостоев еловых культур по местной таблице хода роста в зависимости от возраста и начальной густоты (3550-8500 шт./га).

На основании проведенных исследований удалось выяснить причины усыхания еловых культур, которыми были наложение и суммарное воздействие следующих факторов:

1) длительный период предельной густоты и полноты, который ослабил даже самые развитые деревья;

2) появление в ослабленном древостое очагов корневых гнилей;

3) засухи 1972 и 1982 гг.;

4) ослабление древостоев после урожайных лет 1974 и 1982 гг.;

5) влажные годы, последовавшие за засушливыми и урожайными годами, активизировавшие разрастание очагов корневых гнилей;

6) ветровалы 1991-1993 гг.;

7) почвенные условия на старопахотных землях, оптимальные для развития не только деревьев, но и ризосферы, в том числе грибов-патогенов.

Избежать деградации роста и распада культур можно только поддерживая древостой в «оптимально-разреженном» состоянии с раннего возраста и особенно в 30-50

лет, при полноте примерно 0,65-0,75, когда большинство деревьев относительно свободно развивают свою крону и формируют максимально возможный запас древесины только к возрасту технической спелости или к возрасту рубки в 65-70 лет.

Определение полноты древостоя – довольно сложная задача, и поэтому для практических целей было предложено вместо нее сочетание средней высоты деревьев в господствующей части древостоя и числа стволов на 1 га, а также некоторые другие показатели. Анализ роста культур Теплоуховых помог разработать несколько вариантов программы выращивания плантационных культур и в конечном счете предложить универсальную формулу для определения оптимального числа стволов в чистых насаждениях в любом возрасте, на которую Г.С. Разиным в 1989 г. было получено авторское свидетельство № SU 1464970 A1. 15.03.1989.

Эти разработки нашли практическое применение в программах выращивания плантационных культур в таежной зоне России, а также послужили базой для дальнейшего поиска в вопросах выращивания высокопродуктивных лесов в Прикамье.

В отличие от культур ели, культуры Ф.А.Теплоухова с преобладанием сосны и лиственницы хорошо сохранились во многих районах края. Сосна в них достигает 36, лиственница – 40 метров в высоту. Это рекордные высоты для деревьев в таежных лесах. Насаждения уже давно переступили период максимальной относительной полноты и максимальных запасов древесины, который пришелся на возраст 65-80 лет в 1970-80-е гг., однако по-прежнему сохраняют высокую жизнестойкость. Наиболее крупные массивы культур послужили основой для выделения их в качестве ООПТ регионального значения и они могут быть объектами дальнейших исследований. В особенности интересно проследить в них процессы старения древостоев разных пород после 100-летнего возраста культур. Обследования культур на некоторых участках с перерывом в 40 лет (конец 1960-х гг. М.Н.Прокопьевым и 2006-2009 гг. М.В.Рогозиным) показали высокую адаптацию лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной к биотическим факторам стресса – меж- и внутривидовой конкуренции в условиях повышенной густоты. Ель сибирская в культурах с ее преобладанием в составе насаждений до такого возраста не доживала.

Наряду с тем, что культуры Теплоуховых являются прототипом и эталоном (образцом) плантационных культур, несомненную ценность они представляют как объекты для селекции хвойных пород в Прикамье. Так, от 129 плюсовых деревьев ели из культур 1901-1916 гг. было испытано потомство урожая 1986 г. и по результатам измерения высот, среди потомства 12 популяций ели из южной тайги Пермского края, потомство из культур Теплоуховых оказалось самым быстрорастущим. На 21-летних потомствах из культур нами получены и некоторые многообещающие и неизвестные ранее закономерности, которым будет посвящена специальная глава.

Работы по обследованию культур в последнее десятилетие включали в себя глазомерно-измерительную таксацию с закладкой 3-5 круговых площадок для определения полноты и измерениями высот у 13-15 деревьев каждой породы с точностью ±0,2 м. В необходимых случаях наносили новые границы выделов. Мы приводим далее характеристику и анализ «культур Теплоуховых» в двух районах края, где они могут быть как объектами дальнейших исследований, так и объектами экологического туризма.

1.3. Культуры Теплоуховых в Очерском районе

В Очерском районе (бывший Очерский округ в имении Строгановых) ныне отнесены к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) 8 участков с лесными культурами. Мы провели их обследования в 2006 г.

Массовые посадки леса в Очерском окружном лесничестве начались в 1888 г. и осуществлялись лесничими Мальцевым С.Н., а затем Шайдуровым К.С. Технология создания культур была весьма строгой, с разметкой и провешиванием рядов по буссоли и использованием маркировочного шнура. Схема размещения посадочных мест во всех

участках оказалась 2,13×1,07 м (сажень между рядами и полсажени в рядах). Посадки проводили в плужные борозды глубиной 12-15 см и шириной до 20 см по старым пашням, выгонам и сенокосам на местах старых вырубок. Размещение растений выдерживалось настолько строго, что в 1970-е годы еще можно было увидеть не только поперечное совпадение мест стояния деревьев в рядах, но и «диагональный» ряд под углом 45º к направлению рядов культур. В 2006 году эти поперечные и диагональные ряды различить уже не удавалось главным образом из-за густого подроста ели, а также увеличения расстояний между деревьями в ряду иногда до нескольких саженей.

Выделение культур Теплоуховых в качестве ООПТ совпало по времени с массовым усыханием и распадом чистых культур ели из-за корневых гнилей и ветровалов. Поэтому чисто еловых посадок не сохранилось, но они сохранилась в смешении с сосной и лиственницей при доле участия ели в составе от 7 до 30%.

История создания культур на каждом конкретном участке (выделе) в виде технических параметров первоначального смешения пород, размещения растений и состояния этих участков в 2006 году приведены в таблице 1.1.

Культуры отличаются многообразием вариантов смешения трех хвойных пород, которые включили в себя на некоторых участках до 6 схем. В ООПТ «Соломатка» в хорошем состоянии сохранилось 5 из 6 таких сложных схем смешения пород. Максимальная хозяйственная ценность этих вариантов культур, как и было задумано при их создании Ф.А. Теплоуховым, наблюдалась в возрасте 70-80 лет (1970-1980-е годы), и в настоящее время древостои находятся в стадии стагнации полноты и запаса. По биологической устойчивости они могут быть отнесены к климаксовым лесам.

Нами выделены 15 участков площадью 260 га, где хорошо сохранились культуры сосны, лиственницы и смешанные посадки сосны с елью в возрасте 95-119 лет. При относительной полноте 0,8-1,2 в 2006 г. они имели запасы древесины 500-660 м^3/га. При этом отдельные деревья сосны достигли высоты 35,9 м, а лиственницы – 39,8 м.

Обнаружены и два крупнейших массива старых культур площадью 49 и 105,6 га в 4 км на северо-восток от д. Морозово (ООПТ «Морозовский», южный участок 49 га в кв.5 в.1, 26 и северный участок 105,6 га в кв. 4 в. 3, 4, 6; кв.7 в.14). Посадка проводилась в 1901 и 1911 г. с размещением растений 2,13×1,07 м (1 сажень между рядами и ½ сажени в ряду). Высаживали чистую сосну, сосну с примесью ели в 25 и 50% и ель с примесью сосны 25%. Последний вариант занимал площадь всего 2,1 га, причем ель на нем начала усыхать примерно 20 лет назад и участок не был включен в территорию ООПТ. Из первых трех вариантов сформировались высокопродуктивные сосновые древостои с елью во втором ярусе. Относительная полнота первого яруса составила 0,70-0,87 и второго 0,28-0,14. Общий запас древесины составляет 497-558 м^3/га. Средняя высота сосны в возрасте 98 лет достигла 28,9-29,3 м, ели – 16,8-17,7 м (табл. 1.2). В посадках нет очагов корневых и стволовых гнилей несмотря на большое количество сухостойных деревьев и валежа.

Посадки с преобладанием ели в составе древостоев на ООПТ (или вблизи них на выделах, не отнесенных к ООПТ) начали усыхать еще в 1970-е гг. и практически погибли к началу 1990-х годов. Поэтому несколько выделов с погибающими культурами ели не были включены в территорию, например, ООПТ «Парковый» и «Соломатка», хотя ранее они входили в один компактный массив вместе с культурами сосны и лиственницы.

Следует отметить высокие адаптивные свойства и долговечность культур сосны и лиственницы. Вблизи д. Киприно в 1991-1992 годы прошли ветровалы, после которых сильно пострадали и были вырублены многие насаждения, однако культуры сосны и лиственницы 1902 г. не пострадали. Сосна в этих культурах (ООПТ «Зимовское урочище») обнаруживает поразительную адаптацию к существованию в течение многих десятилетий в условиях предельной полноты, которая достигает здесь значений 0,8-0,9. Средняя высота сосны в 106 лет составила 30,8 м при максимальном значении 35,9 м.

Таблица 1.1 – История создания лесных культур на территории ООПТ в Очерском районе. Размещение посадочных мест в культурах 1891-1914 гг. было на всех участках 2,13×1,07 м, а в культурах 1941-1969 гг. отмечено для каждого участка отдельно

Наименование ООПТ	Номер		Площадь, га	Год создания культур	Варианты культур		Состояние культур в 2007 году						
										оценка состояния			
										по породам			всего насаждения
	квартала	выдела			размещение пород	состав по породам, %	породный состав	возраст, лет	относи-тельная полнота	Л	С	Е	
Очерское участковое лесничество													
"Соломатка"	1	14	2,5	1911	СССС ЕЕЕЕ	50С50Е	8С2Е	98	0,8		+	+	+
		30*	8,7*	1901	ЕЕЕЕ СЕСЕ	75Е25С	7Е3С	108	0,4		+	-	-
		31	1,8	1901	ЕЕЕЕ ЛСЛС	50Е25Л25С	6С3Л1Е	108	0,7	+	+	-	-
		32	0,9	1901	ЛЛЛЛ	100Л	10Л	108	0,8	+			+
	2	10	4,7	1901	ЕЕЕЕ ЛЛЛЛ СССС	34Е33Л33С	5Л3С2Е	108	0,6	+	+	-	+
		12	5,1	1901	СССС ЕЕЕЕ СЕСЕ	50С50Е	8С2Е	108	0,6		+	-	+
		14	7,4	1901	СССС ЕЕЕЕ	50С50Е	8С2Е	108	0,7		+	+	+
"Морозовский"	4	3	76	1911	СССС	100С		98	0,7		+		+
		4, 6	17,6	1911	СССС ЕЕЕЕ	50С50Е	9С1Е	98	0,9		+	+	+
	5	1, 26	49	1911	СССС СЕСЕ	75С25Е	10С+Е	98	0,8			+	+
		25*	2,1*	1906	ЕЕЕЕ ЕСЕС	75С25Е	9Е1С	103	0,4		+	-	-
	7	14	12	1901	СССС	100С		108	0,9		+		+

Продолжение таблицы 1.1

Наименование ООПТ	Номер		Площадь, га	Год создания культур	Варианты культур		Состояние культур в 2007 году						
	квартала	выдела			размещение пород	состав по породам, %	породный состав	возраст, лет	относи-тельная полнота	оценка состояния			
										по породам			всего насаждения
										Л	С	Е	
"Лужковский"	21, 22, 29, 30	36, 13, 7, 1	19,4	1901	СССС СЕСЕ	75С 25Е	9С 1Е	108	1,0		+	-	+
"Парковый"	43	7	1,8	1891	ЛЛЛЛ СССС	50Л 50С	8Л 2С	118	0,8	+	+		+
	44	1	1,3	1891	ЛЛЛЛ СССС	50Л 50С	9Л 1С	118	1,0	+	+		+
		7	0,8	1891	ЕЕЕЕ ЕСЕС	75Е 25С	6Е 2П 2С	118	0,4		+	-	-
"Павловский"	63	3а, 3в	12,3	1914	СССС СЕСЕ (2,13 х 1,07 м)	75С 25Е	9С 1Е	95	0,8		+	+	+
	73	2	26	1914									
	79	8	14	1914									
	72	3	58	1946	рядовые культуры сосны 2,5 х 0,7 м с естественным возобновлением Е, П, Ос	80С - культуры 10Е 10Ос+П - ест. возобн.	7С 1Е 2Ос	63	0,8		+	+	+
	73	9, 12, 13	28,9	1947									
	62	6, 10, 14-18	58,2	1946									
	71	1, 6	76	1946									
	72	1	48	1946									
	74	8	6	1947									
	79	2, 45	22,5	1941-1949									
	80	11	4,6	1951									

Продолжение таблицы 1.1

Наименование ООПТ	Номер		Площадь, га	д создания культур	Варианты культур		Состояние культур в 2007 году						
										оценка состояния			
										по породам			всего
	квар-тала	выдела			размещение пород	состав по породам, %	породный состав	возраст, лет	относи-тельная полнота	Л	С	Е	насажде ния
Кипринское участковое лесничество													
"Андриановский"	6 7 9	28 21 12	12 7,4 2	1965 1962 1966	рядовые культуры 2,5 х 0,7 м	100С	10С	42-46	0,9		+		+
	10	1 5 6 (вост.ч) 12 7 8	2,6 3,2 47 8,3 3,8 39	1966 1969 1964 1966 1960 1957	культуры биогруппами по 2 растения 2,5 х 1,1 м	100С	10С +Е (естествен. куртины Е)	40-51	0,8-1,2		+		+
		6 (запад)	15	1964	по 5 шт.в гнезде 0,7 х 0,7 м через 3 м	100С	10С +Е (естествен. куртины Е)	45	0,9		+		+
	9	11	4,4	1982	ЛЛЛЛ СССС 2,5 х 0,7 м, естественное возобн. Е, Б	50Л 50С	5Л 1С 2Е 2Б	25	0,7	+	+		+
"Спешковский"	46 47	12 1	11,7	1890	СЕСЕСЕ 2,13 х 1,07 м	50С 50Е	8С 2Е	119	1,0		+	+	+
"Зимовское урочище"	54	2, 9, 10	5,5	1902	СССС	100С	10С	106	0,9		+		+
		24	0,6	1902	ЛЛЛЛ	100Л	10Л	106	0,7		+		
		15	1,6	1902	ЛЛЛЛ ЛЕЛЕ	75Л 25Е	9Л 1Е	106	1,0		+	+	+

Примечание: * - выдел не был отнесен к ООПТ

Таблица 1.3. – Наиболее продуктивные лесные культуры, созданные в Очерском районе лесничими Ф.А. Теплоуховым и А.Д. Бурдиным

Наименование ООПТ	Площадь, га	Порода	Число вариантов, шт.		Лучшие варианты культур													
			при создании	сохранилось к 2006 г.	номер		площадь, га	порода	доля при посадке, %	год создания	возраст, лет	средние		максимальные		относительная полнота	запас, $м^3$/га	
					квартала	выдела						диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м		по породам	всего
Очерское участковое лесничество																		
"Соломатка"	22,4	С, Л, Е	7	6	2	10	4,7	Л	33	1901	108	40	33,6	72	36,7	0,31	195	
								С	33			36	32,1	52	33,3	0,16	101	
								Е	34			30	28,9	48	32,0	0,18	110	406
"Морозовский"	154,6	С, Е	4	3	4	6	8,4	С	50	1911	98	30,8	28,9	36	31,1	0,70	413	
								Е	50			18,2	17,7	24,6	22,8	0,28	84	497
					5	26	38	С	75	1911	98	30,6	29,3	36,1	31,2	0,87	520	
								Е	25			19,3	16,8	24	22	0,14	38	558
"Лужковский"	19,4	С, Е	1	1	21	36	7,2	С	75	1901	108	32,8	30,3	50	33,5	0,99	610	
								Е	25			14,4	13,8	20,9	20,3	0,24	48	658
"Парковый"	4,9	Л, С	2	1	44	1	1,3	Л	50	1891	118	40	36,9	68	39,8	0,89	578	
								С	50			36	32,2	48	34,8	0,08	50	628
"Павловский"	363,2	С, Е	3	3	63	3в		С	75	1914	95	32	26,9	50,5	32,5	0,74	407	
								Е	25			26,7	24,4	30	27,1	0,07	33	440
					79	8б		С	100	1946	63	30,2	26,4	34,5	27,9	0,91	480	480
Кипринское участковое лесничество																		
"Андриановский"	144,7	С, Л, Е	3	3	10	6	62	С	100	1964	45	19,4	16,7	32	19,7	1,26	327	327
"Спешковский"	11,78	С, Е	1	1	47	1	8,6	С	50	1890	119	36,3	31,2	61,4	36	0,7	434	
								Е	50			24,5	21	44,3	34,5	0,3	117	
								П	-			18,9	17	-	-	0,08	22	573
"Зимовское урочище"	7,3	С, Л, Е	4	3	54	15	1,6	Л	75	1902	106	34	31,8	46	35,9	0,85	535	
								Е	25			26,3	23,5	32,5	28,7	0,13	60	595
						10	1,2	С	100	1902	106	30,5	30,8	48	35,9	0,91	555	555

Особенный интерес как пример долговечности представляют посадки сосны 1858-1861 гг. на берегу Очерского пруда, хорошо видные с его плотины и о которых мы уже писали в начале раздела.

В результате обследования культур, помещенных в таблицах 1.1 и 1.2, были отмечены следующие особенности их состояния, структуры и продуктивности.

1. Все обследованные в 2006 году «культуры Теплоуховых» являются уникальными природными (природно-историческими) объектами, требующими сохранения.

2. Изучение культур на 8 ООПТ установлено, что посадки отличались строгим расположением растений, преимущественно 2,13×1,07 м (сажень на полсажени) и многообразием вариантов смешения этих пород, включающих до 6 схем.

3. Культуры создавались как чистыми, так и по различным вариантам смешения из трех пород – сосны, лиственницы и ели и имеют следующие таксационные особенности:

– в настоящее время в насаждениях преобладает сосна и лиственница с участием второго яруса из ели от 7 до 23% по запасу;

– культуры и небольшие их участки с участием ели 30% и более распадаются вследствие постепенного ослабления деревьев из-за высокой текущей густоты и последующей гибели ели от корневых гнилей;

– насаждения имеют запасы сырорастущей древесины 406-658 м3/га, сухостойной древесины от 10 до 30 м^3/га и валежа от 5 до 20 м^3/га;

– за исключением посадок с преобладанием ели все культуры в настоящее время имеют полноту 0,7-1,0 и удовлетворительное санитарное состояние.

4. Лесные культуры 1890-1914 годов находятся в периоде стагнации полноты и запаса древесины с накоплением в насаждениях сухостоя и валежа. В биологическом отношении они относятся к климаксовым лесам, и поэтому активное воздействие на древостой (рубки среди живых деревьев) нарушит сложившиеся в фитоценозе взаимоотношения между его элементами, включая не только ярусы древостоя, но и напочвенный покров.

5. На двух ООПТ («Павловский» и «Андриановский») культуры созданы в 1941-1970-е годы лесничим А.Д. Бурдиным и отличаются менее строгой схемой размещения растений и представлены почти исключительно сосной. Обнаружены 3 варианта культур: 1) культуры, созданные рядами через 2,5-3 м и в ряду через 0,7 м; 2) культуры, созданные биогруппами по 2 растения с оставлением 1 растения в биогруппе после укоренения растений, с расстоянием между оставляемыми растениями в рядах 1,1 м и между рядами 2,5 м; 3) культуры «гнездами» по 5 растений в биогруппе и расстоянием между центрами биогрупп 3,0 м. Культуры отличаются хорошей сохранностью и часто очень высокой полнотой, близкой к предельной (1,0-1,2).

6. В 1990-х годах в крупных массивах культур (ООПТ «Спешковский», «Лужковский», «Морозовский») были проведены выборочные рубки, при которых через 50 м прорубались коридоры-волока шириной 5-6 м. При этом уборка сухостоя и валежа проводилась в узкой полосе леса только вблизи волоков и затрагивала до 25-30% площади. На остальной площади очистка захламленности не проводилась почти 20 лет.

7. Накопление сухостоя и валежа в культурах опасно в пожарном отношении. В случае низового пожара их горение приведет к прогоранию как лесной подстилки, так и гумусового слоя и гибели части корней деревьев. Последнее приведет к постепенному отмиранию деревьев. Однако практика рубок предусматривает сбор порубочных остатков на волок и приминание их трактором (последнее часто не выполняется), что увеличивает объем горючего материала и среду обитания энтомо- и фитовредителей.

8. Поражение стволовыми гнилями и болезнями живых деревьев сосны I-IV категорий санитарного состояния единичное. Плодовые тела сосновой губки обнаружены у менее чем 1% деревьев на ООПТ «Соломатка», «Лужковский» и «Морозовский» и у 1-3% деревьев на ООПТ «Спешковский».

9. Подрост на всех обследованных ООПТ благонадежен и состоит из ели в возрасте до 60 лет. Подрост сосны и лиственницы единичен и встречается на открытых местах.

10. Ветровая устойчивость культур при средних высотах 29-32 м напрямую зависит от наличия в массиве открытых пространств, разного рода «карманов» и прогалин, где крайние деревья испытывают максимальные ветровые нагрузки. Значительная часть культур сосны и лиственницы при ветровалах 1991-1993 годов уцелела благодаря именно однородности и компактности участков.

11. Выявлены участки-феномены, повышающие ценность территорий как особоохраняемых и повышающих их привлекательность для экотуризма:

– два возможно самых крупных участка культур сосны среди посадок сосны, проведенных в России до 1914 года, площадью 49 и 105,6 га (ООПТ «Морозовский»);

– деревья сосны высотой до 35,9 м (ООПТ «Спешковский») и деревья лиственницы высотой до 39,8 м (ООПТ «Парковый»), возможно, самые высокие в Пермском крае.

1.4. Культуры Теплоуховых в Горнозаводском районе

В Горнозаводском районе технология создания лесных культур была менее строгой. Однако масштабы посадок леса здесь просто поражают – единовременно засаживались целые склоны гор по 0,5-1,4 км^2! В период создания этих культур в 1900-1916 г. территория Горнозаводского района относилась к земельным владениям графа Шувалова. В его владении находились Кусья-Александровский, Бисерский, Пашийский заводы и Крестовоздвиженские золотые промысла (ныне пос. Промысла). Ведение лесного хозяйства осуществлялось Теплогорским и Бисерским лесничествами под руководством лесничих Зандерсона И.И. и Скудович П.С., которые были знакомы с практическими методами работ Ф.А. Теплоухова, начатых на 12 лет раньше и в этом смысле они могут считаться его учениками или последователями.

Объекты лесокультурной деятельности на изучаемой территории в научном плане изучены недостаточно. Единственной работой, в которой упоминаются анализируемые культуры, является работа А.А. Марусова (Марусов, 1970), бывшего директором Горнозаводского лесхоза в 1970-е годы. По-видимому, причинами невнимания со стороны ученых-лесоводов были значительная примесь естественного возобновления и нерегулярное размещение растений в рядах, а также криволинейность рядов. Часто в посадках нам не удавалось опознать даже направление рядов посадки. Причины такого нерегулярного размещения посадочных мест, по-видимому, были в характере почвы. В ней часто попадались валуны, крупные камни и щебень близко к поверхности, сильно мешавшие при изготовлении посадочных щелей. Места посадки растений а иногда и рядов из-за этого часто переносили на 15-30 см. Кроме того, густота культур за исключением двух выделов оказывалась недостаточно высокой из-за того, что в посадках не проводились дополнения; сроки этих работ совпадали с недостатком рабочей силы при известных катастрофических событиях в истории страны (1913-1918 гг.).

В отличие от «Теплоуховских» культур во владениях Строгановых, лесные посадки на землях графа Шувалова проводились с использованием метрической системы мер длины. Нам удалось выяснить, что между посадочными местами в ряду и между рядами растений основным (средним) расстоянием было 1,5 м. По указанным выше причинам между отдельными рядами и растениями оно колебалось от 1,15 до 1,90 м и такое

размещение растений обеспечивало густоту посадки до 4400 шт./га. В годы наибольшего научного интереса к лесным посадкам (1960-80 гг.) такая густота считалась недостаточной, а в сочетании с большой долей лиственных пород, нечеткими и узкими междурядьями отпугивала исследователей. Возможно, еще одной причиной неизученности посадок была их отдаленность и отсутствие дорог.

Принципиальная идея создания смешанных посадок была в целом воспринята лесничими Зандерсоном И.И. и Скудович П.С., но реализация ее отличалась от культур Ф.А. Теплоухова в Очерском районе. Если там смешение проводили рядами, то здесь смешение пород было одиночным или звеньями по 5-10 растений. Основной породой здесь была ель, к которой примешивали 10-30% сосны и лиственницы. Как более быстрорастущие, эти породы занимали господствующее положение в древостое и формировали отдельные крупные стволы, не мешающие росту ели. Последнее обстоятельство как раз и является основным отличием старых культур в Горнозаводском районе, созданных в начале 20 века лесничими И.И.Зандерсоном и П.С.Скудович– учениками-последователями Ф.А. Теплоухова.

Современная характеристика культур. Основные площади культур были заложены практически за один год, когда в верхнем течении р. Тискос в кв. 170, 171, 172, 173, 166 и 167 высадили культуры ели с примесью сосны и лиственницы на 12 участках общей площадью примерно 300 га. Из них сохранились и учтены лесоустройством 9 участков общей площадью 281,0 га (Тискосские ООПТ «ельник» и «сосняк»). Более мелкие участки культур с площадью до 20 га представлены ныне на ООПТ «Пономаревский лес», «Большеименной сосняк» и «Теплогорский сосняк».

В конце 19-начале 20 веков в этих местах активно добывали золото и платину и на дренированных местах, где как раз и создавали культуры, видны следы от старых шурфов. Нынешний поселок Промысла ранее был центром для золотопромышленных разработок на р. Тискос и р. Большая Именная. По всей видимости, при добыче золота расстроенные рубками леса пострадали затем от пожаров и ветровалов, после чего и было принято решение засадить лесом оголившиеся территории.

В посадках применялись одиночное и звеньевое смешение пород. Обычно высаживалась ель с примесью 20 или 50% сосны, на двух участках к ели и сосне добавляли лиственницу (10%). Чистые посадки сосны встречены только на одном небольшом участке площадью 3,1 га, чистые посадки ели – на двух участках площадью 16,0 га и 6,0 га.

Для посадки подбирали площади старых вырубок и гарей, подготовку почвы для посадки проводили, по-видимому, вручную лопатой с близким к равномерному размещением посадочных мест, при одинаковом расстоянии в ряду и между рядами посадок. При обследовании посадок мы не смогли найти длинных и прямолинейных рядов. Это доказывает правомерность предположения об отсутствии подготовки почвы конным плугом, так как в этом случае направление рядов было бы хорошо видно. Кроме того, в ряду и между рядами расстояния между растениями колебались иногда от 1,2 до 1,8 м. Такая технология была обусловлена, по-видимому, щебнистостью почвы, наличием крупных пней и поваленных стволов.

История создания культур с краткой характеристикой их состояния и таксационными характеристиками на 2007 г. приведены в таблицах 1.3 и 1.4.

В результате обследования культур на ООПТ Горнозаводского района, помещенных в таблицах 1.3 и 1.4, были отмечены следующие особенности их состояния, структуры и продуктивности.

1. Обследованные в 2007 г посадки леса хвойных пород были осуществлены в 1901-1916 гг. и в настоящее время, в возрасте 94-109 лет, являются уникальными природными объектами, требующими особой охраны и статуса. На большей части участков в искусственных насаждениях продуктивность их выше естественных древостоев и они устойчивы к повреждениям неблагоприятными факторами (снеголомы ветвей в кронах сосны). Они должны быть сохранены как насаждения-эталоны и как историческое культурное наследие.

2. Современное состояние культур захватывает период стагнации их полноты и запаса с накоплением сухостоя и валежа. Насаждения относятся к климаксовым лесам и поэтому активное воздействие на древостой рубками возможно только в исключительных случаях. Повреждений живых деревьев в культурах сосны, ели и лиственницы опасными корневыми и стволовыми гнилями не отмечено.

3. Наиболее продуктивными оказались культуры с участием в составе до 50-60% сосны и 10-20% лиственницы (405-580 м³/га); наименее продуктивные – чистые культуры ели (322 м³/га). На большинстве участков доля лиственных пород достигает 20-30%.

4. На ООПТ «Пономаревский лес», «Большеименный сосняк» и «Теплогорский сосняк» от 5 до 70% ныне живых деревьев сосны в прошлом несколько раз страдали от снеголомов, при которых обламывались ветви и верхняя часть кроны. Эти деревья в своем большинстве продолжают успешно расти с несколько искривленным в пределах кроны стволом.

5. На ООПТ «Тискосский сосняк» на участке №2 площадью 135,5 га в 2001 году прошел ветровал интенсивностью от 15 до 90%, в связи с чем насаждения в нем утратили устойчивость и целевое назначение как культуры. Использование культур в лесной селекции возможно при условии известности происхождения семян из которых созданы лесные культуры. На территорию Горнозаводского района семена могли быть завезены как с восточного, так и с западного склона Уральских гор. Склоны принадлежат к разным лесосеменным районам и породы в них отличаются по некоторым морфологическим признакам, в частности по форме кроны. На востоке сосна имеет преимущественно узкую крону и хорошо переносит навалы снега, а на западном – широкую и страдает от снеголома. На ООПТ культуры сосны отличались по степени повреждаемости снеголомом и одной из причин этого явления может быть различие в географическом происхождении семян.

7. Выявлены участки-феномены, повышающие ценность территорий как особоохраняемых и повышающие их привлекательность для экотуризма:

- на ООПТ «Тискосский ельник» обнаружен один из самых крупных массивов культур площадью 75 га (при общей площади закультивированного в 1916 г. участка 140 га) среди посадок леса, проведенных на Урале до 1917 года.

- обнаружены деревья-феномены: сосна высотой 34,1 м в возрасте 104 лет («Теплогорский сосняк») и ель высотой 36,0 м в возрасте 100 лет («Большеименной сосняк»).

Таблица 1.3 – История создания и состояние культур 1901-1916 гг. на ООПТ в Горнозаводском районе в 2007 г.

Наименование ООПТ	Номер		Площадь, га	Год создания культур	Варианты культур		Состояние культур в 2007 году							
	квартала	выдела			схема размещения пород в посадочных местах	породный состав, %	породный состав в единицах	возраст, лет	тип леса	полнота	оценка состояния			
											по породам			всего
											Л	С	Е	
Пономаревский лес	54	12	11	1910	1,07 х 1,60	50С 40Е 10Л	4С 2Л 2Б 1Е	100	С бр	0,83	+	+	-	+
		16	8,2	1910	1,07 х 1,60	50С 50Е	6С 1Е 2Б 1Ос	100	С зм	0,76		+	+	+
Большеименной сосняк	95	7, 8	6,3	1910	не установлена	50С 50Е	6С 3Е 1Б	100	Е к	0,82		-	+	+
Теплогорский сосняк	136	5	3,1	1906	не установлена	100С	10С	104	С к	0,88		+	+	+
		6	7,9	1901	не установлена	75Е 25С	6С 4Е	109	Е к	0,74		+	+	+
		7, 8	5,6	1952	не установлена	70Е 30С	5С 5Е	58	Е зм	0,80		+	+	+
Тискосский ельник	170	6	16,0	1916	не установлена	100Е	6Е 3Б 1Ос	94	Е зм	0,80			+	+
	171	7	28,0	1916	2,8 х 2,8	95Е 5С	3Е 4С 1Б+Ос	94	Е зм	0,98		+	+	+
	172	4	127,7	1916	1,5 х 1,5	75-90Е 10-25 С	5Е 4С 1Б	94	Е к	0,70				+
	173	3, 6										+	+	
Тискосский сосняк	166	18	53,0	1916	1,4 х 1,4	70Е 20С 10Л	4С 3Е 1Л 2Б	94	Е к	1,00	+	+	+	+
	167	18, 21, 22	56,3	1916	не установлена	50С 50Е	6Б 3Е 1С	94	Е к	0,30		-	-	-

Таблица 1.4 – Наиболее продуктивные участки лесных культур 1901-1916 гг. на ООПТ в Горнозаводском районе

Наименование ООПТ	Площадь, га	Породы	Номер		Год создания	Возраст, лет	Площадь, га	Порода	% при посадке	Средние		Максимальные		Полнота		Запас, м³/га	
			квартала	выдела						диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м	по породам	всего	по породам	всего
Пономаревский лес	19,2	С, Е, Л	54	12	1910	100	11,0	С	50	38	27,8	48	29,5	0,39	0,83	222	405
								Е	40	12	16,0	20	15,0	0,12		30	
								Л	10	36	28,8	40	30,7	0,15		85	
								Б+Ос	-	32	25,0			0,17		68	
Большеименной сосняк	10,4	С, Е	95	7	1910	100	5,5	С	50	39	29,0	44	32,3	0,48	0,82	282	463
								Е	50	44	31,3	55	36,0	0,20		128	
								Б+К	-	30	24,1			0,14		53	
Теплогорский сосняк	16,6	С, Е	136	5	1906	104	3,1	С	100	39	30,9	58	34,1	0,88	0,88	537	537
	28,0	Е, С	171	7	1916	94	18,0	С	25	36	26,2	47	28,1	0,16	0,98	82	411
								Е	75	28	25,0	35	27,7	0,25		125	
								Б+Ос	-	27	23,0			0,57		204	
Тискосский ельник	127,7	Е, С	172	4 (запад)	1916	94	6,0	Е	100	28	25,9	37	29,4	0,51	0,65	270	322
								Б	-	33	24,6			0,14		52	
			172	4 (восток)	1916	94	75,0	Е	75	29	26,2	45	31,8	0,37	0,76	199	415
								С	25	38	28,9	48	30,9	0,29		173	
								Б, Ос	-	28	23,4			0,10		33	
Тискосский сосняк	53,0	Е, С, Л	166	18 (север)	1916	94	10,0	С	20	38	30,7	42	32,2	0,33	1,03	202	580
								Е	70	30	27,3	44	35,5	0,37		206	
								Л	10	35	31,9	47	31,3	0,16		95	
								Б	-	32	28,8			0,17		77	
			166	18 (юг)	1916	94	20,0	С	20	32	28,5	35	30,4	0,30	0,96	174	476
								Е	70	32	30,0	28	27,2	0,29		147	
								Л	10	32	30,0	38	31,7	0,09		40	
								Б	-	31	26,6			0,28		115	

1.5. Культуры Теплоуховых в Кудымкарском районе

Культуры периода Ф.А.Теплоухова созданы в этом районе на 3 участках. Наиболее интересными являются культуры на участке в кв. 33 Кувинского участкового лесничества и в парке «Софья» в п. Важ-Пашня.

Культуры в кв. 33 на площади 3,9 га ныне отнесены к ООПТ «Кувинский бор». История их создания весьма отличалась по технологии создания лесных культур в других районах Пермской губернии в те годы. Они создавались в 1907 г. посевом семян лиственницы, сосны и ели по пашне, в 4 вариантах смешения этих пород. Семена высевали совместно с рожью или овсом; после уборки злаков стерня некоторое время защищала всходы хвойных пород от сорняков. Для защиты от потравы скотом по периметру участка была выкопана канава глубиной 0,6 м; по гребню этой окружной канавы был посажен 1 ряд из ели с плотным размещением растений через 1/3 сажени (0,71 м), который также служил для защиты территории. Канава сохранилась хорошо, местами сохранился и защитный ряд из деревьев ели.

Культуры изучались в 1979 и 2011 гг. М.В.Рогозиным. Первое изучение проводилось по программе изучения лесных культур с целью сравнения продуктивности культур сосны и лиственницы в возрасте, близком к возрасту рубки. В 1979 г. заложено 2 пробных площади: на участке с преобладанием сосны и на участке с преобладанием лиственницы. Проведен перечет деревьев по ступеням толщины и измерены высоты, по 15 деревьев на каждом участке. Результаты показаны в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Таксационные показатели культур сосны и лиственницы, созданных посевом семян в 1907 г. в кв. 33 Кувинского лесничества на среднесуглинистой почве в возрасте 73 лет

Ярус, часть древостоя	Порода	Ступени толщины, см	Число стволов, шт./га	Средние		Полнота		Запас, $м^3$/га	Класс бонитета
				высота, м	диаметр, см	$м^2$/га	относительная		
Культуры сосны									
Древостой	С	12-44	566	28,4	29,5	38,7	0,84	493	
	Е	12-44	168	22,0	19,1	4,8	0,11	55	
Всего	С,Е	12-44	734				0,95	548	
В т.ч. господствующая часть древостоя	***С***	***20-44***	***534***	***28,5***	***30,1***	***38,1***	***0,76***	***486***	
	Е	***20-44***	***57***	***26,7***	***26,5***	***3,1***	***0,07***	***40***	
Всего	***С,Е***	***20-44***	***591***			***41,2***	***0,83***	***526***	
Культуры лиственницы									
Древостой	Л	12-48	494	28,0	35,6	25,4	0,55	335	
	Е	подрост	(150)						
Всего									
В т.ч. господствующая часть древостоя	Л	***22-48***	***279***	***30,0***	***30,7***	***20,9***	***0,41***	***283***	
Всего	Л	***22-48***		***30,0***	***30,7***	***20,9***	***0,41***	***283***	

Повторное изучение культур проведено в 2011 г. 1 июня. Так как прирост культур еще не начался, то 2011 год как год роста культур не учитывали. Заложены: 5 круговых реласкопических площадок в культурах лиственницы и 5 - в культурах сосны, измерены высоты 54 деревьев, в том числе: 26 – сосны, 9 – ели и 19 – лиственницы. Показатели в возрасте 104 лет, в сравнении с их таксацией 31 год назад оказались следующие.

Культуры лиственницы. Состав 89Л 8Е 2С, средняя высота лиственницы 35,8 м, ели – 17,9 м, сосны – 34,8 м, класс бонитета 1А, полнота 43,8 $м^2$/га (0,98) и запас древесины 604 $м^3$/га. В наиболее продуктивной части, на одной из 5 круговых площадок,

определена общая полнота 45,5 м^2/га (0,99) и запас 628 м^3/га, в том числе запас древесины лиственницы – 561 м^3/га.

В 1979 году, то есть 31 год назад, древостой состоял из 494 стволов лиственницы с диаметрами 12-48 см, со средними: высотой 28 м и диаметром 25,6 см; полнота была 0,55 (25,4 м^2/га), запас составлял 335 м^3/га. Господствующая часть состояла из 279 стволов с диаметрами 22-48 см, со средними: высотой 30 м и диаметром 30,7 см, полнотой 0,45 (20,9 м^2/га), запасом 283 м^3/га. Подрост ели в запасе тогда не учитывался.

За 31 год увеличение наличного запаса в ярусе лиственницы составило 561-335=226 м^3/га и текущий прирост составлял 7,3 м^3/га в год. Культуры продолжают рост в высоту. В господствующей части древостоя лиственница увеличила высоту на 5,8 м и прирост составил в среднем по 19 см в год.

Культуры сосны. В 2011 г. в южной части участка, где в 1979 г. закладывалась пробная площадь, были заложены 2 круговые площадки. Средние таксационные показатели древостоя: состав 83С 17Е, средняя высота сосны 34,8 м, ели – 19 м, средний диаметр сосны 35,8 см, ели – 19 см, класс бонитета 1, общая полнота 45,3 м^2/га (1,02) и запас древесины 589 м^3/га.

31 год назад густота древостоя сосны составляла 566 шт. стволов на 1 га, второй ярус был представлен елью – 168 стволов на 1 га. У сосны средние показатели были: высота 28,4 м и диаметр 29,5 см, в т. ч. в господствующей части, состоящей из 534 стволов – 28,5 м и 30,1 см. Общая полнота древостоя была 0,95 (43,5 м^2/га), запас 548 м^3/га. Сосна мало увеличила наличный запас (на 51 м^3), но продолжает рост в высоту и за последние 31 год увеличила высоту деревьев в господствующей части на 6,3 м, то есть прирастала в среднем по 20 см в год.

В северной части выдела культуры сосны оказались менее продуктивными: общая полнота с ее определением на 3 круговых площадках в 2011 г составила 36,0 м^2/га (0,80) и запас древесины – 473 м^3/га**.** В 1979 г. пробная площадь здесь не закладывалась.

Таким образом, в возрасте 73 лет культуры сосны были продуктивнее на 63%, однако лиственница была выше в господствующей части древостоя на 1,5 м. В культурах лиственницы было много тонкомерных стволов с диаметрами 12-20 см (44% общего количества). Поэтому даже густота в 494 шт. стволов на 1 га для этой породы в данных условиях была излишней.

Через 31 год, в возрасте 104 лет, культуры лиственницы оказалась уже продуктивнее культур сосны на 7%. На участке регулярно проводились рубки ухода слабой интенсивности с удалением отставших и сухостойных деревьев.

Остальные участки старых культур, заложенных по схемам и по технологиям Ф.А.Теплоухова, не изучались столь длительное время, однако их расположение известно и будет показано в главе 2 вместе с культурами хвойных пород современного периода, заложенных в 1960-2000 гг.

1.6. Продуктивность и долговечность культур Теплоуховых

Исследование культур А.Е. и Ф.А.Теплоуховых высветило множество вопросов выращивания леса с реальной значимостью для современной науки, включая прогнозы развития лесных экосистем. В частности, проблемы долговечности искусственных лесов.

Продуктивность культур Теплоуховых была освещена в работах М.Н.Прокопьева (Прокопьев, 1978, 1981), с анализом их товарной структуры в возрасте спелости в 65-89

лет. В кратком изложении результаты этих исследований изложены в начале раздела. Там же перечислены 7 причин усыхания еловых культур в Прикамье.

Вопросы долговечности культур изучались нами в 1984-2011 гг. Ниже приведены основные итоги этих исследований на 53 участках чистых и смешанных культур, созданных до 1917 г. в Очерском (23 участка), Горнозаводском (10 участков) и Кудымкарском (10 участков) районах Пермского края в основном на ООПТ регионального значения, на которых и размещается значительная часть старых культур и которые были обследованы нами в основном в 2005-2008 гг. по заданию Управления по охране окружающей среды Пермского края.

Культуры можно разделить на три группы по преобладанию хвойных пород.

Сосна обыкновенная. До сих пор хорошо сохранились ее 150-летние посадки на берегу пруда в г. Очер, созданные в 1858-1861 гг. А.Е.Теплоуховым, где высаживались биогруппы из 2 растений (иногда с елью) с регулярным их расположением через 2 сажени (4,26 м). В возрасте 150 лет на площади 11 га в сложном по составу и возрастным поколениям насаждении запасы древесины достигают 320 м^3/га и 60% запаса образуют стволы сосны с диаметрами 44-80 см.

Эта порода обнаруживает поразительную адаптацию к длительному существованию в условиях высокой полноты, все еще достигающей в 106-летнем возрасте в Очерском лесничестве значений 0,9. Причем эта полнота уже «послепредельная», оставшаяся после прохождения древостоем пика полноты в 50-60 лет. Максимальные запасы в этих культурах были зафиксированы М.Н.Прокопьевым в возрасте 65-83 года и достигали 594-738 м^3/га.

При выращивании в редких культурах, с междурядьями 4,2 м и начальной густотой 3350 шт./га сосна формирует рекордные запасы в спелых насаждениях. Например, в парке «Софья» в п. Важ-Пашня Кудымкарского района, в таких культурах в возрасте 120 лет сохранность высаженных растений составила 738 шт./га (22%). Результаты таксации в самой продуктивной части культур на пробной площади: средний диаметр 32,4 см, средняя высота 30,4 м, абсолютная полнота 60,1 м^2 /га, относительная полнота 1,33, запас древесины 810 м^3/га.

Смешанные культуры сосны с примесью ели в 95-119 лет оказываются с полнотой 0,84-1,23 и запасами 440-658 м3/га. При введении в культуры 50% сосны на ее долю приходится 76-83% запаса, а при введении 75% сосны – 93% запаса. В насаждениях накапливается отпад: сухостойная древесина от 10 до 30 м3/га и валеж от 5 до 20 м3/га. Сосна продолжает расти в высоту, кроны имеют острые очертания. Например, в Кудымкарском лесничестве на ООПТ «Кувинский бор» повторные измерения сосны спустя 31 год в 2011 г. в возрасте 104 лет показали увеличение средней высоты на 6,3 м.

Лиственница Сукачева. Эту породу чаще всего смешивали с сосной и елью и вводили в количестве от 10 до 33%. В возрасте 106-118 лет ее смешанные культуры имеют полноту до 0,98 и запасы 525-628 м3/га, причем доля лиственницы в запасе в 2 раза выше, чем количество ее растений. При создании культур из трех пород (лиственница, сосна и ель) их полнота и продуктивность оказывались ниже и составляли: в Очерском районе 0,65 и 406 м^3/га и в Горнозаводском – 0,83-1,03 и 405-580 м^3/га. В последнем случае на долю естественных березы и осины приходилось 13-24% запаса.

Чистые культуры лиственницы были созданы в 1907 г. в кв. 33 Кувинского лесничества в Кудымкарском районе (ныне ООПТ «Кувинский бор») посевом семян на пашне, на легкосуглинистой почве.В возрасте 104 лет состав 89Л 8Е 2С, средняя высота лиственницы 35,8 м, ели – 17,9 м, сосны – 34,8 м, класс бонитета 1А, полнота 43,8 $м^2$/га и запас древесины 604 $м^3$/га. В наиболее продуктивной части, на одной из 5 круговых площадок, общая полнота 45,5 $м^2$/га (0,99) и запас 628 $м^3$/га, в том числе запас лиственницы 561 $м^3$/га. В 1979 году, то есть 32 года назад, древостой состоял из 494 стволов лиственницы со средними: высотой 28 м и диаметром 25,6 см; полнота была 0,55 (25,4 $м^2$/га), запас составлял 335 $м^3$/га. Господствующая часть состояла из 279 стволов с диаметрами 22-48 см, со средними: высотой 30 м и диаметром 30,7 см, полнотой 0,45 (20,9 $м^2$/га), запасом 283 $м^3$/га. Подрост ели в запасе не учитывался.

За период наблюдений в 31 год увеличение наличного запаса в ярусе лиственницы составило 561-335=226 $м^3$/га и текущий прирост составлял 7,3 $м^3$/га в год. Культуры продолжают рост в высоту. В господствующей части древостоя за последние 31 год лиственница увеличила высоту на 5,8 м и прирост составил в среднем по 19 см в год.

Ель сибирская. Максимальные запасы ее культур были зафиксированы в 1970-е годы М.Н.Прокопьевым в возрасте 68-89 лет и достигали 408-619 м3/га. К 2007 г. почти все ранее изученные культуры Теплоуховых с преобладанием ели (28 из 32 участков) погибли и были вырублены.

Сохранился хорошо только один участок культур с преобладанием ели – на ООПТ «Тискосский ельник» в кв. 172, выдел 4, Теплогорского участкового лесничества, где в 1916 г. на вырубках и гарях на больших территориях высаживали сосну в смешении с елью. В западной части выдела, на площади 6 га, сохранились чистые культуры ели, где в возрасте 94 лет они имеют состав 84Е16Б, полноту 0,65 и запас древесины 322 м3/га. В восточной части выдела на площади 75 га сохранились смешанные культуры ели с сосной с составом 48Е 44С 8Б+Ос полной 0,76 и запасом 415 $м^3$/га. Ель сохранилась из-за малой начальной густоты культур, значительного возобновления березы и осины, а также равномерной примеси сосны. Эти породы задержали развитие корневых гнилей у ели; кроме того, климатические условия здесь отличаются большим количеством осадков (около 700 мм) и засушливые 1973 и 1982 годы здесь не столь сильно повлияли на ослабление культур и последующую активизацию в ослабленных древостоях еловой губки, которая входит в число основных причин гибели ели.

Сохранение еловых лесов в нашей стране становится весьма проблематичным на фоне изменений климата. Отмечено массовое усыхание еловых лесов на более чем 1,6 млн. га на Северо-Западе Европейской части России; на их долговечность решающее влияние оказали предельный возраст и одновозрастность деревьев, которые сочетались с понижением уровня грунтовых вод вследствие засушливых лет и малоснежных зим (Чупров, 2008). Аномальные явления, такие, как штормовые ветры, засухи и сильные морозы, являются существенными повреждающими факторами. Другие факторы, в том числе загрязнение среды, оказывали несущественное влияние (Ковалев, Феськов, 2002).

В Пермском крае еловые леса, появившиеся на старопахотных землях в 1930-е годы (Кишертскй, Карагайский районы) в 70-летнем возрасте начали распадаться на таких площадях, что потребовалось внеочередное лесоустройство.

Сохранившиеся лесные культуры Теплоуховых 1890-1916 годов находятся в периоде стагнации полноты и запаса древесины, с накоплением сухостоя и валежа. В подавляющем большинстве они представлены чистыми и смешанными древостоями из сосны и лиственницы; иногда в них вторым ярусом сохраняется ель. Поражение болезнями живых деревьев единичное. В биологическом отношении культуры относятся к климаксовым лесам, и поэтому активное воздействие на древостой нарушит взаимоотношения между элементами сообщества растений. Ветровая устойчивость древостоев в этом возрасте напрямую зависит от наличия в массиве открытых пространств, разного рода просек, «карманов» и прогалин, где крайние деревья испытывают максимальные ветровые нагрузки. Так, в Очерском районе при ветровалах 1991-1993 гг. старые культуры сосны и лиственницы уцелели благодаря именно однородности и компактности участков.

Таким образом, в Пермском крае обнаружена бóльшая долговечность культур сосны и лиственницы, их адаптация к факторам стресса и устойчивость к ветровалам в сравнении с культурами ели, которые сильнее подвержены их влиянию, менее устойчивы и менее долговечны; рубеж 100-летнего возраста преодолели единичные участки еловых культур с пониженной начальной густотой и при смешивании с другими породами. Поэтому елово-пихтовые леса будут слабым звеном в экосистеме при изменениях климата. В искусственных лесах развитие и старение древостоев ускорено и можно рассматривать их в качестве *моделей самых простых экосистем* с разными результатами при различном составе пород и режимах выращивания. Поэтому лесокультурное наследие Теплоуховых напрямую связано с современным хозяйствованием в лесах, высвечивает еще только возникающие проблемы устойчивости лесов и в зависимости от их структуры дает варианты прогноза их возможного состояния.

Лесные насаждения стареют и сохранить надолго культуры Теплоуховых невозможно. Если для культур сосны и лиственницы прогноз благоприятен примерно на 20-50 лет, то для культур ели он, вообще говоря, закончен. Наиболее продуктивные ее участки не сохранились из-за высокой чувствительности ели к факторам стресса и колебаниям климата.

Ель для Прикамья – основная промышленная лесная порода. Поэтому в настоящей работе ей посвящены основные разделы, включая законы развития древостоев, моделирование хода роста и выращивания ее культур, наследуемости быстроты роста потомства культур и тенденций в селекции и эволюции ели сибирской с использованием богатого материала, доставшегося нам в наследство благодаря усилиям видных лесоводов России – А.Е. и Ф.А.Теплоуховых.

2. Феномены лесных культур Теплоуховых как объекты для экотуризма

2.1. Ильинский и Очерский районы

В Ильинском районе имеются два объекта, связанные с лесокультурным наследием в Пермском крае. Это парк «Кузьминка» в п. Ильинский и лесосеменная плантация ели, где представлены (собраны как живая коллекция) растущие здесь потомства 5 ценопопуляций культур (в т. ч. 4 – от культур Ф.А.Теплоухова) и потомства 7 естественных происхождений ели сибирской (с признаками ели финской или гибридной). Плантация расположена в 18 км на юг от п. Ильинский. Представление об этих объектах и их расположении дают рисунки 2.1-2.3.

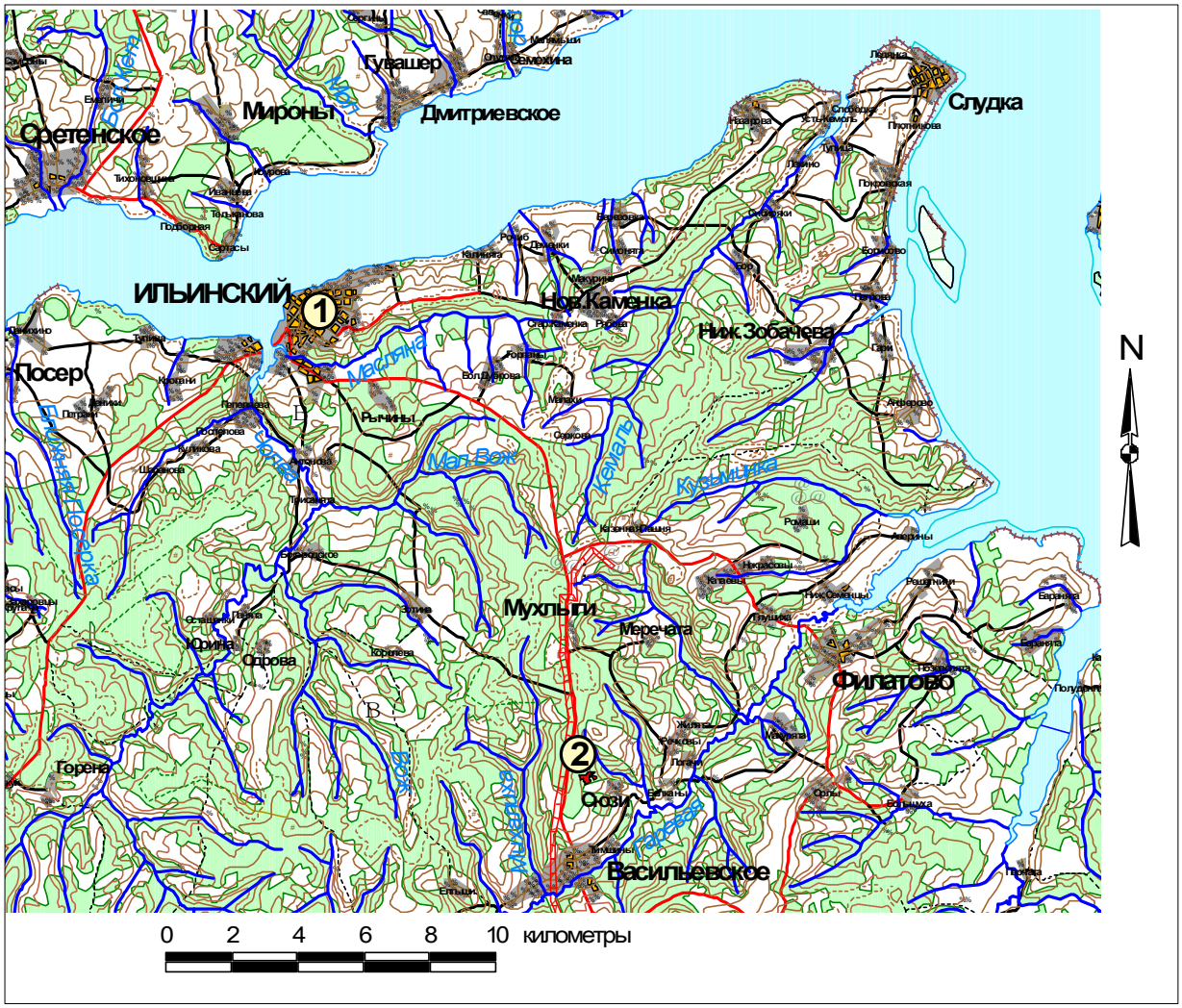


Рис. 2.1 – Поселок Ильинский с парком «Кузьминка» (**1**) и лесосеменная плантация, созданная потомством 483 плюсовых деревьев из 12 ценопопуляций ели Пермского края, в том числе 4 из них – потомства культур Ф.А.Теплоухова (**2**). Является своеобразной живой коллекцией, сохраняющей потомства и ценопопуляции ели.

Посещение семенной плантации ели начинается с захода от километрового столба «73 км» (от г. Пермь) на автодороге Пермь-Ильинск, далее на восток 0,7 км до начала поля № 6 с координатами ***N*** 58˚27′22,3′′ ***E*** 55˚49′55,3′′ и далее до начала поля № 1 с координатами ***N*** 58˚27′20,9′′ ***E*** 55˚50′17,8′′. Подробная схема полей дана в разделе 6.1.4.

Рис. 2.2 – Лиственницы в парке «Кузьминка», основанного в 1842 г. Александром Ефимовичем Теплоуховым. Справа крыльцо дома-усадьбы.Теплоуховых (ныне библиотека п. Ильинский). 10 мая 2011 г.

Рис. 2.3 – Лесосеменная плантация ели на площади 11 га в кв. 41 Ильинского лесничества, где представлено потомство 483 плюсовых деревьев 12 происхождений, в том числе 4 происхождения – культуры Ф.А.Теплоухова в виде живой коллекции.

Для парка «Кузьминка» рассматривается несколько вариантов реконструкции. Основная проблема связана со старением деревьев. И если для лиственницы (см. рис. 2.2) возраст в 160 лет не является предельным, то для пихты и ели этот возраст уже близок к нему. В парке в 2000 г. насчитывалось около 250 видов растений (Малеев, 2005).

В Ильинском районе А.Е и Ф.А.Теплоуховыми лесные культуры почему-то не создавались, однако в нынешних Карагайском, Очерском, Верещагинском, Сивинском и Частинском районах они были созданы на площади около 2 тыс. га на сотнях участков в 1858-1916 гг., и многие десятки из них сохранились до сих пор. В основном это культуры с преобладанием сосны, а также лиственницы.

Так, вблизи п. Карагай, где в 1811 г. родился Александр Ефимович Теплоухов, в 1,6 км на север от поселка, по автодороге Пермь-Кудымкар, в 0,4 км от нее на запад по дороге на п. Зюкай в 0,4 км начинается массив культур сосны протяженностью 1,2 км на площади 36 га в кв.74, созданный под руководством его сына, Федора Александровича Теплоухова в 1905 году. Описание и схему этого участка мы не приводим, но состояние культур прекрасное, запасы достигают 500 куб. на 1 га и мы даем координаты начала участка: *N* 58˚17′09′′, *E* 54˚54′25′′.

В Очерском районе лучшие из сохранившихся участков старых лесных культур ныне выделены в особо охраняемые природные территории (ООПТ) регионального значения и расположение их показано на рисунке 2.4.

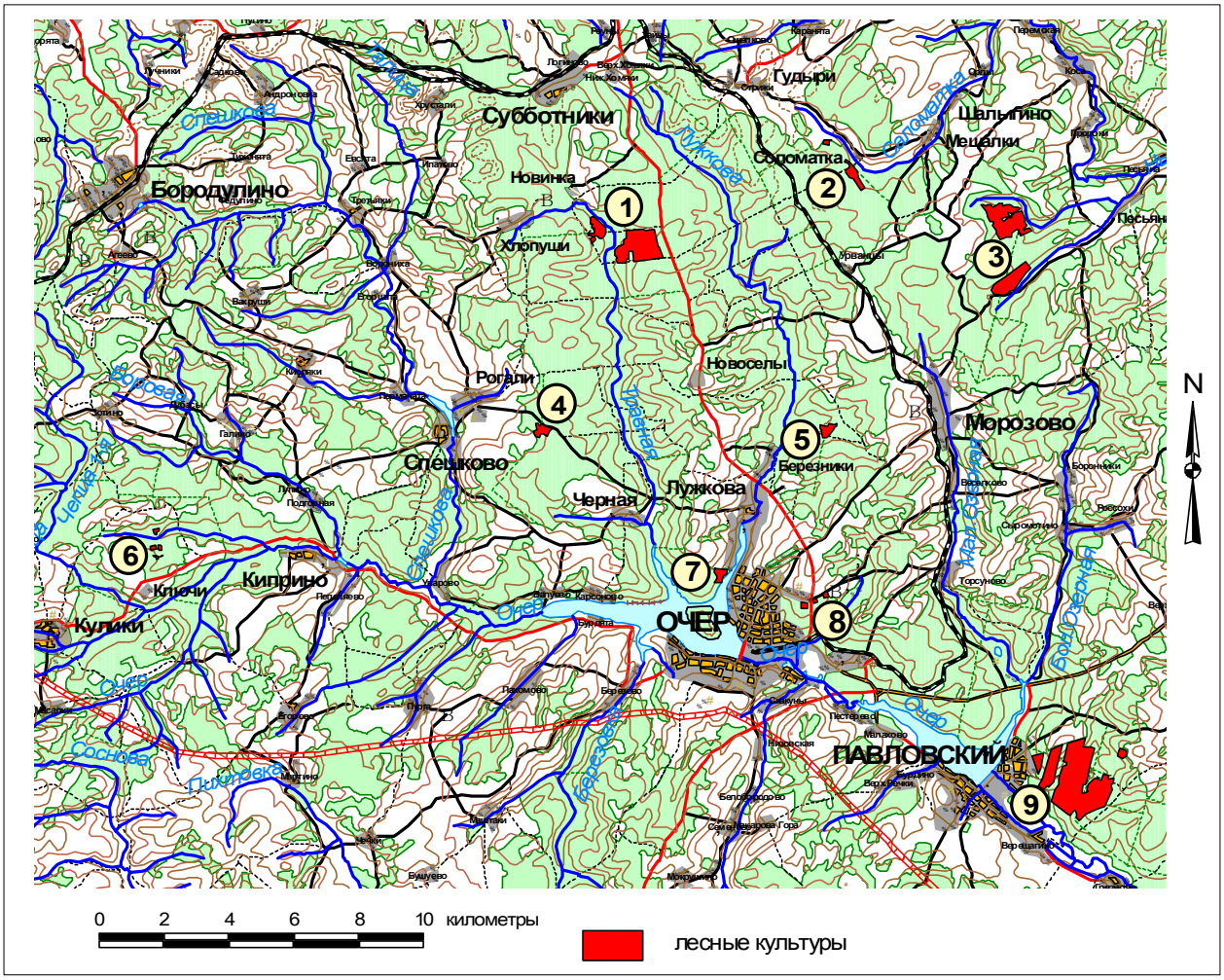


Рис. 2.4 – Лесные культуры А.Е. и Ф.А.Теплоуховых и их последователей в Очерском районе на особо охраняемых природных территориях (ООПТ): 1 – Андриановский (культуры А.Д.Бурдина); 2 – Соломатка; 3 – Морозовский; 4 – Спешковский; 5 – Лужковский; 6 – Зимовское урочище; 8 – Парковый; 9 – Павловский (культуры Ф.А.Теплоухова и А.Д.Бурдина); 7 –культуры сосны с елью, созданные в 1858 г. А.Е.Теплоуховым.

Лесные культуры Очерского района наиболее многочисленны и особенно интересны в познавательном плане. Здесь встречаются наиболее разнообразные культуры: самые старые из культур 1858 г., созданные под руководством основателя династии лесоводов А.Е.Теплоухова, затем многочисленные участки культур 1891-1916 гг. его сына Ф.А.Теплоухова и культуры последователя Теплоуховых, лесничего Очерского лесничества в 1940-1960 гг. А.Д.Бурдина. Простой их осмотр занимает немало времени и связан с длительными переходами и переездами. Но в плане познавательном он убеждает, воспитывает и дает эмоциональный настрой на познание природных процессов в лесных насаждениях лучше любого учебника по лесоводству и лесным культурам.

Подробный анализ состояния культур приведен выше в разделе 1.3 и мы не будем здесь повторяться, но приведем несколько иллюстраций и новых сведений. Так, в ООПТ «Парковый» имеются культуры с запасом 628 м^3/га и лиственница с высотой в 118 лет 39,8 м (данные 2006 г.). Это третье-четвертая по высоте лиственница в Пермском крае после высот 3 лиственниц на ООПТ «Кувинский Бор» в Кудымкарском районе, которые в 104 года имели высоты от 40,1 до 41,7 м). Однако мало того, здесь в 60 м к востоку от дороги, на краю леса, растет самая толстая сосна Пермского края. Сосна эта имеет возраст около 300 лет. Она сильно пострадала в пожаре 1921 года, после которого на ней осталась ниша в 30 см глубиной, а вокруг сосны появился елово-пихтовый лес. Окружность ее ствола составляла в 2006 году 390 см!

Для лучшего нахождения культур и ООПТ мы приводим их координаты (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Координаты ООПТ с лесными культурами А.Е.и Ф.А.Теплоуховых и их последователей (лесничего А.Д.Бурдина) в Очерском районе

Наименование ООПТ и места захода на лесные тропы, ведущие на участки	Координаты
Парковый	*N* 57°53′28′′ *E* 54°44′46,7′′
Спешковский	*N* 57°56′09′′ *E* 54°36′25,7′′
Морозовский, ближний участок (центр участка)	*N* 57°58′37′′ *E* 54°50′31′′
Морозовский, дальний участок (центр участка)	*N* 57°59′55′′ *E* 54°50′27′′
Андриановский, место захода от автодороги Очер-Верещагино	*N* 57°58′32′′ *E* 54°40′32,45′′
Андриановский (центр участка)	*N* 57°59′04′′ *E* 54°39′37′′
Посадки на берегу Очёрского пруда 1858 г. А.Е.Теплоухова	*N* 57°53′53,7′′ *E* 54°42′01,2′′
Зимовское урочище, на автодороге Очёр-Кулики, место захода после д. Киприно в 3 км	*N* 57°53′35′′ *E* 54°24′47′′
Зимовское урочище, лиственница	*N* 57°53′59′′ *E* 54°24′28′′
Зимовское урочище, сосна, два участка	*N* 57°54′07′′ *E* 54°24′21′′ *N* 57°54′09′′ *E* 54°24′30′′
Урочище «Соломатка» кв. 2, выд.10, северная граница	*N* 58°00′34′′ *E* 54°45′47,43′′.

Культуры создавали здесь начиная с 1860-х годов под руководством А.Е.Теплоухова, затем в конце XIX – начале XX веков под руководством его сына Ф.А.Теплоухова. Среди непосредственных руководителей работ по заготовке семян, выращиванию посадочного материала на питомниках и созданию культур известны для тех лет имена лесничего Е.Н.Мальцева, помощников лесничего К.С. Шайдурова и С.Н. Мальцева. Далее в середине XX века множество посадок леса проведено лесничим Очерского лесничества А.Д.Бурдиным. В кратком изложении познавательная ценность участков следующая.

В период 1991-1993 гг. многие из участков культур А.Е. и Ф.А.Теплоухова пострадали от ветровалов и были вырублены сплошными санитарными рубками. Особенно пострадали культуры севернее п. Киприно, созданные в середине XIX и в начале XX века. Однако в центре кв. 54 (бывший кв. 90) среди открытых мест вырубок прекрасно сохранились 5 участков культур сосны и культур лиственницы с елью (рис. 2.5).

Рис. 2.5 – Культуры сосны Ф.А.Теплоухова, созданные в 1902 г. в кв. 54 Кипринского лесничества (ООПТ «Зимовское урочище»). Вид с юга. На переднем плане вырубки на местах ветровалов 1991-1993 гг. Фото 2006 г.

Рис. 2.6 – Культуры сосны 1946-1951 гг., заложенные лесничим А.Д.Бурдиным представлены на ООПТ «Павловский» на 19 выделах общей площадью 303 га и отличаются высокой полнотой и запасами в 63 года до 480 м^3/га. Фото 2006 г.

Вообще, сосна отличается поразительной устойчивостью к длительному существованию в условиях предельной полноты. Это можно наблюдать как в культурах Ф.А.Теплоухова, так и в культурах А.Д.Бурдина.

Например, на ООПТ «Павловский», где в 63 года насаждения сосны достигали средней высоты 26,4 м, полноты 0,91 и запаса 480 м^3/га (рис. 2.5). На ООПТ

«Андриановский» культуры сосны создавались А.Д.Бурдиным позднее, в 1960-е годы и сосну высаживали по 3 схемам: 1) рядами через 2,5-3 м; 2) биогруппами по 2 растения с оставлением 1 растения в биогруппе после укоренения растений, с расстоянием между оставляемыми растениями в рядах 1,1 м и между рядами 2,5 м; 3) «гнездами» по 5 растений в биогруппе и расстоянием между центрами биогрупп 3,0 м. Культуры здесь отличаются хорошей сохранностью, очень высокой полнотой, близкой к предельной (1,0-1,2) и по этой причине местами пострадали от снеголома.

Культуры сосны с елью высаживали в разном соотношении этих пород – от 25 до 75%. Лучше всего сохранились участки с долей сосны при посадке 50-75%, на ООПТ «Спешковский», «Лужковский», «Морозовский», где сосна в 95-118 лет достигает максимальных высот 32-36 м (рис. 2.7).

Культуры лиственницы Сукачева с примесью сосны и ели сохранились практически везде, где они были созданы в 1891-1902 гг.: на ООПТ «Парковый», «Зимовское урочище», «Соломатка» (рис. 2.8), а также участка площадью 1,4 га в 1,0 км на запад от самых старых культур А.Е.Теплоухова на берегу Очерского пруда (Кипринское участковое лесничество, кв. 83, выдел 8).

Наиболее высокие плюсовые деревья найдены на ООПТ «Парковый», где в возрасте 118 лет они достигают высоты 39,8 м. Культуры лиственницы отличает хорошая устойчивость к ветровалам – пострадал только один ее участок на ООПТ «Парковый», где было вывалено около половины деревьев одного из трех участков по самому его краю на границе с полем.

Перспективы изучения

Представляет особый интерес мониторинг долговечности культур сосны и лиственницы в зависимости от их текущей густоты и первоначального смешения с сосной и елью. По-видимому, наиболее долговечными будут культуры в смешении с двумя этими породами, где лиственница занимает главенствующее положение в ярусе.

Интересен будет и анализ после 2015 года состояния культур А.Д.Бурдина на ООПТ «Андриановский», где культуры сосны создавались в 1960-е годы по 3 схемам: рядовой посадкой, биогруппами из 2 и из 5 растений с оставлением в биогруппах 1-3 деревьев. Эти культуры проходят пик сомкнутости полога и начинают «сваливаться» в регрессию по ряду показателей, которую «на глаз» определить сложно: сосна поразительно устойчива ко всякого рода стрессовым ситуациям, в том числе и к внутривидовой конкуренции.

Рис. 2.7 – Культуры 1911 г. Ф.А.Теплоухова в кв. 4 выдел 6 Очерского лесничества (ООПТ «Морозовский»). Здесь высаживали сосну с елью (75% сосны и 25% ели). В возрасте 98 лет насаждение имеет два яруса: сосновый высотой 28,9 м запасом 413 м^3/га и еловый высотой 17,7 м запасом 84 м^3/га, с полнотами, соответственно, 0,70 и 0,28. Один из ***крупнейших*** (142 га) участков культур, созданных единовременно, в период до 1917 г., в таежных районах европейской части Российской Федерации. Фото 2006 г.

Рис. 2.8 – Культуры 1901 г. Ф.А.Теплоухова в кв. 2 выдел 10 Очерского лесничества (ООПТ «Соломатка»). Здесь высаживали лиственницу, сосну и ель (по 33%). В возрасте 108 лет насаждение имело среднюю высоту 32 м, средний диаметр 36 см, полноту 0,65 и запас 406 $м^3$/га; выделены 10 плюсовых деревьев лиственницы, из которых максимальное дерево имело высоту 36,7 м и диаметр 72 см. Фото 2006 г.

2.2. Горнозаводский район

История освоения территорий, где расположены старые лесные культуры, связана здесь с добычей золота и платины в 19-20 веках. На дренированных местах в тайге повсеместно можно обнаружить следы от старых шурфов (рис.). Нынешний поселок Промысла ранее был центром золотопромышленных разработок на р. Тискос и р. Большая Именная (Крестовоздвиженские золотые промысла графа Шувалова). В его владении находились также Кусья-Александровский, Бисерский и Пашийский заводы. По всей видимости, при добыче золота расстроенные рубками леса пострадали затем от пожаров и ветровалов, после чего и было принято решение засадить лесом оголившиеся территории. Основные площади культур заложены практически за один год (1916), на правобережье р. Тискос в кв. 170, 171, 172, 173, 166 и 167 современного Теплогорского участкового лесничества. Здесь одиночно, куртинами и громадными массивами встречаются крупные сосны из посадок этих лет по всему пологому и местами заболоченному берегу «золотой речки» Тискос, от самых ее верховьев до устья, где повсеместно встречаются старые шурфы золотоискателей (рис. 2.9).

Для посещения с познавательной и туристической целью особенно интересны два участка: дальний и самый крупный участок культур (ст. Европейская) и ближний (ст. Тискос). Подъезда на автомобиле к этим участкам нет.

Общая схема расположения ООПТ с лесными культурами дана на рисунке 2.10.

Не исключено, что именно в этих местах на р. Тискос мыл самородное золото и платину и писал об этом писатель Александр Грин, автор романа-фантазии «Алые паруса». Писателю посвящена короткая экспозиция в библиотеке-музее п. Промысла.

Рис. 2.9 – По берегу «золотой речки» Тискос от верховьев до устья повсеместно встречаются старые шурфы золотоискателей.

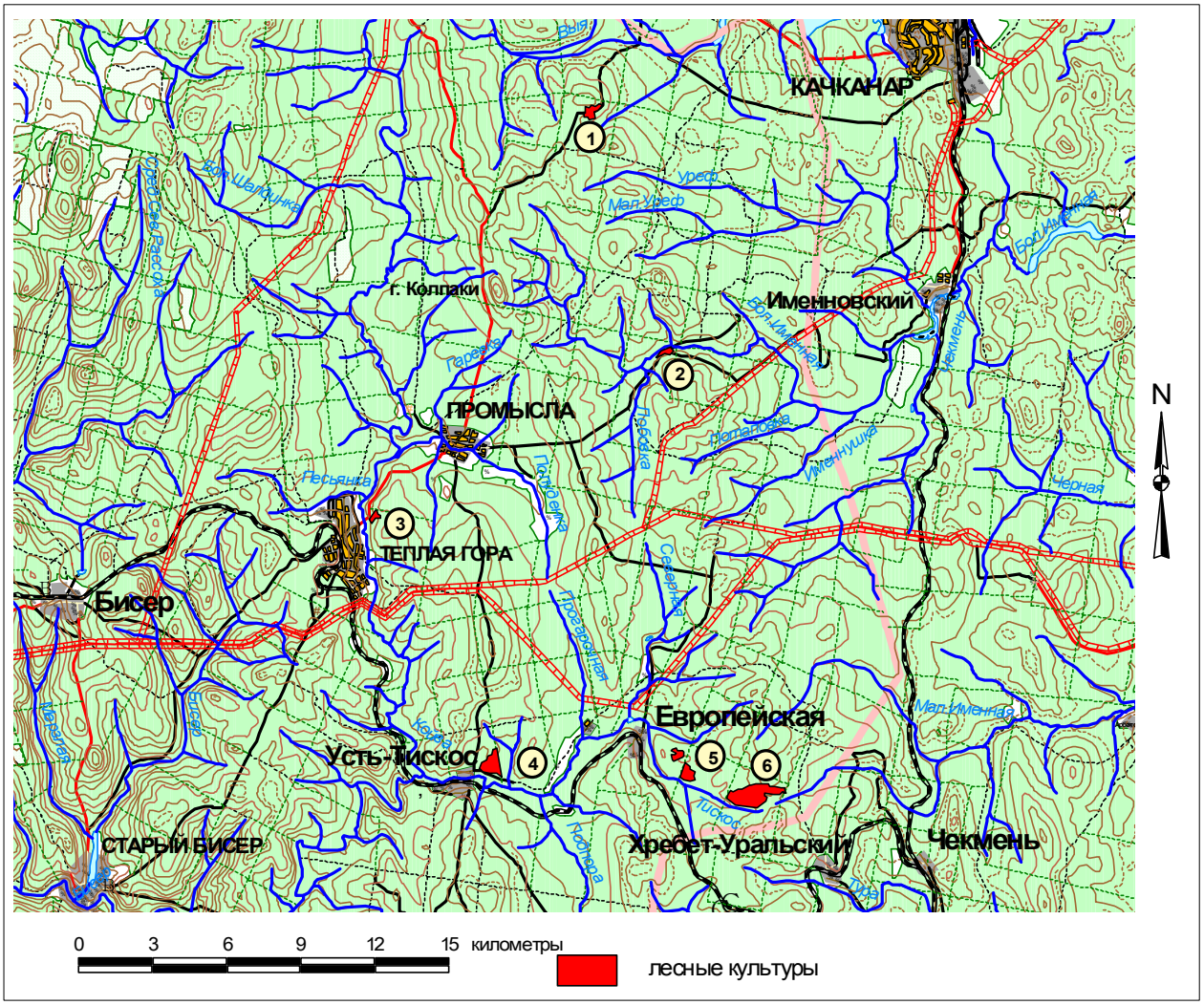


Рис. 2.10 – Схема расположения участков с лесными культурами на ООПТ: 1 - Пономаревский лес; 2 - Большеименной сосняк; 3 - Теплогорский сосняк; 4 - Тискосский сосняк; 5, 6 - Тискосский ельник.

Каждый из участков интересен. Например, на участке вблизи п. Теплая гора можно увидеть культуры 1901, 1906 и 1952 гг. Участок расположен на западном склоне большой пологой горы, хорошо виден из поселка, содержится в относительно чистом состоянии Здесь проложена тропа здоровья, а зимой прокладывается лыжня. В более молодых культурах сосны до 5% деревьев пострадали от снеголомов разных лет, но в старых культурах следов от снеголома не отмечено.

На ООПТ «Пономаревский лес» сосну высаживали с лиственницей и на 70% живых деревьев сосны видны следы снеголомов прошлых лет в виде обломанных ветвей и даже отсутствия верхней части кроны. Эти деревья в своем большинстве продолжают успешно расти с несколько искривленным в пределах кроны стволом и заместившейся вершиной.

На ООПТ «Большеименной сосняк» так же имеются повреждения снеголомом до 10% сосны. Здесь в культурах 1910 г. обнаружена, возможно, самая высокая ель в Пермском крае, которая расположена в северо-западной части выдела (слева от дороги) и в 2007 г. в возрасте 100 лет имела высоту 36,0 м.

Самый крупный в Пермском крае массив лесных культур дореволюционного периода расположен на ООПТ «Тискосский ельник» (рис. 2.11).

Рис.2.11 – Культуры ели с сосной, созданные в 1916 г. лесничими Бисертского лесничества Зандерсоном И.И. и Скудович П.С. В настоящее время - ООПТ «Тискосский ельник». Расположен в 5 км на восток от ж/д ст. Европейская. Координаты центра участка: N 58˚26′17′′ E 59˚21′02′′.

Координаты крайних точек участка: западной границы N 58˚26′11,9′′ E 59˚19′43,8′′; восточной границы N 58˚26′19′′ E 59˚22′17′′.

Здесь в 1916 г был засажен лесом целый склон горы на протяжении 2,6 км, на космоснимке отличающийся ныне от остальных массивов леса более темной и плотной окраской. В материалах лесоустройства участок размещен в Теплогорском участковом лесничестве в кв.172 выдел 4 и кв. 173 выдела 3 и 6 с общей площадью 127,7 га, которые входят в состав ООПТ «Тискосский ельник».

Действующих дорог и лесных троп нет, поэтому добраться до участка можно сначала по полотну железной дороги на юго-восток до точки с N 58˚25′25,6′′ E 59˚18′05,8′′ , затем найти слева старую просеку, к которой вскоре и ненадолго присоединится старая лесная дорога и по которой проходит граница со Свердловской областью, пройти по ней 950 м до точки с N 58˚25′34,6′′ E 59˚19′17′′, свернуть точно на север и отыскать через 200 м такую же старую, но широкую и местами отлично видимую просеку между кварталами. Эта просека приведет через 1,3 км сначала к широко разлившейся от бобровой плотины р. Тискос (где просека теряется, но на другом берегу речки находится вновь), а затем через 300 м – к западной границе участка культур. Начало культур можно опознать по наличию крупных одиночных сосен. Однако справа, сразу у просеки, начинаются и чистые культуры ели без сосны. Двигаясь по ним на северо-восток по правому краю неясно выделяющегося понижения, через 300 м справа увидим группу высоких сосен. Переходим через понижение к ним и обнаруживаем какие-то частые неглубокие канавки. Это бывшие грядки старого лесного питомника, на котором и выращивали посадочный материал для создания этих культур.

История создания культур. Культуры созданы в 1916 г. лесничими Бисертского лесничества И.И.Зандерсоном и П.С.Скудович – учениками-последователями Ф.А. Теплоухова. В настоящее время территорию этого квартала передали в Теплогорское участковое лесничество.

По сохранившимся растениям восстановлена схема их посадки. Применялось одиночное и звеньевое смешение сосны и ели. Из-за наличия валунов и, вероятно, стволов поваленных деревьев, ряды часто меняли направление и в настоящее время опознаются

редко. По-видимому, подготовку почвы для посадки проводили вручную лопатой с расстоянием между посадочными местами 1,5×1,5 м, с колебаниями от 1,2 до 1,8 м. Такая технология была обусловлена, по-видимому, и щебнистостью почвы, а также наличием крупных пней и поваленных стволов.

История изучения культур

Изучены в 2007 г. М.В.Рогозиным. Еловые культуры с примесью сосны обнаружены на трех больших участках. Основная часть культур размещена в кв. 172 и отмечена лесоустройством как один выдел площадью 101,0 га с участием 40% ели и 20% сосны с полнотой 0,9. Обследование и картирование выдела с использованием космических снимков 2002 года позволило разделить его на три части с различным породным составом: западную часть площадью 6,0 га с преобладанием ели, юго-западную с преобладанием березы и осины площадью примерно 24,0 га и восточную с преобладанием в составе 40% ели и 20% сосны площадью 75 га (рис. 2.12).

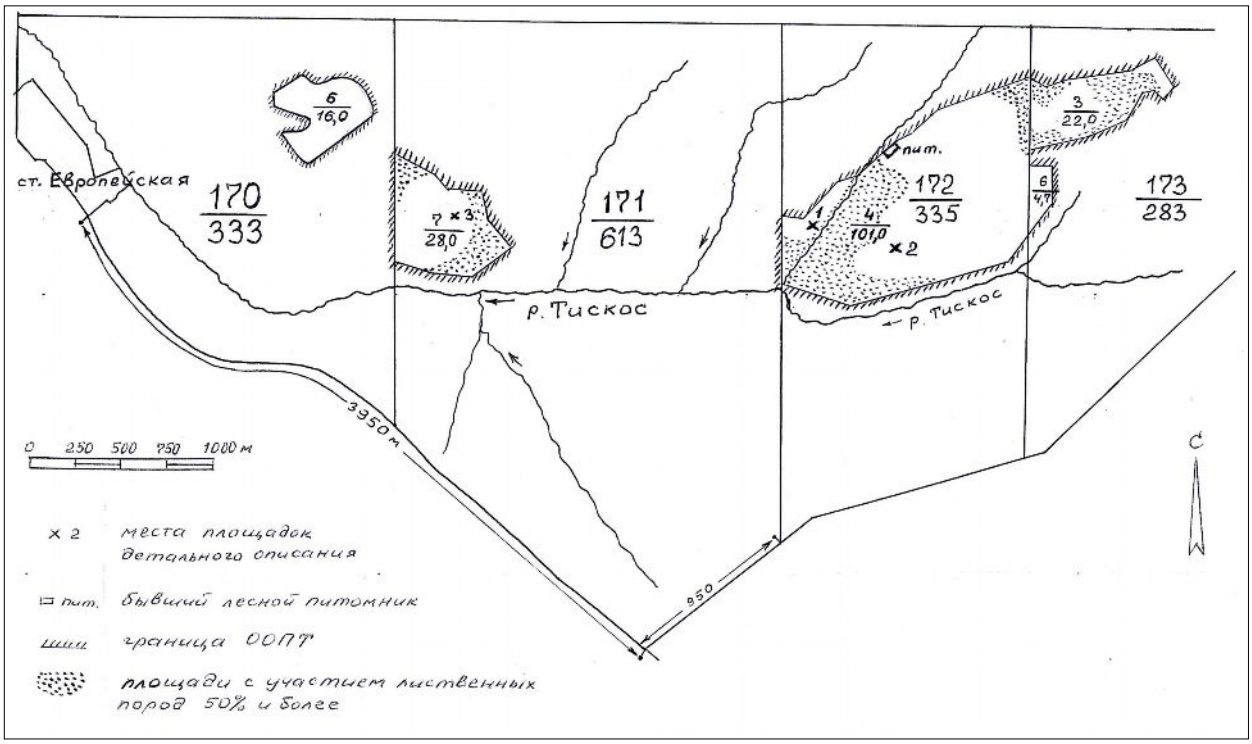


Рис. 2.12 – Схема расположения ООПТ «Тискосский ельник» и примерное деление массива культур на новые выдела.

В западной и восточной частях в наиболее сохранившихся местах культур закладывались круговые площадки детального описания насаждений с измерением высот у 12-15 деревьев хвойных и у 6-10 деревьев лиственных пород. Результаты таксации показаны выше в таблицах (см. табл. 1.3 и 1.4). В кратком изложении состояние культур следующее.

В западной части выдела 4 в кв. 172, где были высажены чистые культуры ели, в возрасте 94 года сформировалось насаждение с участием естественно возобновившейся березы кисличного типа леса состава 8Е2Б полнотой 0,65 и запасом 322 м^3/га. Ель и береза достигли высоты 25,9 и 24,6 м соответственно, что соответствует II бонитету. Схему посадки выяснить не удалось.

Санитарное состояние. Количество сухостойной древесины ели и березы по отношению к общему запасу на корню составляет 6,7%. Сильно ослабленных и усыхающих деревьев отмечено 3 м^3/га, что составит 10,3% от запаса живых деревьев. Поражения грибными болезнями живых деревьев ели не отмечено.

Мероприятия по сохранению лесных культур на ООПТ. С учетом наличия в составе древостоя ослабленных, усыхающих и сухостойных деревьев в количестве 17% от запаса возможно назначение выборочных санитарных рубок. Однако из-за низкой полноты древостоя (0,65) срочной необходимости в таких мероприятиях нет.

В восточной части выдела 4 в кв. 172 к культурам ели примешивали сосну в разных вариантах с рядовым и звеньевым смешением пород. В одном месте удалось восстановить схему посадки, которая была проведена по схеме: 2-3 ряда ели и 1 ряд сосны с расположением деревьев в рядах через 1,2-1,6 м и между рядами в среднем через 1,5 м. Здесь и были заложены круговые реласкопические площадки, по которым определены таксационные показатели древостоя: возраст 94 года, состав 37Е 29С 8Б 2Ос, средняя высота ели 31,8 м, сосны 30,8 м, I класс бонитета, полнота 0,76, запас 415 $м^3$/га.

Санитарное состояние восточной части участка хорошее. Специальных мероприятия по сохранению лесных культур не требуется.

Перспективы изучения

По своему состоянию культуры имеют среднюю полноту, смешанный из 3-4 пород состав и поэтому вполне вероятен длительный (20-40 лет) период устойчивого роста без нарушения структуры насаждения. Так как сосна в низкогорных лесах здесь естественно не произрастает, то в этих и других рядом расположенных культурах она является, вообще говоря, интродуцентом и было бы интересно проследить ее дальнейшую судьбу

.

Второй по величине крупный массив лесных культур создавался из трех хвойных пород вблизи ж/д ст. Тискос (53 га). Хорошо сохранившийся участок культур, созданным теми же лесничими в тот же год. В материалах лесоустройства участок размещен в Теплогорском участковом лесничестве в кв. 166, выдел 18 и входит в состав ООПТ «Тискосский сосняк». Расположен в 1,5 км на северо-восток от ст. Тискос и интересен в своей северной части, где на краю участка можно обнаружить следы старого лесного питомника и древостой полнотой 1,03 с наибольшим участием лиственницы, с высотами до 33 м и запасом 580 $м^3$/га. Здесь в 1916 г. искусственным лесом был засажен также целый склон горы на протяжении 1,0 км, и также выделяющийся ныне на космоснимке более темной и плотной окраской. Координаты центра участка: N 58°27′04′′ E 59°10′05′′. Координаты крайних точек: юго-западная N 58°26′58′′ E 59°09′42′′; северо-восточная N 58°27′25,7′′ E 59°10′19,4′′

Существовали еще два отдельно расположенных участка культур в соседнем квартале № 167 (выдела 18, 21, 22), которые пострадали от катастрофического ветровала в 2001 г. и утратили свое значение.

История создания культур

Культуры созданы в 1916 г. смешением трех пород в соотношении 70% ели, 20% сосны и 10% лиственницы. Схема посадки в среднем 1,4×1,4 м выдерживалась не регулярно, но в южной части выдела ряды видны достаточно отчетливо (рис.2.13). Обнаружены следы старой выборочной рубки (по-видимому, самовольной) в виде двух узких прорубленных коридоров длиной по 60 и 90 м в юго-западной части.

Других следов воздействия на массив культур не обнаружено. Возможно, в самой южной части участка посадочные лунки засыпали перегноем из лесной подстилки и занесли микоризу белых грибов; они встречаются только здесь, узкой полосой и в изобилии.

Рис. 2. 13 - Культуры ели с сосной и лиственницей, созданные в 1916 г. лесничими Бисертского лесничества Зандерсоном И.И. и Скудович П.С. В настоящее время входит в состав ООПТ «Тискосский сосняк» в Теплогоском участковом лесничестве.

История изучения культур.

Изучены в 2007 г. М.В.Рогозиным. При таксации участка были выделены три части: северная, средняя и южная. В средней части доля естественно возобновившихся березы и осины оказалась повышенной и круговые площадки здесь не закладывали.

В северной части на площади около 10 га в возрасте 94 лет сформировалось насаждение полнотой 1,03 из четырех пород: лиственницы, сосны, ели и березы со средними высотами соответственно 31,9; 30,7; 27,3 и 28,8 м и запасами по этим породам 95, 202, 206 и 77 $м^3$/га. Ель здесь несколько отстает по высоте от всех пород из-за повышенной доли быстрорастущий лиственницы (15%).

В южной части на площади около 20 га доля лиственницы оказалась меньше (8-9%) и все три хвойные породы растут практически одинаково в пределах средних высот 28,5-30,0 м и образуют насаждение 1 класса бонитета с полнотой 0,96. Запасы древесины здесь 476 $м^3$/га.

По самому южному краю лиственницу не высаживали и со стороны дороги ее не видно; в культурах накапливается валеж и сухостойные деревья ели (рис. 2.13)

К востоку от участка расположена большая вырубка, на которой отмечено естественное возобновление сосны от деревьев из данных культур.

Перспективы изучения. Для лиственницы ближайшие 10-20 лет могут оказаться периодом прироста высоты 25-30 см в год и значительного обгона по высоте других пород. Это обеспечит «расслоение» одноярусного насаждения и более комфортный рост всех пород. Наиболее вероятно в этот период снижение полноты с 1,03 до 0,8 из-за отпада части деревьев и весьма интересно проследить, на какой же период сохранится такая высокая (возможно, предельная) полнота в северной части выдела.

2.3. Кудымкарский район

Здесь объекты лесокультурного наследия сосредоточены вблизи с. Кува (36 км от г. Кудымкар в направлении на север) и вокруг самого г. Кудымкар.

В настоящее время, по результатам наших обследований старых культур в Пермском крае в 2006-2011 гг. можно считать, что вблизи с. Кува расположены наиболее продуктивные по запасам культуры сосны и лиственницы, где растут и самые высокие для своего возраста хвойные деревья в нашем крае (рис. 2.14-2.16).

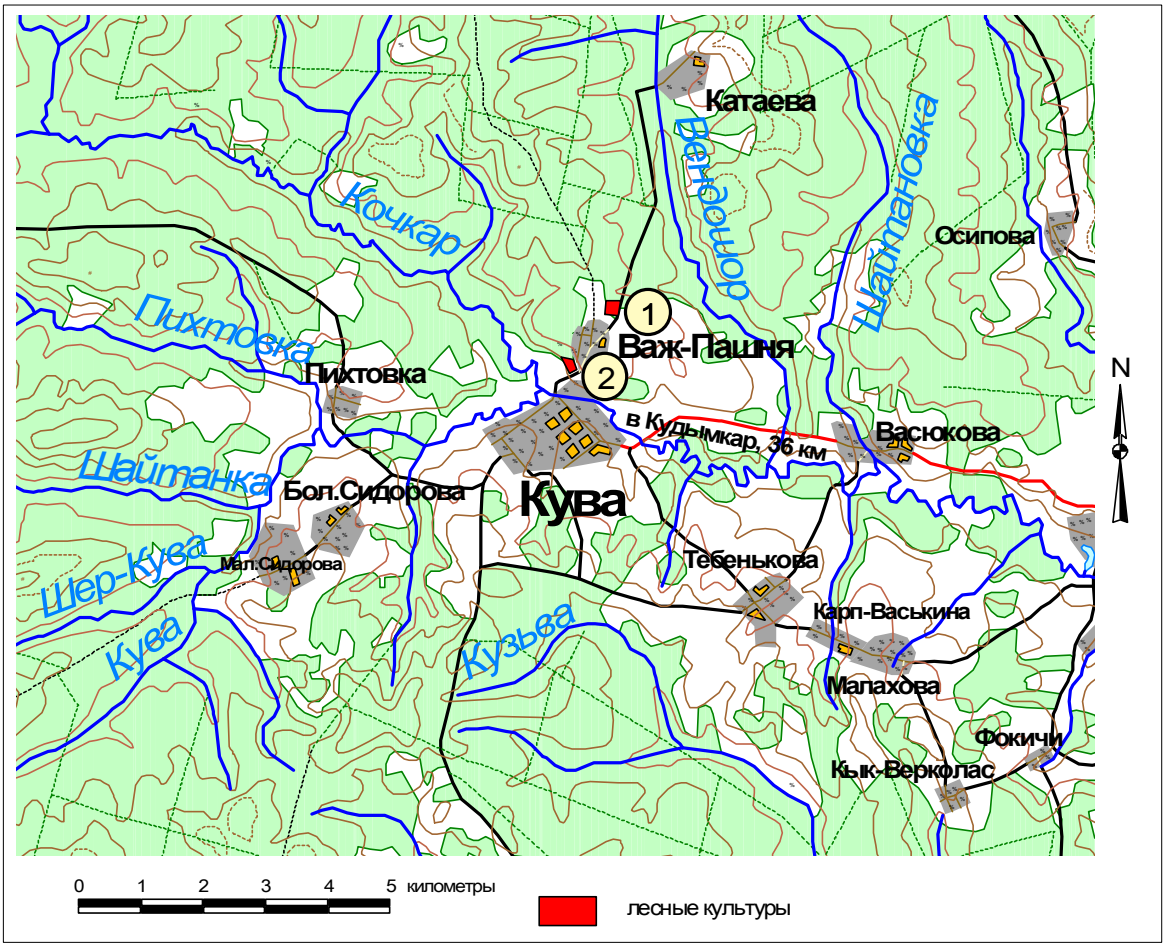


Рис. 2. 14 – Расположение ООПТ «Кувинский бор» (1) и парка «Софья» (2) с самыми высокими (для своего возраста) хвойными деревьями Пермского края.

В 2011 г. проведены обследования этих объектов. В полевых работах принимали участие студенты Кудымкарского лесного техникума В.А.Зуев, В.Н.Осокин, А.С.Отинов и Н.И.Тупицина под руководством преподавателя по таксации леса Н.Л.Радостевой.

Рис. 2.15, 2.16 – ООПТ «Кувинский бор». Феноменальная по размерам ствола лиственница Сукачева с высотой 41,7 м и диаметром 57,3 см в культурах 1907 г. Здесь же обнаружена сосна обыкновенная высотой 41,4 м и диаметром 38 см и ель сибирская высотой 37,8 м и диаметром 43 см (измерения с четырех сторон 3.08.2011 г.).

Участок расположен в 0,4 км на север от п. Важ-Пашня и на север 2,0 км от с. Кува. Площадь 3,9 га. Координаты центра участка: *N* 59˚08´41´´ *E* 54˚11´10´´

История создания культур

Культуры созданы в 1907 г. посевом семян лиственницы, сосны и ели на пашне в 3 вариантах смешения этих пород. Семена высевали совместно с рожью или овсом; после уборки злаков стерня некоторое время защищала всходы хвойных пород от сорняков. Спустя 2-3 года в местах с редким размещением сеянцев проводили дополнения, пересаживая растения из густых мест (в центре участка сохранился 1 ряд такой посадки из нескольких лиственниц). Для защиты от потравы скотом по периметру участка была выкопана канава глубиной 0,6 м; по ее гребню был посажен 1 ряд из ели с плотным размещением растений через 1/3 сажени (0,71 м). Канава сохранилась хорошо и на ее гребне местами сохранился защитный ряд из деревьев ели.

История изучения культур

Культуры изучались в 1979 и 2011 гг. М.В.Рогозиным.

В 2011 г. 1 июня проведена глазомерно-измерительная таксация. Заложены: 5 круговых реласкопических площадок в культурах лиственницы и 5 - в культурах сосны,

измерены высоты 54 деревьев, в том числе: 26 – сосны, 9 – ели и 19 – лиственницы. Показатели культур в возрасте 104 лет, в сравнении с их таксацией на пробных площадях 31 год назад следующие.

Культуры лиственницы. Состав 89Л 8Е 2С, средняя высота лиственницы 35,8 м, ели – 17,9 м, сосны – 34,8 м, класс бонитета 1А, полнота 43,8 $м^2$/га (0,98) и запас древесины 604 $м^3$/га. В наиболее продуктивной части, на одной из 5 круговых площадок, определена общая полнота 45,5 $м^2$/га (0,99) и запас 628 $м^3$/га, в том числе запас древесины лиственницы – 561 $м^3$/га.

В 1979 году, то есть 31 год назад, древостой состоял из 494 стволов лиственницы с диаметрами 12-48 см, со средними: высотой 28 м и диаметром 25,6 см; полнота была 0,55 (25,4 $м^2$/га), запас составлял 335 $м^3$/га. Господствующая часть состояла из 279 стволов с диаметрами 22-48 см, со средними: высотой 30 м и диаметром 30,7 см, полнотой 0,45 (20,9 $м^2$/га), запасом 283 $м^3$/га. Подрост ели в запасе не учитывался.

За период наблюдений в 31 год увеличение наличного запаса в ярусе лиственницы составило 561-335=226 $м^3$/га и текущий прирост составлял 7,3 $м^3$/га в год. Культуры продолжают рост в высоту. В господствующей части древостоя за последние 31 год лиственница увеличила высоту на 5,8 м и прирост составил в среднем по 19 см в год.

Наиболее вероятно, что пересаживанием сеянцев лиственницы из густых мест с этой площади был образован отрезок ряда этой породы среди культур сосны в западной части территории, а также были созданы в 1909 году еще 2 объекта: парк в центре с. Кува и культуры лиственницы вблизи г. Кудымкара в урочище «Кордон Кудымкарского лесного техникума», так как возраст деревьев на них, определенный нами по кернам древесины, оказался одинаковым.

Культуры сосны. В южной части культур, где в 1979 г. закладывалась пробная площадь, в 2011 г были заложены 2 круговые площадки. Средние таксационные показатели древостоя: состав 83С 17Е, средняя высота сосны 34,8 м, ели – 19 м, средний диаметр сосны 35,8 см, ели – 19 см, класс бонитета 1, общая полнота 45,3 $м^2$/га (1,02) и запас древесины 589 $м^3$/га.

31 год назад густота древостоя сосны составляла 566 шт. стволов на 1 га, второй ярус был представлен елью – 168 стволов на 1 га. У сосны средние показатели были: высота 28,4 м и диаметр 29,5 см, в т. ч. в господствующей части, состоящей из 534 стволов – 28,5 м и 30,1 см. Общая полнота древостоя была 0,95 (43,5 $м^2$/га), запас 548 $м^3$/га. Сосна мало увеличила наличный запас (на 51 $м^3$), но продолжает рост в высоту и за последние 31 год увеличила высоту деревьев в господствующей части на 6,3 м, то есть прирастала в среднем по 20 см в год.

В северной части выдела культуры сосны оказались менее продуктивными: общая полнота с ее определением на 3 круговых площадках в 2011 г составила 36,0 $м^2$/га (0,80) и запас древесины – 473 $м^3$/га**.** В 1979 г. пробная площадь здесь не закладывалась.

Санитарное состояние лиственницы, сосны и ели на ООПТ «Кувинский бор» удовлетворительное; имеются сухостойные деревья сосны (5%) и отстающие в росте деревья лиственницы с изгибающимися стволами и малыми размерами кроны (до 3%). На участке регулярно проводились рубки ухода слабой интенсивности с удалением отставших и сухостойных деревьев.

Перспективы изучения

1. С учетом хорошего состояния и прироста в высоту за последние 30 лет по 19-20 см в год, данный участок показывает пример долговечности и перспективу увеличения запасов, которые могут сравнится с запасами знаменитой Линдуловской рощи лиственницы в Ленинградской области. Поэтому мониторинг таксационных показателей крайне интересен, в том числе и для сосны.

2. Вблизи стен леса этих культур на поле появился самосев лиственницы в количестве до 100 – 200 шт. высотой до 0,5 м, который представляет особую ценность в генетическом плане, как потомство лиственницы Сукачева с рекордной продуктивностью.

3. Высочайшие деревья интересны со многих позиций. Краеведам и туристам они интересны как природные феномены растительного мира, ботаникам важно знать максимум проявления признаков древесного вида, лесоводов интересует возможное продолжение их роста в высоту. Последний вопрос интересен для выяснения долговечности насаждений, так как с прекращением прироста по высоте древостой начинает стареть. Вопросы долговечности насаждений связаны и с перспективами их выживания в условиях изменения климата.

Самым высоким деревом в России считается лиственница европейская. Известны ее посадки 1738 г. вблизи С-Петербурга под названием «Линдуловская роща». Последние измерения показали (Рыжкова, 2011), что на одном из участков спустя 270 лет запас древостоя составляет 1632 $м^3$/га. Диаметр колеблется от 23 до 101 см, а максимальная высота одного из деревьев составляет 45 м при диаметре 63 см. Это самые старые посадки леса в России.

Известны также посадки лиственницы 1860-х годов, созданные выдающимся лесоводом К.Ф.Тюрмером в Подмосковье. На шести самых продуктивных участках в возрасте 141-149 лет ее средняя высота достигла 43,3-45,2 м и запасы древостоев составляют 929-1497 $м^3$/га (Рубцов, 2011). Это самые высокие древостои в Европейской части России и для своего возраста они оказываются еще и феноменальными по запасам.

На Урале и в Пермском крае самые продуктивные древостои оказались также культурами лиственницы, однако уже другого вида – лиственницы Сукачева, ареал которой протянулся от Урала и до Архангельской области. Самые старые из ее посадок в лесных культурах известны как «культуры Теплоуховых» и были изучены в возрасте 72-76 лет (Прокопьев, 1981), известна также аллея лиственниц в парке «Кузьминка» в п. Ильинский, посаженная в 1850-е годы. При подготовке конференции, посвященной 200-летию со дня рождения А.Е.Теплоухова в 2011 году, а также за несколько лет до этого мы провели повторные измерения на некоторых из самых старых участков лесных культур в Очерском, Горнозаводском и Кудымкарском районах, где определяли высоты самых крупных деревьев. Дополнительно вблизи г.Перми удалось найти самые высокие и крупные деревья липы и березы, а в парках г. Перми – деревья тополя белого и рябины лесной.

Массовыми измерениями высот деревьев с нахождением среди них самых высоких экземпляров в селекционных целях (так называемых плюсовых деревьев) мы занимаемся с 1983 г. Считается, что в лесной зоне средняя высота деревьев в древостоях основных лесообразующих пород находится в пределах 25-30 м. Отечественный высотомер ВЛ-1 имеет ограничение шкалы в 30 м, такое же ограничение имеют и многочисленные стандартные таблицы для таксации леса.

Измерения высоты у деревьев практикуется чаще всего с одной позиции. При повторных измерениях высот деревьев с двух-четырех позиций оказалось, что высоты различались иногда на 4,4 м или на 10,6 %. Поэтому мы провели более тщательные повторные измерения в 2011-2012 гг. известных нам высоких деревьев. Использоли электронный высотомер «Hanlof» (Швеция). Измерения проводили два человека, оператор и помощник, равные по своему росту. Порядок работы включал следующие операции:

– на север от дерева находилось место, откуда хорошо была видна вершина;

– помощник протягивал мерную ленту, вставал перпендикулярно линии визирования сбоку от дерева и фиксировал ленту напротив центра ствола;

– оператор на расстоянии, кратном 1 м, делал на почве отметку своей позиции для измерения высоты и записывал дистанцию, с которой она будет измерена;

– визировали высотомер на вершину и определяли высоту дерева без высоты (роста) самого оператора, при этом на штифт нажимали несколько раз, записывали полученные высоты и рассчитывали среднее из них;

– перечисленные операции повторяли со стороны остальных частей света, после чего помощник измерял окружность ствола и сообщал данные оператору;

– в камеральных условиях из четырех измерений высот по сторонам света рассчитывали среднее и прибавляли к нему высоту (рост) оператора.

Ошибка измерения зависела также от колебаний высотомера в руках оператора и при работе «с руки» разночтения обычно не превышали ±0,2 м. Дистанции, с которых измеряли высоту, колебались от 23 до 39 м. При меньших расстояниях очертания макушки перекрывались ветвями кроны.

В августе 2011 г. в ООПТ «Кувинский бор» были выделены 6 деревьев, фенотипически безупречных (т. наз. «плюсовые» деревья), на которых были нанесены белой краской номера. Рекордными оказались два дерева лиственницы: №3 и №4 с высотами 41,8 и 41,7 м и диаметрами 48 и 57 см (табл. 2.2). Здесь же обнаружены и рекордные по высотам сосна (41,4 м) и ель (37,8 м). Высоты деревьев довольно сильно отличались при измерениях с четырех сторон и были «меньше» при измерениях с запада и севера, что было вызвано давлением господствующих ветров с этих направлений.

Для своего возраста эти деревья – одни из высочайших не только на Урале, но и на всей Европейской равнине. Деревья продолжают рост и вполне могут догнать лиственницу европейскую в посадках К.Ф.Тюрмера в Подмосковье, где в возрасте 141-149 лет ее средняя высота достигла 43,3-45,2 м (Рубцов, 2011). В сравнении с высотой наших, более молодых деревьев, это всего лишь на 3.4 м больше. Если культуры нашей лиственницы Сукачева сохранят прирост по высоте на уровне 15 см в год (в последние 30 лет он был 19 см в год), то через 30-40 лет, достигнув такого же возраста, что и культуры К.Ф.Тюрмера, они могут их даже обогнать по высоте.

Таблица 2.2 – Высочайшие деревья Пермского края в культурах, созданных посевом семян в 1907 г. в ООПТ «Кувинский бор». Возраст 105 лет, измерения 03.08.2011 г.

№	Порода	Окружность ствола, см	Диаметр, см	Высота (среднее из 2 – 4 измерений), м	Отклонения высоты при положении оператора относительно дерева по сторонам света, м				Максимальное различие высот, м
					С	В	Ю	З	
1	Л	170	54.1	38.8	0.9	1.0	– 0.9	– 1.2	2.2
2	С	120	38.2	41.4		– 0.5	1.3	– 0.7	2.0
3	Л	150	47.8	41.8	– 2.1	1.9	2.1	– 1.8	4.2
4	Л	190	60.5	40.4	– 0.2	0.1			0.3
5	Л	180	57.3	41.7	– 1.9	0.8	1.9	– 1.0	3.8
6	Е	135	43.0	37.8	– 0.5	0.7	0.9	– 1.0	1.9
Среднее отклонение высот, м					– 0.8	0.7	1.1	– 1.1	2.4

Следующий прекрасный объект для знакомства не только с лесными культурами, но и с лесопарковым искусством дореволюционного периода – лесной парк «Софья» на берегу пруда, созданного еще в период действия бывшего Кувинского железоделательного завода, на южной окраине д. Важ-Пашня (рис. 2.17, 2.18).

История создания посадок в парке

Культуры созданы как парковые посадки в 1893 г. в память о Софье Владимировне Строгановой (1776-1845, урожденная княжна Голицина), жены П.А.Строганова. После довольно ранней смерти мужа Софья Владимировна 28 лет единолично осуществляла управление всеми строгановскими владениями и многое сделала для развития

просвещения и образования. Она открыла в Петербурге Школу горных и лесных наук, сделала много полезных нововведений (Ванькова, Марасанова и др., 2009, с. 36).

Существует предание о том, что первые летчики, пролетая над осенним парком, прочитали слово «Софья». К настоящему времени надпись на космоснимках прочесть сложно, так как кроны у деревьев разрослись.

Рис. 2.17 – Лесной парк «Софья», созданный в 1893 г на площади 3,9 га на берегу пруда Кувинского завода. Расположен в 0,1 км на запад от д. Важ-Пашня и в 1,0 км на север от с. Кува. Координаты центра участка: *N* 59˚08´13,4´´ *E* 54˚10´32,5´´.

В парке представлены культуры сосны, ели и березы, созданные в 6 вариантах смешения этих пород. Расположение посадочных мест по схеме 4,26×0.71-1,07 м (2 сажени между рядами и 0,33-0,5 сажени в ряду); встречаются звенья из деревьев ели и некоторые деревья выбиваются из схемы посадки, в особенности в средней и северной части парка и не исключено, что именно там и читалось имя «Софья».

История изучения культур

Изучены в 2009 и в 2011 г. М.В.Рогозиным. В целом в парке общий средний состав насаждений 8С1Е1Б (80% сосны, 10% ели и 10% березы), высота сосны 29 м, полнота 1,0 запас 590 м^3/га. Санитарное состояние сосны и ели удовлетворительное; у березы имеются повреждения: 10%, ложный трутовик. Усыхающие деревья всех пород регулярно вырубаются и выносятся из парка, удаляются кустарники и подрост, благодаря чему насаждение имеют хорошую просматриваемость и действительно воспринимаются как культурная парковая среда.

В 2011 г. проведена таксация культур сосны в южной части парка с участием студентов Кудымкарского лесного техникума. Заложена пробная площадь размером 74,2×21,0 м. Густота посадки здесь была 3350 шт./га. В возрасте 120 лет сохранность

высаженных растений составила 738 шт./га или 22%. Расчет относительной полноты и запаса проведен по стандартной таблице запасов Г.С.Разина (Основные положения организации и ведения лесного хозяйства в Пермской области, В/О «Леспроект», Пермская экспедиция, 1977). Результаты таксации: средний диаметр 32,4 см, средняя высота 30,4 м, абсолютная полнота 60,1 $м^2$ /га, относительная полнота 1,33, запас древесины 810 $м^3$/га.

Это рекордные запасы в лесных культурах в Пермском крае.

Рис. 2.18 – Культуры березы в лесном парке «Софья» в д. Важ-Пашня, созданные в 1893 г. и в которых начинаются первые две буквы имени графини Софьи Строгановой. Справа начинается пруд, восстановленный в 2011 г.

Во время подготовки к проведению конференции в августе 2011 г. в нашем распоряжении оказались аэрофотоснимки парка, сделанные в 1987 г. при проведении земле- и лесоустройства Кудымкарского района (рис. 2.19).

И случилась приятная неожиданность: группе единомышленников при анализе фотоснимка парка при боковом солнечном освещении, вечером, удалось опознать первую букву имени «Софья» в посадках березы, причем на ее кончиках прослеживались даже вензельки; затем постепенно мы начали находить, во многом по наитию и догадкам, очертания и остальных букв, весьма необычных по форме. Линии этих букв образовывали изначально пустые посадочные места, видимые сейчас на фотографии как промежутки между кронами деревьев.

По-видимому, по этим линиям ходили, как по тропинкам, вначале среди белых берез в самом низком месте парка, где были первые две буквы, затем по букве «Ф» поднимались в гору и выходили на мягкий знак, ножка которого в виде просеки среди сосен открывала великолепный вид на водную гладь пруда.

Очертания их стилизованы и буква «О» похожа на грушу, буква «Ф» – на крону высокой одиночной сосны, мягкий знак – на что-то старославянское и, наконец, буква «Я» чем-то неуловимо была похожа на озорную девчонку на балу в длинном платье.

Далее снимки много раз сканировали и, меняя яркость и палитру на компьютере, убедились в отсутствии иных вариантов прочтения надписи, чем тот, который предложен ниже в подборке из серии фотографий (рис. 2.20).

В этой работе оказали неоценимую помощь Красильников П.В. (Пермский ГНИУ), Нешатаев А.К., Мошева Н.А. (г. Кудымкар).

Перспективы изучения парка

Парк «Софья» представляют интерес не только как образец лесопаркового искусства конца 19 века, но и как прототип лесных культур плантационного типа, с редким размещением и выращиванием растений. Культуры в парке выращивали с рубками только усыхающих растений с густотой, приближающейся к оптимальной для такого рода специальных культур.

Если бы для культур сосны ставилась цель получения максимальных запасов древесины в 90-120-летнем возрасте, то для этого необходимо было бы выращивать древостой с малым числом деревьев, не более 600-800 растений на 1 га. В посадках сосны в этом парке выдерживали такую густоту и она оказалась близка к современному идеалу промышленных плантационных культур.

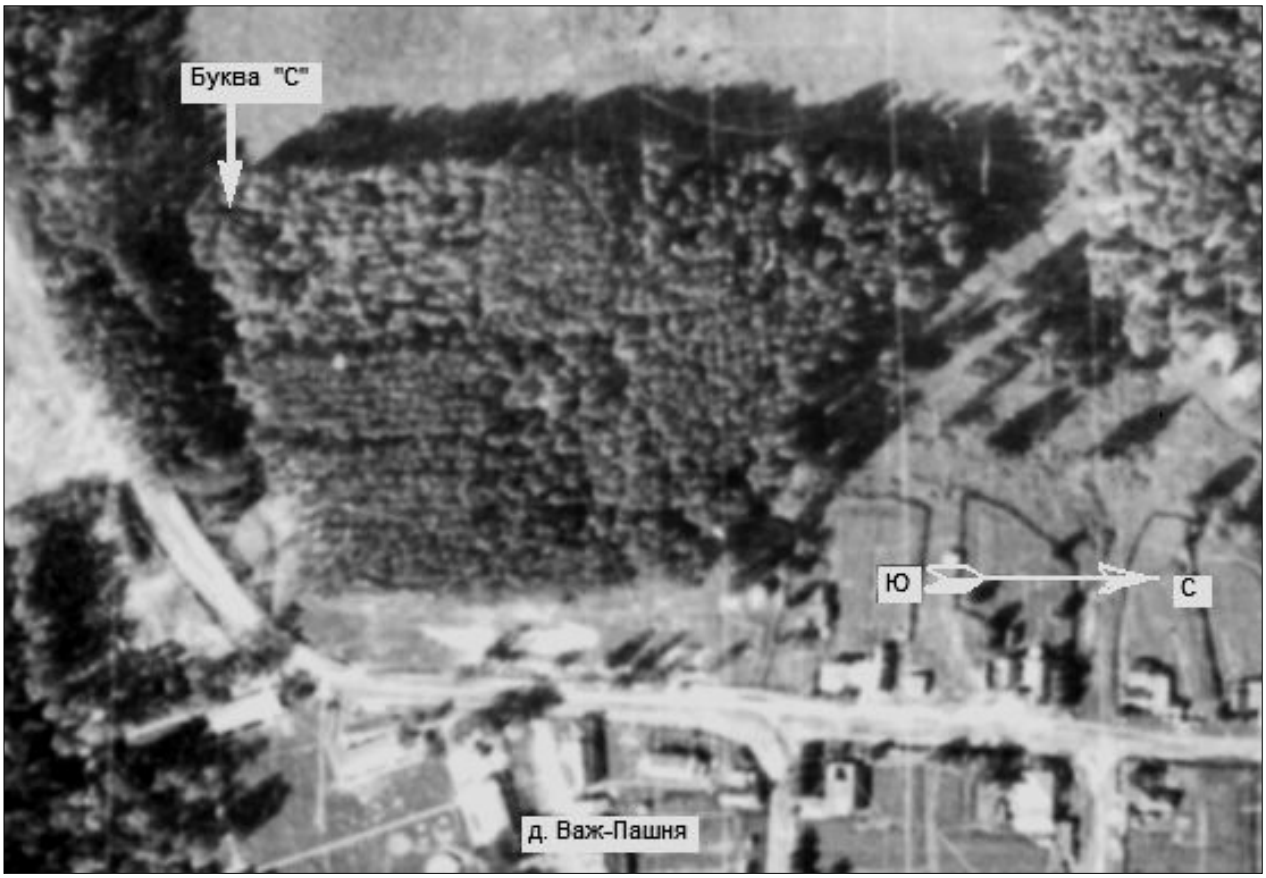


Рис. 2.19 – Аэрофотоснимок парка «Софья» в д. Важ-Пашня, 1987 г.

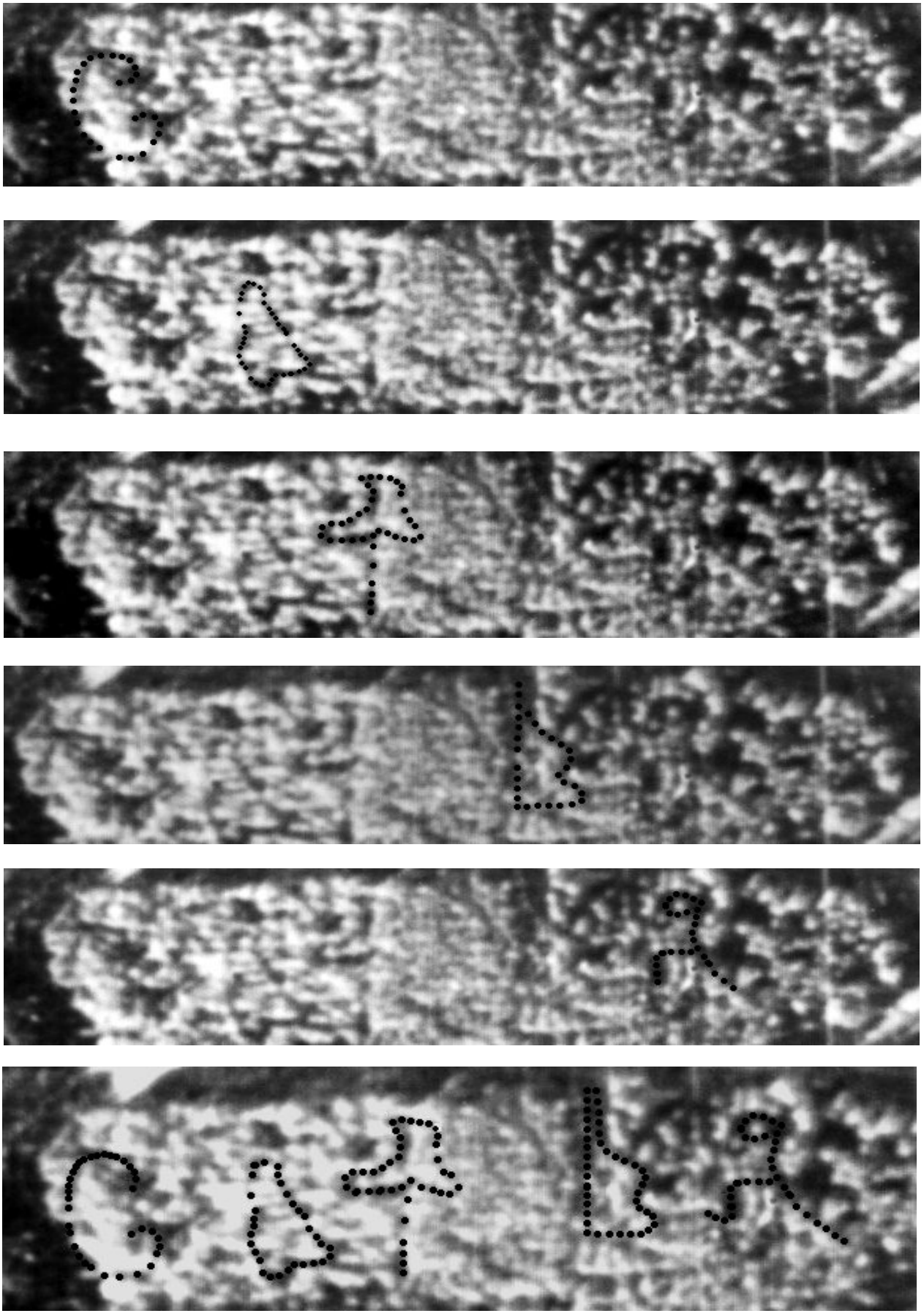


Рис. 2.20 – Тайна парка «Софья» в д. Важ-Пашня (прибрежная полоса, фрагмент)

Вокруг г. Кудымкар насчитывается 9 территорий, на которых имеются культуры ценных хвойных пород, созданные в период 1909-1997 гг. (рис. 2.21). Старые культуры лиственницы одинаковы по возрасту с ее культурами на ООПТ «Кувинский бор».

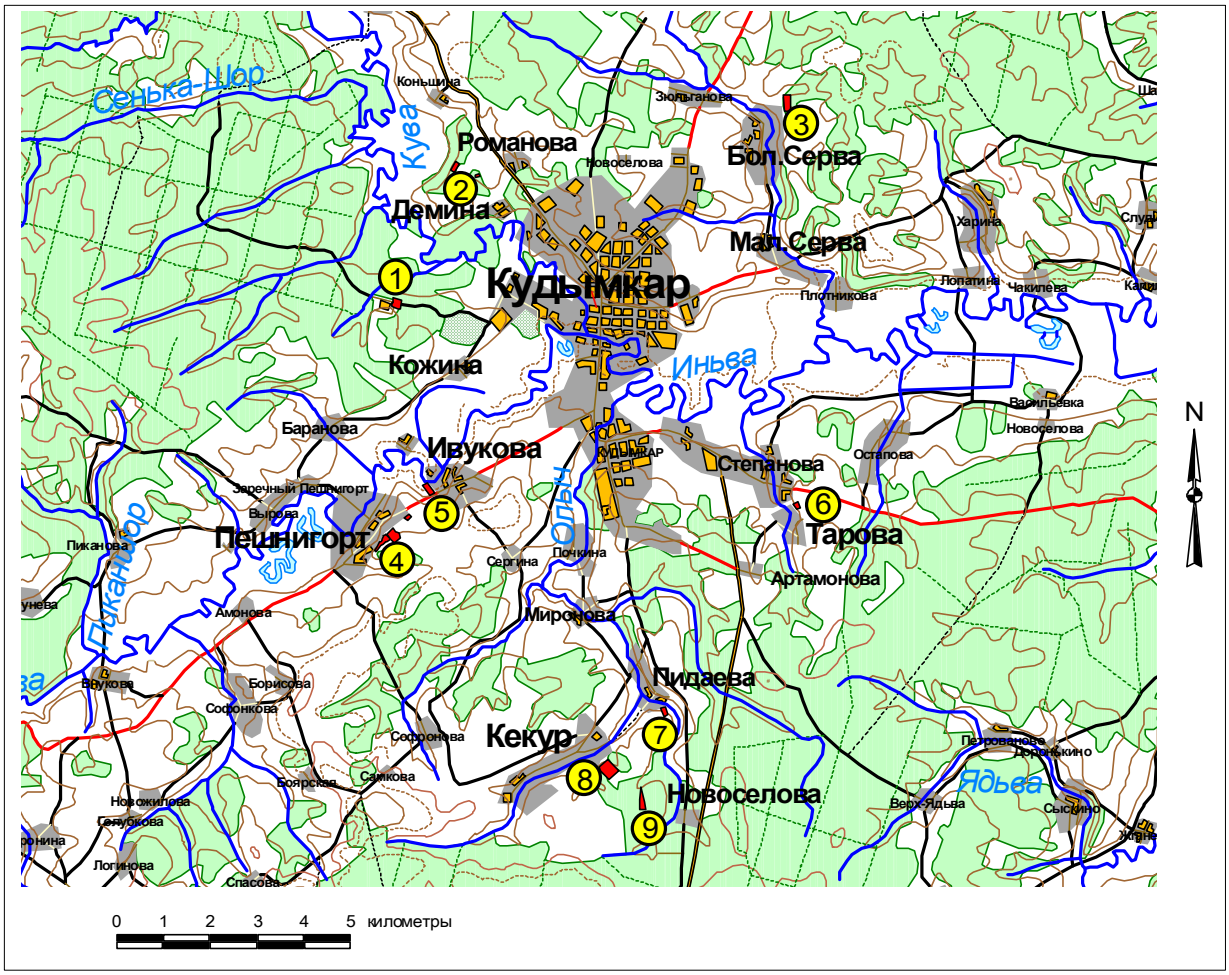


Рис. 2. 21 – Кольцо из 9 хвойных лесопарков – лесных культур вокруг г. Кудымкара:

1 – лиственница Сукачева и сибирская, посадки 1909, 1971 и 1976 гг. в урочище «Кордон лесного техникума» на площади 0,8 га;
2 – лиственница сибирская, посадки 1977 и 1979 гг. на север от п. Демина;
3 – ель с участием кедра (8%) и лиственницы (5%), посадка 1994 г. на площади 3 га вблизи п. Б.Серва;
4 – лиственница сибирская, посадка 1977 г. (3,5 га, два участка) и дендросад (4,8 га), заложенные А.К.Нешатаевым вблизи п. Пешнигорт;
5 – культуры ели 1996 г. с примесью кедра на площади 1,8 га вблизи п. Ивукова;
6 – сосна и кедр 1960 г., посадка на площади 1,2 га вблизи п. Тарова;
7 – лиственница сибирская, посадка 1977 г. на площади 1,0 га вблизи п. Пидаева;
8 – кедр в смешении с сосной и елью, посадка 1998 г. вблизи п. Кекур на площади 9 га;
9 – кедра, сосны и ели 1968 г. в кв. 106, выдела 10, 11, на площади 7,5 га.

На участках под номерами 2, 3, 4, 5, 7 и 8 культуры созданы лесоводом А.К.Нешатаевым в 1977-1997 гг. (рис. 2.22). Участки целенаправленно создавались вокруг города в виде кольца и в любом направлении при выезде из г. Кудымкар можно посетить места с посадками хвойных деревьев в окружении красивых ландшафтов.

Рис.2.22 – Культуры кедра с сосной и елью вблизи п. Кекур, созданные в 1998 г. А.К.Нешатаевым на площади 9 га семенами, полученными в 1994 г. из Тюменской области (Тобольский сельский лесхоз, Южное лесничество, кв. 3). Фото 2009 г.

Состояние культур вокруг г. Кудымкар. На момент осмотра в 2009 г. зав. лабораторией экологии леса М.В.Рогозиным и лесоводом А.К.Нешатаевым общее состояние культур было отмечено как состояние их перегущенности, заглушении кедра елью и сосной в культурах 1994-1998 гг., а также состояние предельной полноты в культурах лиственницы 1907-1977 г.

В сравнении с ее культурами на ООПТ «Кувинский бор» на «Кордоне КЛТ» лиственница имеют максимальные высоты в пределах 31-34 м, при средней высоте всего лишь 28,8 м (ниже, чем в Куве на 7,0 м). Резкое снижение высоты - на 1,5 класса бонитета - объясняется здесь очень высокой сохранностью растений, которая составила 1490 шт./га или в 3 раза больше, чем в Кувинском бору.

Такая сохранность привела к совершенно запредельной полноте культур: по данным сплошного перечета 208 деревьев на площади 87×16 м, с отбрасыванием 2 крайних рядов культур, полнота составила 10,55 $м^2$, что в пересчете на 1 га в сравнении со стандартной таблицей запасов (Разин, 1977) дает относительную полноту 1,65 и запас 970 $м^3$/га.

Однако такой высокий запас не должен вводить нас в заблуждение, так как участок, по существу, создавался в открытом поле и сейчас представляет из себя аллею вдоль лесной дороги из 16 рядов и высота деревьев в ней (29 м) превышает ее ширину (23 м). В самой сильной степени здесь проявляется краевой эффект и аллея использует

ресурсы за пределами своей ширины. Для полного снятия этого эффекта необходима закладка пробы на расстоянии примерно в 1,0-1,5 высоты древостоя, но здесь это невозможно.

В целом запасы древесины лиственницы в 105 лет на аллее, занимающей площадь всего лишь 0,14 га весьма впечатляют – это 136 $м^3$!

Из-за избыточной густоты культуры всех пород и на всех участках испытывают постоянный стресс и снижают рост, продуктивность и устойчивость. В письме к Администрации Кудымкарского района от 5.11.2009 г. *№* 59-380/16 Естественнонаучный институт Пермского госуниверситета привел сведения о состоянии этих культур и неотложные мероприятия по уходу за ними. Без ухода они останутся заурядными посадками, весьма густыми, с постоянно погибающими деревьями, в том числе весьма ценными деревцами кедра. Таких посадок леса в Пермском крае больше нет.

Перспективы изучения.

Культуры вокруг г. Кудымкар могут быть объектами постоянного изучения для студентов Кудымкарского лесного техникума. В зависимости от проведенных (или не проведенных) изреживаний через 5-8 лет начнет резко меняться рост и развитие древостоев. Если на участках оставить контроль (без ухода), то фиксация *реального и точного* хода роста каждые 3-5 лет лучше любых теоретических рассуждений в учебниках покажет невозможность использования существующих таблиц хода роста для прогноза роста этих лесных культур. Тем самым будут подтверждены (или опровергнуты) 5 законов развития древостоев и в целом вся теория их естественной динамики, разработке которой Геннадий Сергеевич Разин посвятил более чем 40-летний период поисков и исследований и которая изложена в конце настоящей книги.

Мы не претендуем на приведение в известность всех лесных культур в Пермском крае, связанных с эпохой Теплоуховых. Задачу свою мы видели в научном анализе долговременных (и в определенном смысле уже исторических) результатов искусственного восстановления хвойных лесов. Этот анализ проведен нами еще не до конца и будет завершен уже не нами и возможно тогда, когда последние из деревьев, высаженных А.Е. и Ф.А.Теплоуховыми и их последователями, закончат свой жизненный путь. Так что работы еще много и ее хватит многим молодым исследователям-лесоводам, селекционерам и экологам.

3. Изучение динамики роста и развития древостоев в культурах Теплоуховых

3.1. Кратко о таблицах хода роста древостоев

Изменение во времени состояния древостоя принято называть ходом роста и развития или просто динамикой древостоя. Количественные показатели, характеризующие возрастное состояние древостоев, относящихся к одному естественному гомогенному ряду (по Третьякову,1937) служат основой для составления таблиц хода роста древостоев.

Таблицы хода роста (ТХР) древостоев необходимы для прогнозирования многих показателей: накопления запасов древесины и всей биомассы, прироста и отпада, объемов промежуточного и главного пользования, установления оптимальных возрастов рубок ухода и главной рубки. Они нужны и для решения в целом вопросов технологии лесовыращивания с целью повышения производительности, устойчивости и долголетия лесов. Процесс составления указанных таблиц как числовых моделей поведения во времени множества показателей фитоценоза сводится в конечном счете к изучению и моделированию роста и развития древостоев. Этим вопросам в лесной науке уделяется большое внимание и разрабатываются теоретические модели, отображающие наиболее вероятное развитие древостоев в разных лесорастительных зонах и условиях местопроизрастания.

Первые русские «Опытные таблицы запаса и прироста нормальных насаждений» опубликовал в 1846 г. Варгас де Бедемар, которые в 1897 г. М.М.Орлов переименовал в «Таблицы хода роста нормальных насаждений».

Потом А.В. Тюрин в кратком справочнике «Лесная вспомогательная книжка» (Тюрин, 1945) вместо прежнего термина «нормальные» использовал термин «сомкнутые» и число ТХР в этом издании насчитывало 28 единиц.

В справочнике В.Б. Козловского и В.М. Павлова «Ход роста основных лесообразующих пород», изданном в 1967 г., приведены уже 113 ТХР, в том числе для территории России - 80 единиц. Здесь они классифицированы весьма разнообразно: большинство - сомкнутыми, множество - без наименований и некоторые - нормальными, нормально сомкнутыми, высокополнотными, модальными (наиболее распространенными).

В 1970-1980 гг. усиленно работали по теме разработки моделей хода роста и ТХР древостоев ряд крупных исследователей (Кузьмичев, 1977; Загреев, 1978; Свалов, 1978, 1979) и другие. Разрабатывались ТХР старого классического (нормального) типа, иногда с пояснениями о некоторых недостатках, присущих таким таблицам.

В.В. Загреев в книге «Географические закономерности роста и продуктивности насаждений» (Загреев,1978) указал, что им собрано очень большое число имеющихся ТХР: нормальных древостоев – 370, а модальных – 104. Наконец, в книге-справочнике А.З. Швиденко и др., (2008) «Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии» приведены свыше 120 ТХР, включая таблицы для модальных («реальных») древостоев. Общие для страны ТХР представлены в классификации «Ход роста полных (нормальных) древостоев», а региональные ТХР называются «Ход роста полных древостоев» без добавления в скобках термина «нормальных».

В названиях перечисленных таблиц разных авторов имеется явное указание на возрастную динамику показателей, в них представленных («ход» роста). Изменения представлены для фиксированных возрастных точек в 10, 20, 30 лет и так далее. В таблицах можно обнаружить и некий закон, по которому растут древостои, если принять или считать априорно, что эти таблицы отражают естественный «ход» их роста. Так, из таблиц следует, что с возраста, указанного в таблице, и до возраста естественной спелости

древостои обязательно должны оставаться в указанном состоянии - предельно сомкнутом, полном, нормальном. Это означает еще, что молодые древостои всегда станут в старших возрастах подобными тем, какие имеются в таблице, а также что последние были раньше такими же, каковы в таблице теперешние молодняки. Именно таким предстает перед нами в ТХР естественный гомогенный ряд древостоев и именно так и представляет большинство исследователей и пользователей данных таблиц динамику («ход» роста) древостоев.

Однако однажды возникает мысль о проверке – мысль о том, растут ли наши леса действительно так, как указано в ТХР нормальных древостоев. С одной стороны, известно, что большинство древостоев постепенно становятся сомкнутыми, нормальными и полными и если полные древостои будут оставаться таковыми до старости (как утверждают ТХР), то доля их с возрастом должна увеличиваться. Но с другой стороны, опыт лесных таксаторов убеждает, что доля полных древостоев с возрастом резко уменьшается. Это подтверждают и данные многократных инвентаризаций лесного фонда нашей страны. На основе этих сведений мы пришли к выводу, что доля таких древостоев уменьшается после достижения ими некоторого возраста и это означает не что иное, как закономерное снижение полноты в бывших «нормальных» древостоях (Разин, 1965). Поэтому в спелых лесах редко встречаются древостои с полнотой 1,0 – и это давняя аксиома для таксаторов.

Возникла необходимость строгого доказательства указанных доводов по результатам наблюдений за древостоями в лесных опытных дачах (ЛОД), в которых закладывались длительные опыты по выращиванию и уходу в лесных насаждениях. Первые данные о снижении полноты древостоев с возрастом в одной из таких дач приведены Г. С. Разиным в журнале «Лесное хозяйство» в 1966 г. №1, в отчете о НИР за 1965 г. «Об опытных ТХР и действительном ходе роста древостоев» и в докладе на научно-технической конференции, состоявшейся в апреле 1966 г. в Поволжском ЛТИ в г. Йошкар-Ола (Разин, 1965, 1967).

Результаты дальнейших исследований позволили нам сформулировать ***закон естественного морфогенеза древостоев:*** сомкнутость крон деревьев любых простых древостоев (кроме абсолютно-разновозрастных) с увеличением средней высоты и возраста повышается по кривой линии от минимума (0,1-0,2) до максимума, равного 1,0-3,0 и более, а затем вновь уменьшается до минимума в пределах 0,7-0,5 и менее с интенсивностью, зависящей от породного состава, начальной и текущей густоты, равномерности всходов и посадок, режима выращивания и условий местопроизрастания (Разин, 1975). В настоящей книге данный закон подробно рассмотрен нами в следующей главе.

Из полученного закона морфогенеза следует ряд выводов (следствий действия данного закона). Прежде всего зависимым от обнаруженного закона образом должен изменяться весь комплекс показателей, характеризующих древостой, так как успешность его роста зависит от степени развития крон. Вызванные действием этого закона изменения напрямую влияют на структуру древостоя. Следовательно, таблицы хода роста должны отражать эти изменения и разрабатываться с учетом действия закона естественного морфогенеза древостоев.

Общеизвестно, что от степени (коэффициента) сомкнутости крон зависит сомкнутость полога. Поэтому далее приходим к выводу о весьма вероятном наличии аналогичной описанной выше динамики сомкнутости полога, абсолютной и относительной полноты древостоев. Это означает, что относительная полнота нестабильна. Она повышается с возрастом от минимума до максимума и далее вновь уменьшается до минимума.

С учетом этого закона и его следствий Г.С.Разиным были разработаны принципиально новые методические рекомендации «Изучение и моделирование таблиц хода роста древостоев различной густоты» (Разин,1977), в которых доказано, что

абсолютная и относительная полнота достигает максимума довольно рано и затем неизбежно уменьшается.

По данным этой работы с использованием местных «стандартных» таблиц получена следующая динамика полноты естественных древостоев ели в Прикамье (табл. 3.1). Из таблицы 3.1 следует, что относительная полнота еловых древостоев достигает предела в 20-25 лет при начальных густотах 62-8 тыс., в 30 лет – при 4160, а в возрасте 40 лет – при начальной густоте 2166 шт./га. Древостои находятся в состоянии предельной полноты совсем небольшой период времени: примерно 10-15 лет. Чем больше начальная густота, тем раньше достигается предел полноты и тем короче период ее максимума.

Таблица 3.1 – Полнота естественных древостоев ели различной густоты (фрагмент)

Начальная густота, шт./га	Возраст, лет							
	20	25	30	40	50	60	80	100
61800	1,00	0,92	0,89	0,77	0,66	0,56	0,46	0,39
20300	1,02	1,00	0,96	0,83	0,73	0,65	0,53	0,51
14060	1,02	1,02	0,97	0,85	0,77	0,69	0,60	0,56
7910	0,95	1,02	0,99	0,90	0,83	0,76	0,68	0,65
4160	0,70	0,95	1,02	0,95	0,89	0,84	0,78	0,75
2166	0,41	0,65	0,90	1,00	0,97	0,93	0,90	0,85

Тем самым удалось доказать экспериментально, что естественный ход роста и развития древостоев происходит совсем не так, как это показывают все существующие ТХР. Впервые неадекватно названные М.М.Орловым в 1897 г. «таблицами хода роста» таблицы 1846 г. Варгаса де Бедемара в действительности были таблицами с показателями насаждений в статике, для фиксированных возрастов. Этот вывод относится и ко всем последующим ТХР, составленным по старым методикам для самых разных пород и классов бонитета различных лесорастительных зон (Разин, Рогозин. 2009).

Верифицировать таблицы хода роста, то есть отследить и проверить динамику показателей конкретных древостоев за некоторый необходимый период (например, 30-40 лет) и тем самым проверить «ход» роста древостоев в составленных таблицах исследователям не удавалось (либо такая задача даже и не ставилась), так как такой период выходил за пределы активного периода жизни исследователей, занимавшихся разработкой ТХР.

В результате получилось так, что статичный ряд из древостоев-эталонов, сведенный в таблицу и входом в которую служил возраст, стали понимать как ряд динамический. При этом короткое название «таблицы хода роста» прижилось и воспринималось как вполне правильное. Однако этот ряд (строки в таблице с показателями роста по десятилетиям возраста) получался «динамическим» только внешне, так как был составлен из разных древостоев.

У этих разных древостоев был один объединяющий их показатель – предельная полнота. Однако такая предельная полнота *в реальных древостоях* с возрастом неизбежно уменьшается и в возрасте на 10 или 20 лет старше, в следующей строке таблицы, показатели роста (найденные при составлении таблицы как средние значения для выборки из древостоев с предельной полнотой), никак не могут принадлежать тем же самым древостоям спустя эти годы. Поэтому используемое для старых таблиц название «таблицы

хода роста», по существу, искажает их смысл и должно быть заменено на название «таблицы роста древостоев в статике».

ТХР составляются для разных условий, и в разделе 4 мы рассмотрим причины, по которым таблицы нецелесообразно составлять по классам бонитета. В разделе 3.5 будет рассмотрена методика моделирования хода роста древостоев, в которой при подборе пробных площадей для составления ТХР по типам условий местопроизрастания в обязательном порядке учитывается также *история их развития*.

3.2. Чем заинтересовали нас лесные культуры Теплоуховых?

Лесные культуры представляют идеальный объект для выяснения разного рода закономерностей развития древостоев. Культуры можно рассматривать как самую простую модель насаждения, в котором выравнены влияния таких факторов как возраст деревьев, эдафические условия, площадь питания, конкуренция между деревьями до определенного возраста. В них можно найти участки с максимально благоприятным агрофоном, так как эти культуры обычно закладывались на старых пашнях и сенокосах. Строгая технология посадки с равномерным размещением растений в ряду создавала и максимально равные условия для развития каждого дерева.

С началом формирования сомкнутого древостоя его дальнейшее развитие, включая дифференциацию растений по размерам и другие структурные особенности древостоя, определяют некоторые общие законы развития его как дендроценоза, которые для конкретных по структуре древостоев имеют свои линии развития. Выше было показано, что существующие ТХР неадекватны фактическим линиям развития реальных древостоев и поэтому лесные культуры, как наиболее простые по структуре сообщества, представляют и наиболее строгий по параметрам объект для изучения и моделирования динамики развития древостоев.

Так как структура древостоев культур зависит от их густоты при посадке, а та, в свою очередь, определяется достаточно просто по схеме размещения растений, следы которой сохраняются до самой старости, то достаточно просто могут быть сформированы группы с разной начальной густотой культур. Однако если стоит задача показать их действительное развитие до возраста спелости в виде *динамических* таблиц хода роста, то такая простота подбора исходного материала для анализа никак не дает права на использование простых (и устаревших) подходов в составлении ТХР и их моделей. В частности подходов, основанных на игнорировании лесного сообщества как динамической развивающейся системы, где показатели всех признаков постепенно меняются и зависят друг от друга, в том числе изменяется и относительная полнота.

Культуры Теплоуховых оказались высококачественными насаждениями, созданными во многих типах условий местопроизрастания и с различной первичной густотой, высокопроизводительными в различных возрастах. Изучение их в 1980-е годы позволило нам составить модели адекватной динамики роста и развития древостоев с учетом условий произрастания и первичной густоты, что привело нас в 2000-е годы к формулированию законов их естественной возрастной динамики. *Такие законы и связанные с ними теории в лесоводстве до этого не обсуждались и не выдвигались.*

Кроме изложенного выше, составление адекватных моделей динамики древостоев лесных культур открывает возможности объективно оценить уже имеющиеся ТХР древостоев лесных культур.

Например, составленные А.В. Поповой (Попова,1971) для Прикамья ТХР еловых культур с густотой посадки 7500 экз./га для ТУМ C_2 (дерновоподзолистых свежих суглинистых почв) показывают, что они имеют следующие запасы:

Возраст, лет	30	40	50	60	70
Запас древесины, $м^3$/га	123	182	225	254	277

Однако результаты наших исследований показали, что в подобных условиях древостои еловых культур, с такой же начальной густотой, имеют другие запасы:

Возраст, лет	30	40	50	60	70
Запас древесины, $м^3$/га	207	365	462	496	511

Причиной таких больших различий в таблицах А.В.Поповой, вероятно, является занижение приводимого числа деревьев на 1 га во всех указанных возрастах примерно в 2 раза из-за допущенных ошибок и методических просчетах при их составлении.

3.3. Таксационные показатели древостоев еловых культур ели в условиях B_3, C_3

Весь собранный за три года (1983-1985 гг.) эмпирический и экспериментальный материал для целей моделирования был разделен на две совокупности. Ниже приводятся основные сведения по 43 пробным площадям, древостои которых сформировались в наиболее часто встречающихся условиях – в типах условий местопроизрастания (ТУМ) B_3, C_3 (табл. 3.2, 3.3). Табличные сведения убеждают, что для составления моделей хода роста имеется достаточно данных: возраст древостоев – от 18 до 89 лет, первичная густота посадки – от 2 до 10,5 тыс. шт/га, режим выращивания – от отсутствия рубок ухода до многократных. Вопрос только в том и состоял, как правильно использовать этот материал.

Приведенные в этих таблицах данные были использованы при составлении следующих двух групп моделей роста древостоев еловых культур:

а) модели хода роста (МХР) древостоев с различной начальной густотой, растущих без вмешательства рубками ухода;

б) модели выращивания древостоев (МВД) со средней начальной густотой 3550 ± 120 шт./га, формируемых при различных режимах ухода.

Густоту древостоя в 10-летнем возрасте, с которого начиналось моделирование, мы называем здесь "начальной" в отличие от "первичной" или "первоначальной", которой называют густоту в момент создания.

Таблица 3.2 –Таксационные показатели лесных культур на заложенных пробных площадях, произрастающих в ТУМ C_3 и B_3

№ ПП	Nперв., шт./га	Возраст лет	Nтек., шт./га	Сохран-ность, %	Hср, м	Дср, см	Σg, $м^2$/га		M, $м^3$/га		ΔMср, $м^3$/год	Полнота	Бонитет
							общ.	в т.ч. ель	общ.	в т.ч. ель			
136-84	2000	18	1650	82,5	3,2	3,7	1,5	1,5	3,6	3,6	0,2	0,14	4, 0
157-85	6000	20	5774	96,2	3,0	3,1	4,3	4,3	11,5	11,5	0,6	0,43	4, 3
151-85	8190	21	7459	91,1	3,8	3,9	8,8	8,8	26,6	26,6	1,3	0,68	4, 0
152-85	6940	22	6518	93,9	4,4	4,7	11,2	11,2	34,3	34,3	1,6	0,72	3, 8
138-85	6140	26	3304	53,8	7,4	8,6	19,2	19,1	85,6	84,8	3,3	0,73	2, 9
117-84	6722	35	3500	52,1	11,8	12,5	42,7	41,8	263	258	7,6	1,02	2, 1
127-84	10460	37	5084	48,6	12,2	10,3	42,7	42,7	281	281	7,6	1,02	2, 2
128-84	10200	37	6216	60,9	10,4	8,0	31,5	31,5	185	185	5,0	0,86	2, 9
129-84	10410	37	5980	57,4	12,2	9,6	43,6	43,6	292	292	7,9	1,04	2, 2
119-84	5720	40	2268	39,6	15,1	15,0	39,9	36,0	300	270	7,5	0,80	1, 3
103-83	11490	43	3130	27,2	15,7	13,0	41,5	41,5	324	324	7,5	0,82	1, 5
105-83	11490	43	2508	22,4	15,7	13,1	34,7	34,7	273	273	6,3	0,68	1, 5
65-79	6844	44	3380	49,4	14,3	11,5	38,3	34,1	307	265	7,0	0,80	2, 1
118-84	4880	43	1696	34,7	15,0	16,4	35,8	35,8	252	252	5,9	0,73	1, 7
132-84	5950	44	2091	35,1	15,3	15,4	38,5	36,1	287	268	6,5	0,77	1, 7
150-85	9380	49	2016	21,5	16,8	15,7	39,3	33,3	336	278	6,8	0,83	1, 7
116-84	7500	49	1982	26,4	17,2	17,0	42,6	41,4	354	348	7,2	0,78	1, 5
65А-84	6840	50	3416	49,9	16,6	12,8	44,3	44,3	391	391	7,8	0,84	1, 8
120-84	8410	50	3656	43,5	15,2	12,2	43,0	43,0	349	349	7,0	0,86	2, 2
121-84	7670	50	4195	54,7	14,2	10,9	41,5	38,5	328	301	6,6	0,88	2, 6
8-68	3950	55	2106	53,3	16,9	14,5	34,9	34,9	306	306	5,6	0,65	2, 0
163-85	3630	55	1416	39,0	17,8	19,8	43,5	43,5	360	360	6,5	0,77	1, 8
164-85	3410	52	1296	38,0	17,6	20,8	44,0	44,0	349	349	6,7	0,79	1, 6
8-68,83	3950	70	1484	37,6	21,0	19,9	42,9	42,9	481	481	6,9	0,70	1, 7

Продолжение табл.3.2

№ ПП	Nперв., шт./га	Возраст лет	Nтек., шт./га	Сохран-ность, %	Hср, м	Дср, см	Σg, м^2/га		M, м^3/га		ΔMср, м^3/год	Полнота	Бонитет
							общ.	в т.ч. ель	общ.	в т.ч. ель			
11-69	4390	68	1783	40,6	20,7	18,3	46,7	46,7	504	481	7,4	0,77	1, 7
СУ1-83	4090	70	1380	33,7	20,9	19,4	40,8	40,8	435	435	6,2	0,67	1, 8
СУ3-83	4090	70	1394	34,1	21,2	20,0	43,6	43,6	470	470	6,7	0,71	1, 7
106-83	4110	70	1428	34,7	21,6	20,2	45,6	45,6	493	493	7,0	0,74	1, 6
58-78	10000	73	1573	15,7	20,9	18,5	42,3	38,1	462	415	6,3	0,70	1, 9
110-83	4330	77	1351	31,2	22,7	21,7	49,9	49,9	578	578	7,5	0,79	2, 1
111-83	4350	77	1123	25,8	23,5	23,5	48,7	48,7	577	577	7,5	0,76	2, 0
112б-84	20000	77	2223	11,1	20,9	17,5	53,3	53,3	575	575	7,5	0,88	2, 2
112в-84	20000	77	1596	8,0	21,5	18,9	44,6	44,6	488	488	6,3	0,72	2, 0
27-74,83	4270	79	906	21,2	24,9	24,4	42,2	42,2	513	513	6,5	0,64	1, 1
СУ5-84	4270	80	1012	23,7	23,0	23,0	42,0	42,0	506	506	6,3	0,66	1, 7
58-78,85	10000	80	1088	10,9	22,1	21,7	40,4	34,5	453	388	5,7	0,65	2, 0
11-69,83	4390	83	1057	24,1	24,3	22,5	41,9	41,9	524	524	6,3	0,64	1, 5
101-83	4490	84	1144	25,5	22,7	21,8	42,6	42,6	506	506	6,0	0,67	2, 0
101А-83	4490	84	681	15,2	23,1	22,8	27,9	27,9	330	330	3,9	0,44	1, 9
101Б-83	4490	84	1117	24,9	22,7	21,8	41,6	41,6	498	498	5,9	0,66	2, 0
102-83	4290	84	1098	25,6	22,0	23,0	45,5	45,5	504	504	6,0	0,73	2, 2
9-69	4010	89	1098	27,4	23,1	22,4	43,1	43,1	513	513	5,8	0,68	2, 2
10-70	4390	80	1321	30,1	23,0	21,8	47,4	47,4	556	556	7,0	0,74	1, 7

Таблица 3.3 – Таксационные показатели сухостойной части и свежего валежа еловых культур, произрастающих в ТУМ C_3, B_3

№ ПП	Возраст лет	Сухостой								Валеж свежий	
		Hср, м	Дср, см	N, шт/га	Σg, $м^2$/га	HF, $м^3/м^2$	M, $м^3$/га	Vср, $м^3$/шт	K2 см/м	N шт/га	M м3/га
151-85	21	1,7	1,0	37	0,03	2,07	0,01	0,0002	0,59		
152-85	22	2,1	1,6	155	0,03	2,67	0,08	0,0005	0,76		
117-84	35	5,3	4,3	1540	2,2	3,77	8,3	0,0054	0,81		
127-84	37	4,5	3,4	2346	2,2	5,64	12,4	0,0053	0,76		
128-84	37	3,3	2,5	2370	1,2	3,50	4,2	0,0018	0,76		
129-84	37	4,4	3,3	3314	2,9	3,62	10,5	0,0032	0,75		
119-84	40	8,4	5,2	428	0,9	5,67	5,1	0,012	0,62	76	0,5
103-83	43	5,6	3,9	2660	3,2	5,00	16	0,006	0,70	420	1
105-83	43	6,8	4,8	1600	2,9	7,59	22	0,014	0,70	170	1
125-84	43	5,8	3,3	5685	4,9	4,65	22,8	0,004	0,57	155	0,3
118-84	43	4,4	3,0	288	0,2	5,50	1,1	0,0038	0,68		
132-84	44	7,2	4,1	383	0,5	5,20	2,6	0,0069	0,57		
150-85	49	9,8	7,5	310	1,4	6,06	8,3	0,027	0,76	97	1,0
116-84	49	10,1	9,0	63	0,4	5,00	2,00	0,032	0,89		
65А-84	50	10,4	6,3	1802	5,6	6,25	35,0	0,019	0,60	129	1,5
120-84	50	10,9	7,7	301	1,4	6,43	9,0	0,030	0,71		
121-84	50	6,8	4,8	2080	3,7	4,86	18,0	0,0087	0,70		
163-85	55	10,0	9,0	174	1,1	5,62	6,3	0,036	0,90		
164-85	55	7,4	6,4	28	0,09	5,56	0,5	0,018	0,86		
8-68,83	70	17,1	12,4	724	8,8	9,09	80	0,110	0,72	84	17
106-83	70	15,2	11,7	707	7,6	8,82	67	0,095	0,77	32	2
СУ1-83	70	14,3	10,5	673	5,9	8,47	50	0,074	0,73	97	9
СУ3-83	70	15,0	11,3	592	5,9	8,64	51	0,086	0,75	64	7
58-78	73	13,6	7,4	338	1,5	8,50	12,5	0,037	0,54		
110-83	77	16,8	11,7	403	4,3	9,30	40	0,099	0,70		
111-83	77	19,6	14,9	174	3,0	10,3	31	0,178	0,76		
112б-84	77	16,3	10,5	275	2,4	9,54	23	0,083	0,64		
112в-84	77	16,5	10,7	280	2,5	9,36	23	0,084	0,65		
27-74,83	79	22,0	18,2	217	5,7	11,58	66	0,304	0,83	139	17
СУ5-84	80	17,7	13,8	127	1,9	10,0	19	0,150	0,78		
58-78,85	80	17,4	11,8	356	3,9	9,90	38	0,108	0,68	56	6,7
11-69,83	83	17,7	12,8	923	11,8	10,08	119	0,129	0,72		
101-83	84	20,6	16,4	564	12,0	11,33	136	0,241	0,80		
101А-83	84	20,7	16,7	320	7,0	11,00	77	0,241	0,81		
101Б-83	84	20,6	16,4	550	11,7	11,28	132	0,240	0,80		
102-83	84	13,9	10,9	325	3,0	8,33	25	0,077	0,78		

3.4. Таксационные показатели, предлагаемые для культур в качестве эталона полноты 1,0

Известно, что одним из основных и наиболее важных для лесоводства таксационных показателей древостоев является относительная полнота, определяемая как отношение фактической суммы площадей сечений стволов на высоте груди к нормативной (стандартной). Последнюю специально разрабатывают на основе эмпирических данных и принимают за основу как эталон полноты 1,0 и устанавливают ее зависимость от средней высоты древостоя.

Однако для оценки полноты в культурах оказывается непригодны прежние нормативы, установленные для естественных древостоев, так как при этом получаются полноты значительно превышающие 1,0, хотя теоретически этого никак не должно быть. Такое несоответствие во время натурной таксации приводит к большим ошибкам при определении запаса древесины на корню (иногда более чем в 2 раза), а также к множеству других негативных явлений как в науке, так и в практике.

На основе заложенных 70 пробных площадей нами выявлены три таксационных показателя древостоев еловых культур, которые должны быть приняты в качестве нормативных (стандартных) для полноты 1,0 (табл.3.4, рис. 3.1).

Таблица 3.4 – Сумма площадей сечений, видовая высота, запас в древостоях еловых культур Западного Урала, принимаемых за эталон полноты 1,0

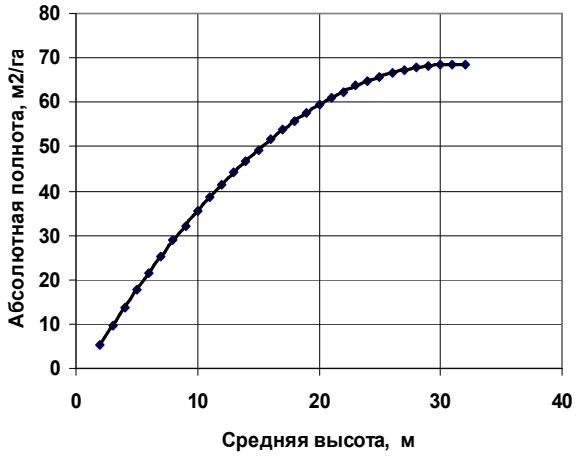
Hср, м	Σg, м^2/га	HF, м^2/м^2	M, м^3/га
2	5,4	2,01	1
3	9,7	2,45	24
4	13,8	2,9	40
5	17,8	3,35	60
6	21,6	3,8	82
7	25,3	4,25	108
8	28,8	4,7	136
9	32,2	5,14	166
10	35,4	5,59	198
11	38,5	6,04	232
12	41,4	6,49	269
13	44,2	6,93	306
14	46,8	7,38	346
15	49,3	7,83	386
16	51,6	8,28	427
17	53,8	8,73	470

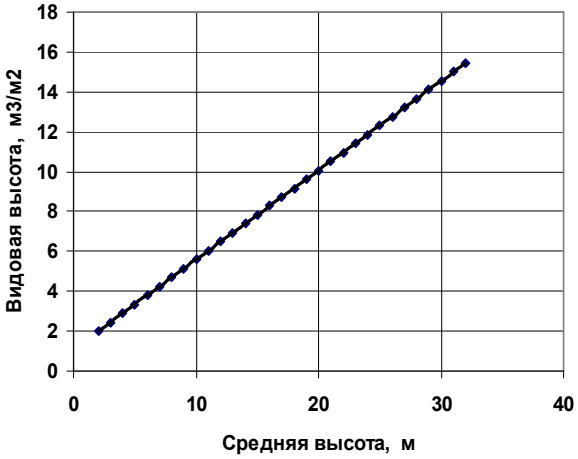
продолжение табл. 3.4

Hср, м	Σg, м^2/га	HF, м^2/м^2	M, м^3/га
18	55,8	9,17	512
19	57,7	9,62	555
20	59,4	10,07	598
21	61	10,52	642
22	62,4	10,97	685
23	63,7	11,41	727
24	64,8	11,86	769
25	65,8	12,31	810
26	66,6	12,76	850
27	67,3	13,21	889
28	67,8	13,65	926
29	68,2	14,1	962
30	68,4	14,55	995
31	68,5	15	1028
32	68,5	15,45	1058

Сумма площадей сечений таких древостоев практически наибольшая. Она имеет следующую параболическую зависимость от средней высоты древостоев (при H= 2–32 м):

$$\sum g_{1,0} = 0{,}075\,(H - 1)^2 + 4{,}5\,(H - 1) + 1.$$





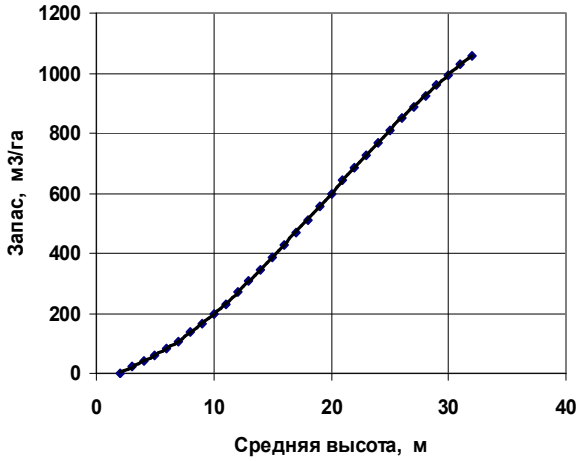


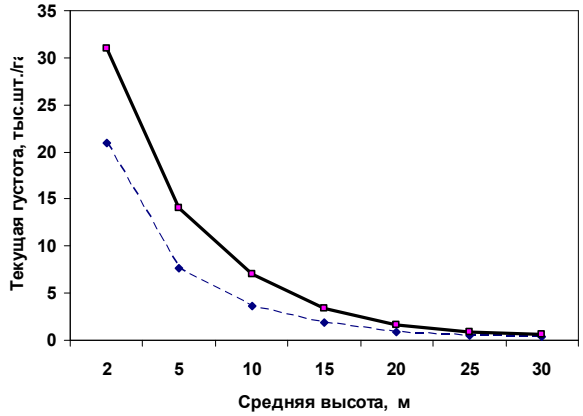
Рис. 3.1 – Абсолютная полнота ($\sum g_{1,0}$) в м^2/га, видовая высота (HF) в м^3/м^2 и запас стволовой древесины (M) в м^3/га в древостоях еловых культур Западного Урала, принятых за эталон полноты 1,0

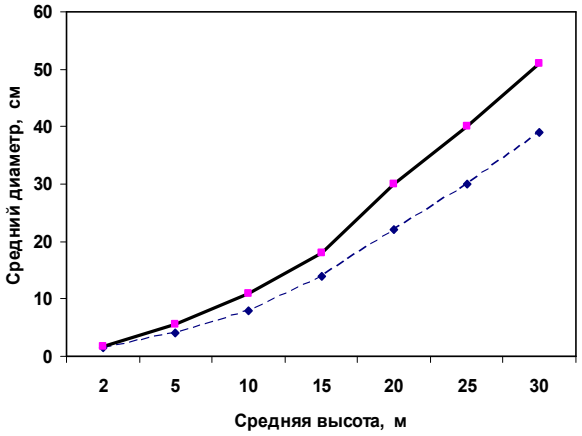
Однако в отличие от этих трех другие показатели варьируют и полнота 1,0 достигаются при разном их сочетании, от максимальных до минимальных (табл. 3.5, рис. 3.2). Это средний диаметр, текущая густота и возраст, в котором достигается полнота 1,0 (возраст достижения полноты 1,0) при указанной средней высоте. Во всех случаях вход в таблицу-эталон задан в обязательном порядке только через среднюю высоту (см. табл. 3.4).

Полнота 1,0 достигается в любом возрасте, но только при определенном сочетании достигнутой древостоем высоты, диаметра и густоты – показателей, которые формируются под влиянием условий произрастания и начальной густоты. Так, при высоте 20 м возраст достижения полноты 1,0 может быть как в 45, так и в 80 лет и это будет зависеть от ТУМа и от густоты: чем благоприятнее для роста условия и больше густота, тем раньше она будет достигнута.

Таблица 3.5 – Варьирование текущей густоты, диаметра и возраста, при которых достигается полнота 1,0 в разных условиях (при зафиксированной средней высоте Hср,)

Hср, м	Nтек., тыс. шт		Dср, см		A, лет	
	min	max	min	max	min	max
2	21	31	1,5	1,8	12	20
5	7,6	14	4,0	5,5	17	30
10	3,7	7	8	11	25	40
15	1,9	3,4	14	18	35	60
20	0,9	1,6	22	30	45	80
25	0,52	0,93	30	40	60	110
30	0,34	0,57	39	51	80	140





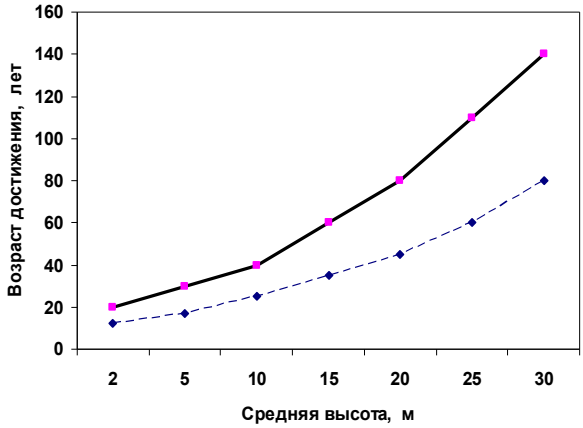


Рис. 3.2 – Пределы колебания текущей густоты, среднего диаметра и возраста достижения полноты 1,0 взаимосвязаны и определяются средней высотой, для которой найдены древостои с полнотой 1,0. Верхние линии показывают максимальные, нижние - минимальные значения.

Элементарный запас (Мэл) или "видовая высота" еловых древостоев с полнотой 1,0 фактически должен определяться по уравнению:

$Мэл_{1,0} = HF_{1,0} = 0,4H + 1,5.$

Но для практического использования в таблице 3.4 предлагаются величины элементарного запаса, вычисленные по уравнению:

$Мэл = HF = 0,48H + 1,11.$

Такое решение принято в связи с тем, что указанная таблица будет использоваться при определении полноты и запасов намного чаще встречающихся изредившихся модальных искусственных ельников, элементарный запас которых выше на 4-7 % (кроме молодняков и средневозрастных) по сравнению с полными. Принятое решение повлияло и на величину запасов.

Последние также оказываются на 4-7 % завышенными непосредственно для древостоев, имеющих полноту 1,0 (при H = 10-32 м), т.к. запасы ($M=\Sigma g_1 \times HF$) в таблице определены по завышенным HF.

После составления нормативной таблицы ее данные мы сравнили с материалами подобных исследований в ельниках Московской области (Загреев, 1981).

Наши данные превышали данные В.В.Загреева при высотах 10-30 м:

по HF – на 2,6 - 3,6 %

по Σg – на 36,2 - 15,9 %,

по M – на 39,4 - 20,0 %.

Отличия по HF незначительные, но отличия по Σg и M очень большие. Это вызвано тем, что В.В.Загреев значительно занизил линию $\Sigma g = f(H)$ по сравнению с фактическими данными. Если сравнить наши табличные величины с фактическими данными В.В. Загреева, то практически они не отличаются. Это не только дополнительно подтверждает

правильность нашей таблицы, но и показывает возможность ее использования для всей подзоны тайги и зоны широколиственно-хвойных лесов.

3.5. Методика составления моделей хода роста древостоев различной начальной густоты

Подробно методика моделирования изложена в литературе (Разин, 1977). Здесь мы остановимся на ее основных моментах.

Для составления моделей роста культур нами были заложены 70 пробных площадей, в т.ч. восстановлены 10 проб длительного наблюдения (от 5 до 25 лет). Указанные пробные площади были разделены на две совокупности по величине элементарного запаса (видовой высоты) на графике $M_{эл} = HF = f(A)$:

а) относящиеся к типам условий местопроизрастания B_2, C_2 ;

б) относящиеся к типам условий местопроизрастания B_3, C_3 .

В первую очередь решено составить модели хода роста для второй совокупности – для менее производительных условий местопроизрастания, отмечаемых типологами как B_3 и C_3. Понятно, что такая совокупность в целом характеризуется усредненными показателями, не равнозначными для каких-либо конкретных условий. Наилучшее соответствие можно достигнуть лишь при наличии огромного эмпирического, экспериментального материала, когда можно будет построить модели роста для каждого конкретного типа условий.

По принятой методике древостои различного возраста, у которых значения $M_{эл}$ отклоняются от средних значений до ±10% считаются произрастающими в сходных условиях по интегральному лесорастительному эффекту и признаются однородной совокупностью. Созданные нами совокупности отвечают этим требованиям.

В пределах относительно худших условий оказались 43 пробных площади (см. табл. 3.2 и 3.3). Древостои здесь были созданы с различной густотой и выращивались при различных режимах рубок ухода. Из этого числа выделялись древостои различной первичной и начальной густоты, выросшие в течение всей жизни без рубок ухода.

Известно, что в одних и тех же условиях роста в любом возрасте средний диаметр древостоя будет тем меньше, чем больше начальная густота и чем меньше было вмешательств рубками ухода. Это свойство использовано здесь для классификации древостоев по гомогенности. А так как на величину диаметра оказывает влияние также некоторая вариабельность условий местопроизрастания, то в сомнительных случаях для классификации использованы более строгие критерии, например, сбег ствола $K_2 = Д:Н$, $K_1 = Д_{кр} : Н$ и т.д.

На графике $Д_{ср} = f(A)$ наносились значения $Д_{ср}$ древостоев с указанием № ПП, произрастающих в рассматриваемых условиях. На нем сначала проводились линии динамики диаметра древостоев, растущих на пробах длительного наблюдения, т.е. ***«гид - линии»*** (ведущие, указывающие линии). Все остальные линии проводились выше либо ниже этих линий таким образом, чтобы величины $Д_{ср}$ отличались друг от друга на 3-6%. Начальная часть линии, где отсутствуют показатели по пробным площадям, устанавливалась по ходу роста самых крупных модельных деревьев 90-100 рангов.

В нижней части этого графика расположились номера пробных площадей, древостои которых формировались без рубок ухода. Первичная густота их была известна исходя из схемы посадки и, с учетом ретроспекции общего количества обнаруженных на пробах живых и мертвых стволов на более ранний возраст, для выбранных совокупностей можно было приближенно определить и их начальную (в 10 лет) густоту с некоторой допускаемой ошибкой в пределах ± 10%.

Линии динамики $Д_{ср}$ являются линиями-делителями, которые распределяют древостои пробных площадей по гомогенным рядам с учетом факторов первичной и начальной густоты, а также режима выращивания - степени вмешательства рубками ухода. Поэтому следующие линии динамики средней высоты $H_{ср} = f(A)$ и линии числа стволов на I га $N = f(A)$

проводили вблизи этих показателей древостоев тех пробных площадей, которые охватывали полоски гомогенных рядов по линии $Д_{ср}$. Линии динамики H и N прокладывались на предварительно построенных графиках $H_{ср}=f(A)$ $N= f(A)$ с нанесенными на них величинами показателей (точками) по всем интересующим древостоям с соответствующей нумерацией пробных площадей. При нахождении линий динамики были учтены результаты исследования 20-30-летних культур, которые показали, что в них практически отсутствовал отпад (1-2% за пятилетие), если они были не перегущены.

Для контроля правильности проведения линий $Д_{ср}$ и $H_{ср}$, обязательно вычислялись величины условного сбега среднего ствола $K_2= Д_{ср}: H_{ср}$ по возрастным ступеням, т.к. исследования показали следующее: K_2 вначале монотонно убывает, а потом увеличивается. Если это правило нарушалось, то искали причину такого явления. Основной причиной нарушения указанного ритма было проведение рубок ухода. Далее порядок расчетов был следующий.

По значениям $Д_{ср}$ и $H_{ср}$ определялись табличные объемы стволов в коре $V_{ср}$. При этом пользовались таблицами объемов стволов в коре для ели, составленных нами ранее в результате рубки моделей в древостоях еловых культур. Найденные $V_{ср}$ служили для предварительного нахождения запаса древесины в коре.

По $Д_{ср}$ и $N_{ср}$ вычислялись суммы площадей сечений и по графику $\Sigma g = f(A)$ проверялось, нет ли незакономерных скачков и спадов.

По $V_{ср}$ и подсчитывались предварительные запасы древесины растущей части древостоя (M). Определяли величину элементарного запаса $M_{эл} = HF= M : \Sigma g$. Далее строили график $HF = f(H)$ и находили выравненную линию и по показателям этой линии вычисляли достоверный запас $M = HF_{выр} \times \Sigma g_{выр}$.

Находили достоверные значения $V_{ср} = M_{выр}: N_{выр}$.

Определялся текущий прирост (текущее изменение) запаса $\Delta M_{тек} =(M_A - M_{A-T}):t$, который служит в значительной мере контролем правильности динамики запаса, т.к. скачкообразные изменения последнего возможны только в связи с проведением рубок ухода и только иногда - с накопленным напряжением роста и отпадом после засушливых лет.

Разница между числом деревьев в соседствующих возрастах показывает число деревьев отпада $N_{отп}$.

Путем использования материалов исследования выявлялись средние объемы стволов отпадающих деревьев и отношение $K_{отп} = V_{ср.отп} : V_{ср.живых}$. Имея целый ряд подобных данных нашли зависимость $K_{отп} =f(A)$. Причем в знаменателе предыдущей формулы записывают $V_{ср}$ живых в возрасте *A-t* лет, поэтому $V_{ср.отп}= K_{отп.} \times V_{ср.\ ж.\ (A-t)}$. Найдено, что для отдельных моделей хода роста (МХР) коэффициенты $K_{отп}$ различаются:

МХР №1 $K_{отп} = 0{,}0084A$
МХР №2 $K_{отп} = 0{,}0087A$
МХР №3 и №4 $K_{отп} = 0{,}011A$

По общеизвестным уравнениям вычислялись $M_{отп}$, $\Sigma M_{отп}$, а также общая производительность $П_{общ}$, средняя и текущая производительность.

Относительная полнота определена по табличным величинам $\Sigma g_{1.0}$ для еловых культур Западного Урала (см. табл.3.4). Классы бонитета определены по шкале М.М.Орлова.

3.6. Модели динамики роста и продуктивности древостоев еловых культур различной густоты

Используя изложенные в разделе 3.2 методики нами были составлены модели хода роста (МХР) древостоев еловых культур различной густоты, произрастающих в типах условий местопроизрастания B_3, C_3 южной и средней подзоны тайги Западного Урала (табл. 3.4-

3.7). Древостои росли без вмешательства человека рубками ухода и изреживание происходило естественным путем. На некоторых участках изредка убирали сухостой.

Насаждения при лесоустройстве относят к типам леса: ельникам зеленомошным, кислично-зеленомошным, черничным, травяным и редко к липняковым. Почвы в основном среднеподзолистые среднесуглинистые и супесчаные, свеже-влажные и влажные. Чаще встречаются почвы, нижние горизонты которых представлены тяжелыми суглинками, что уменьшает их дренаж. Иногда несмотря на то, что рельеф местности представляет склон с достаточным уклоном в 4-6°, условия оказываются недостаточно дренированными и почвы влажными. Скорее всего, это можно объяснить тем, что в насаждениях поверхностный сток ослаблен из-за бугристого микрорельефа и переплетениями поверхностной корневой системы.

Модели составлены для лесных культур со следующей густотой и размещением ратений между рядами посадок и в рядах культур:

№ МХР	Густота первичная, шт./га	Размещение, м × м	Густота начальная, шт./га
1	4000-5000	I,9~2,2×I,0-I,2	3550 ± 100
2	5100-6400	1,8-2,0×0,8-1,0	4800 ± 150
3	6500-8000	1,7-2,0×0,7-0,8	6000 ± 200
4	9000-12000	1,5-1,7×0,5-0,7	8500 ± 260

Вариация начальной густоты (в возрасте 10 лет) показана здесь при вероятности P=0,67. Максимальные же отклонения могут достигать трехкратной величины от указанных, т.е. предельные отклонения доходят до ± 10% от средних значений начальной густоты.

В наименовании каждой модели хода роста приводятся сведения о лесорастительной зоне и подзоне, типах условий местопроизрастания, типах леса, классе начальной густоты и степени вмешательства рубками ухода (табл. 3.6-3.9).

Точность приводимых моделей хода роста лесных культур, измеряемая отклонением табличных значений от опытных данных, оказалась весьма высокой. Максимальные отклонения выравненных величин таксационных показателей от фактических по пробным площадям оказались в 2 раза ниже допустимых по принятым методикам:

Таксационные показатели	Отклонения, %	
	среднеарифметические	максимальные
HF, $м^3/м^2$	1,5	4,2
$Д_{ср}$, см	2,5	6,5
$H_{ср}$, м	1,4	4,5
N, шт./га	2,5	7,2
Σg, $м^2$/га	1,8	7,1
M, $м^3$/га	3,2	8,2

Максимальные отклонения по средним диаметрам и высотам оказались равны соответственно 6,5% и 4,5% при допустимых по методикам в 15% и 10%. Средние же величины отклонений по всем показателям не превышают 3,2%. Максимальные отклонения по суммарному отпаду и текущей производительности доходят до 10%.

Таблица 3.6 – Модель хода роста древостоя еловых культур № 1
Пермский край, южная и средняя подзоны тайги.
ТУМ $С_3$,$В_3$. Типы леса Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 40-65 лет мертвопокровные), средней густоты, без рубок ухода

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Дср, см	Нср, м	Дср./ Нср., см/м	Nтек шт/га	∑g $м^2$/га	HF $м^3/м^2$	М, $м^3$/га	ΔМср, $м^3$/га	ΔМтек, $м^3$/га	Бони-тет	Пол-нота	Nотп, шт/га	М.отп, $м^3$/га	∑Мотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,8		3550			0,2	0,02	0,02	V					0,2	0,02	0,02
15	1,2	1,6	0,75	3500	0,4	2,19	0,9	0,06	0,14	lV,9	0,11	50			0,9	0,06	0,14
20	4,5	3,5	1,29	3450	5,49	2,33	12,8	0,64	2,4	lV,0	0,47	50			12,8	0,64	2,4
25	7,5	6,6	1,14	3400	15	3,81	57	2,28	8,9	lll,2	0,63	50			57	2,3	8,8
30	9,8	9,3	1,05	3325	25,1	4,85	122	4,06	13	ll,6	0,76	75	0,3	0,3	122	4,1	13
35	11,6	11,6	1	3250	34,4	6,06	208	5,94	17,2	ll,2	0,85	75	0,8	1,1	209	6	17,4
40	13,3	13,4	0,99	3150	43,8	6,76	296	7,4	17,6	ll,0	0,97	100	2,1	3,2	299	7,5	18
45	14,4	14,8	0,97	3050	49,7	7,31	363	8,07	13,4	ll,0	1,02	100	3,6	6,8	370	8,2	14,2
50	15,1	15,8	0,96	2950	52,8	7,77	410	8,2	9,4	ll,0	1,03	100	5	11,8	422	8,4	10,4
60	16,2	17,8	0,91	2700	55,6	8,63	480	8	7	ll,0	1	250	17,2	29	509	8,5	8,7
70	17,4	20	0,87	2110	50,2	10	502	7,17	2,2	ll,0	0,84	590	62	91	593	8,5	8,4
80	18,7	21,5	0,87	1710	47	10,9	513	6,41	1,1	ll,2	0,76	400	64	155	668	8,4	7,5
90	20,2	22,7	0,89	1350	43,3	11,6	501	5,57	-1,2	ll,3	0,68	360	82	237	738	8,2	7
100	22,6	23,6	0,96	790	31,7	12,2	388	3,88	-11,3	ll,4	0,49	560	175	412	800	8	6,2
110	24,5	24,5	1	530	25	12,6	315	2,86	-7,3	ll,5	0,38	260	118	530	845	7,7	4,5

Таблица 3.7 – Модель хода роста древостоя еловых культур № 2
Пермский край, южная и средняя подзоны тайги.
ТУМ $С_3$,$В_3$. Типы леса Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 35-65 лет мертвопокровные), средней густоты, без рубок ухода

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Дср, см	Нср, м	Дср./ Нср., см/м	Nтек шт/га	∑g $м^2$/га	HF $м^3/м^2$	М, $м^3$/га	ΔМср, $м^3$/га	ΔМтек, $м^3$/га	Бонитет	Полнота	Nотп, шт/га	Vср.отп, $м^3$/шт.	Мотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,8		4800			0,2	0,02	0,02	V,0					0,2	0,02	0,02
15	1,2	1,6	0,75	4740	0,54	2,21	1,19	0,08	0,2	lV,9	0,14	60			1,2	0,08	0,2
20	4,5	3,5	1,29	4680	7,44	2,33	17,3	0,87	3,2	lV,0	0,63	60			17,3	0,87	3,2
25	7,3	6,6	1,11	4600	19,3	3,81	73,5	2,94	11,2	lll,2	0,81	80	0,0001	0,06	73,6	2,94	11,2
30	9,2	9,3	0,99	4500	29,9	4,82	144	4,8	14,1	ll,6	0,9	100	0,0041	0,41	144	4,8	14,2
35	10,8	11,6	0,93	4170	38,2	5,99	229	6,54	17	ll,2	0,95	330	0,0099	3,3	233	6,66	17,8
40	12,1	13,2	0,92	3850	44,3	6,7	297	7,42	13,6	ll,1	0,99	320	0,019	6,1	307	7,68	14,8
45	13,1	14,5	0,9	3600	48,5	7,37	357	7,93	12	ll,0	1	250	0,030	8	375	8,33	13,6
50	13,8	15,5	0,89	3395	50,8	7,75	394	7,88	7,4	ll,2	1,01	205	0,043	9	421	8,42	9,2
60	15	17,4	0,86	2945	52	8,62	448	7,47	5,4	ll,2	0,95	450	0,061	27	502	8,37	8,1
70	16,3	19,4	0,84	2265	47,3	9,7	459	6,56	1,1	ll,2	0,81	680	0,093	63	576	8,22	7,4
80	17,6	21	0,84	1790	43,5	10,6	461	5,78	-0,3	ll,3	0,71	475	0,139	66	645	8,06	6,9
90	19,3	22,2	0,87	1215	35,5	11,3	401	4,47	-6	ll,5	0,57	575	0,202	116	705	7,83	5,6
100	21,5	23,1	0,93	685	24,9	11,8	294	2,94	-10,8	ll,6	0,39	530	0,288	153	750	7,5	4,5
110	23,5	24	0,98	265	11,5	12,5	144	1,31	-15	ll,6	0,18	420	0,412	173	773	7,03	2,3

Таблица 3.8 – Модель хода роста древостоя еловых культур № 3
Пермский край, южная и средняя подзоны тайги.
ТУМ $С_3$,$В_3$. Типы леса Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 30-55 лет мертвопокровные), густые, без рубок ухода

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Дср, см	Нср, м	Дср./ Нср., см/м	Nтек шт/га	∑g $м^2$/га	HF $м^3/м^2$	М, $м^3$/га	ΔМср, $м^3$/га	ΔМтек, $м^3$/га	Бонитет	Полнота	Nотп, шт/га	Vср.отп, $м^3$/шт.	Мотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,8		6000			0,3	0,03	0,03	V					0,3	0,03	0,03
15	1,2	1,6	0,75	5925	0,67	2,21	1,48	0,1	0,24	IV,9	0,18	75			1,5	0,1	0,24
20	4,4	3,5	1,26	5850	8,9	2,35	20,9	1	3,9	IV,0	0,76	75	0,0005		20,9	1	3,9
25	7	6,6	1,06	5750	22,1	3,82	84,5	3,4	12,8	III,2	0,93	100	0,001	0,1	84,6	3,4	12,7
30	8,7	9,3	0,94	5600	32,5	5	162	5,4	15,8	II,6	0,98	150	0,005	0,7	163	5,4	15,7
35	9,9	11,5	0,86	5250	40,4	6,1	246	7	16,8	II,3	1,01	350	0,011	3,9	251	7,2	17,6
40	10,8	13	0,83	4845	44,4	7	311	7,8	13	II,2	1	405	0,021	8,3	324	8,1	14,6
45	11,7	14,3	0,82	4435	47,7	7,5	357	7,9	9,2	II,2	1	410	0,032	13	383	8,5	11,8
50	12,3	15,2	0,81	3960	47,1	8,07	380	7,9	4,6	II,25	0,95	475	0,044	21	427	8,5	8,8
60	13,8	17,2	0,81	2970	44,4	8,8	392	6,5	1,2	II,3	0,83	990	0,064	63	503	8,4	7,6
70	15,3	18,8	0,81	2075	38,1	9,73	371	5,3	-2,1	II,4	0,66	895	0,102	91	573	8,2	7
80	16,8	20,4	0,82	1425	31,6	10,5	331	4,1	-4	II,5	0,5	650	0,158	103	636	8	6,3
90	18,3	21,6	0,85	760	20	11	220	2,4	-11,1	II,7	0,32	665	0,230	153	678	7,5	4,2
100	20,6	22,5	0,92	100	3,4	11,4	38	0,4	-18,2	II,7	0,05	660	0,318	210	706	7,1	2,8

Таблица 3.9 – Модель хода роста древостоя еловых культур № 4
Пермский край, южная и средняя подзоны тайги.
ТУМ $С_3$,$В_3$. Типы леса Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 25-50 лет мертвопокровные), очень густые, без рубок ухода

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Дср, см	Нср, м	Дср./ Нср., см/м	Nтек шт/га	∑g $м^2$/га	HF $м^3/м^2$	М, $м^3$/га	ΔМср, $м^3$/га	ΔМтек, $м^3$/га	Бонитет	Полнота	Nотп, шт/га	Vср.отп, $м^3$/шт.	Мотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,75		8500			0,4	0,04	0,04	V					0,4	0,04	0,04
15	1,1	1,5	0,73	8400	0,8	2,2	1,76	0,12	0,27	V	0,24	100	0,00001		1,76	0,12	0,27
20	4	3,3	1,21	8200	10,3	2,3	23,7	0,18	4,4	lV,1	0,94	200	0,00004	0,01	23,7	1,18	4,4
25	6,3	6,2	1,02	7520	23,2	3,65	85	3,4	12,3	lll,4	1,04	680	0,0008	0,54	80,6	3,4	12,5
30	7,7	8,6	0,9	6680	31,1	4,82	150	5,0	13	lll,0	1,01	840	0,004	3,1	154	5,1	13,6
35	8,8	10,6	0,83	6180	37,6	5,75	216	6,2	13,2	ll,6	1,01	500	0,009	4,3	224	6,4	14
40	9,7	12,1	0,8	5640	41,7	6,45	269	6,7	10,6	ll,6	1,0	540	0,015	8,3	285	7,1	12,2
45	10,5	13,5	0,78	4880	42,3	7,1	300	6,7	6,2	ll,5	0,93	760	0,024	18	334	7,4	9,8
50	11,2	14,5	0,77	4190	41,3	7,65	317	6,3	3,4	ll,5	0,86	690	0,034	24	375	7,5	8,2
60	12,6	16,3	0,77	3105	38,7	8,5	329	5,5	1,2	ll,5	0,74	1085	0,051	56	443	7,4	6,8
70	14,1	18,1	0,78	2190	34,2	9,3	318	4,5	-1,1	ll,6	0,61	915	0,082	75	507	7,2	6,4
80	15,8	19,7	0,8	1045	20,5	10,2	209	2,6	-10,9	ll,7	0,35	1145	0,128	147	545	6,8	3,8
90	17,5	21,1	0,83	420	10,1	10,7	108	1,2	-10,1	ll,8	0,15	625	0,198	124	568	6,3	2,3
100	19,8	22	0,9	36	1,1	11,2	12	0,12	-9,6	ll,8	0,02	384	0,283	109	581	5,8	1,3

Сравнение МХР с различной густотой удобно провести на графиках. Так, динамика полноты культур была показана ранее в разделе по истории изучения культур (см. рис.1.2) с указанием на то, что причины распада густых культур кроются в наборе древостоем предельной полноты в самый интенсивный период роста – в 30-40 лет. После этого наступила стагнация полноты и ее «естественное» падение, пока не связанное с болезнями и обусловленное максимально напряженной конкуренцией среди деревьев в течение примерно 10-20 лет. Отмечалось, что конкуренция настолько ослабляла все растения, что после очередной засухи культуры начинали либо ускоренно усыхать куртинами (снижать полноту), либо корневые гнили привели к катастрофическим последствиям для них (распаду древостоя) спустя всего несколько лет.

Сравнение запасов древесины в моделях культур с разной начальной густотой показывает некоторое преимущество густых культур до 30-35 лет, которое меняется на отставание с возраста 40-50 лет и резкое падение запасов после 70 лет. В редких культурах максимальные запасы выше в 60-70 лет в 1,4-1,6 раза по сравнению с густыми (рис. 3.3).

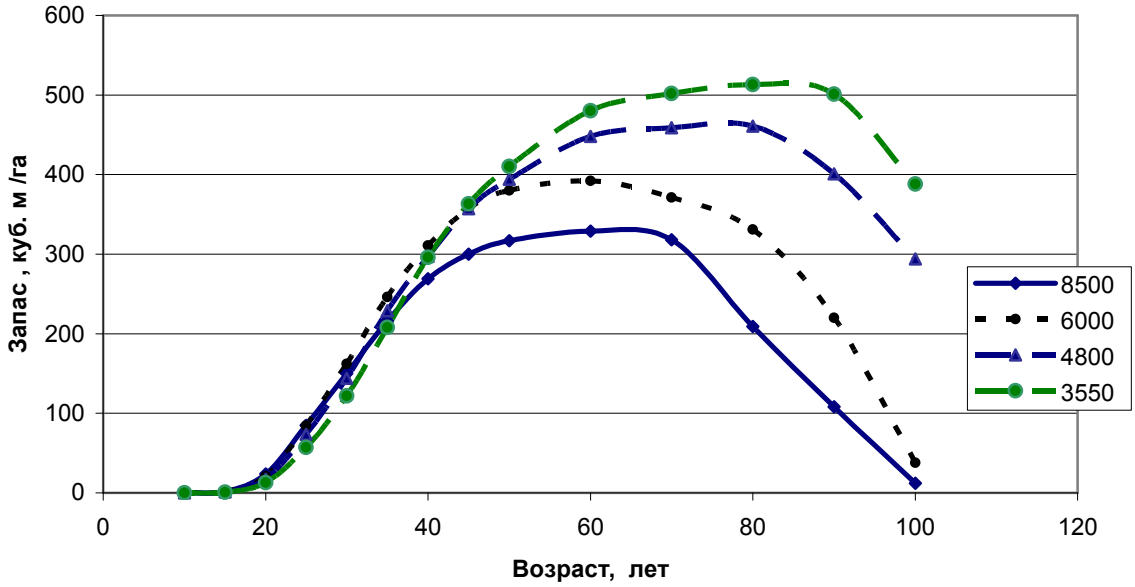


Рис. 3.3 – Запасы древесины в моделях хода роста культур ели с различной начальной (в 10 лет) густотой, шт./га

3.7. Динамика товарной структуры искусственных ельников различной густоты

Большое значение имеет знание возрастной динамики товарной структуры. Это позволяет правильно решить вопрос о целесообразной густоте при целевом выращивании.

Товарная структура древостоев еловых культур различной густоты и различного возраста выявлена в отношении запасов древесины, указанных в моделях хода роста № I-4 путем использования товарной таблицы Н.П.Анучина. Последняя после проверки по опытным данным принята за основу товаризации в условиях Пермской области (Разин, 1975).

При товаризации деловая древесина средней крупности разделена на две части:

«средняя 1» - с диаметром 12,6 - 17,5 см,

«средняя 2» - с диаметром 17,6 - 24,9 см.

Далее были определены средние приросты по деловой древесине крупной плюс средней категории крупности, которые часто принимаются для непосредственного определения возраста технической спелости, хотя чаще такой подход оказывается односторонним. Это связано с тем, что не учитывается наличие большого количества мелкой древесины, заготовка и использование которой требует значительного увеличения затрат. Например, древостой МХР № I имеют максимум среднего прироста крупной плюс средней крупности древесины в возрасте 80 лет (3,3 $м^3$/га в год). Однако нельзя принять возраст технической спелости равным 80 годам, т.к. при этом средний диаметр достиг только 18,7 см и 37% деловой древесины относится к мелкой, а средний объем ствола (хлыста) составляет лишь 0,30 $м^3$, что несомненно приведет к удорожанию продукции в процессе заготовки, транспортировки и переработки. Поэтому в настоящее время является обоснованным то, что даже при целевом назначении на балансы, древостой считают технически спелым только при среднем диаметре 22 см, когда доля тонкомера составляет 20% и объем ствола 0,45 $м^3$.

Рассматриваемые древостои с излишней начальной густотой, в случае их роста без рубок ухода, после 80-70 лет начинают интенсивно распадаться. Поэтому мы вынуждены вырубать их в возрасте условной технической спелости (в 70-80 лет), когда очень высока доля мелких сортиментов и еще не наступила экономическая спелость. Древостой с начальной густотой 3550 и 4800 шт/га достигают экономическую спелость в 100 лет с уменьшением среднего прироста запаса на 49%, а древостои с $N_{нач}$ = 6000 - 8500 шт/га вообще распадаются не достигнув $Д_{ср}$ = 22 см. Отсюда понятно, что такие древостои необходимо разреживать не дожидаясь их деградации.

В возрасте главной рубки древостои культур большей густоты снижают товарную продуктивность в натуральных и денежных единицах измерения до 63-69% от культур с малой начальной густотой (табл. 3.10).

Таблица 3.10 – Товарная продуктивность и таксовая стоимость древесины в культурах ели с различной начальной густотой

Густота начальная, шт./га	Возраст рубки, лет	Средний прирост ликвидной древесины		Таксовая стоимость прироста ликвидной древесины	
		м3 /га в год	% от древостоя с густотой 3550 шт./га	руб./га в год	% от древостоя с густотой 3550 шт./га
3550	80	5,8	100	34,7	100
4800	80	5,2	90	30,4	88
6000	70	4,7	81	26,1	75
8500	70	4,0	69	21,8	63

3.8. Обсуждение результатов моделирования хода роста

Приведенные модели хода роста и графики, отображающие их, показывают отличия в ходе роста древостоев различной густоты. Из них видно, что возрастная динамика древостоев еловых культур, растущих без рубок ухода в режиме естественного изреживания, в решающей степени зависит от начальной густоты.

В первую очередь отметим, что число деревьев на 1 гектаре (текущая густота $N_{тек}$) крайне медленно уменьшается с возрастом даже в культурах очень густых. Интенсивное изреживание начинается только после достижения древостоем состояния полноты 1,0, а в редких древостоях оно начинается только спустя 20 лет после достижения ими высокой полноты (МХР № I). Это объясняется способностью ели приспосабливаться к жизни в стесненных условиях и при ограниченной освещенности, которую называют также «теневыносливостью».

Количество деревьев в культурах с большой начальной густотой хотя и уменьшается интенсивнее, чем в более редких, но также длительное время остается большим; причем к возрасту 60-80 лет густота их становится меньше, чем в древостоях более редких смолоду.

Высокая текущая густота (которая, как уже сказано, длительное время тем выше, чем больше густота начальная) приводит со временем к недостаточности простора для роста кроны деревьев в ширину, что приводит к уменьшению прироста диаметра и высоты стволов. Отрицательное влияние начальной густоты начинает заметно сказываться:

а) на среднем диаметре и среднем объеме стволов древостоев с возраста:

при 3550 шт./га в 30 лет,

при 4800 шт./га в 25 лет,

при 6000 шт./га в 20 лет,

при 8500 шт./га в 10 лет;

б) на средней высоте с возраста:

при 3550 шт/га в 45 лет,

при 4800- шт/га в 40 лет,

при 6000 шт/га в 35 лет,

при 8500 шт/га в 15 лет.

Избежать отрицательного влияния густоты на эти показатели можно только путем уменьшения густоты рубками разреживания (рубками ухода).

Отличительными особенностями динамики рассматриваемых древостоев еловых культур являются:

1. Замедленный рост в высоту до 15-20-летнего возраста, из-за чего они вначале относятся к 4-5 классам бонитета и только затем переходят к 2-3 классам;

2. Стремительный прирост суммы площадей сечений до своего естественного максимума в возрасте 45-60 лет (до 42-56 $м^3$/га), значительно превышающего известные показатели естественных ельников;

3. Большие запасы древесины (до 513 $м^3$/га в возрасте 80 лет) при одинаковых высотах с естественными;

4. Очень высокие текущие приросты запаса и общей производительности в возрасте 30-40 лет, достигающие в группах ТУМ а и б (см. в тексте выше) соответственно:

а) 13,2 - 17,6 $м^3$/га в год,

б) 14 – 18 м^3/га в год;

5. Крайне раннее наступление возрастов спелости: количественной (по $\Delta M_{ср}$) – в 40-50 лет и естественной спелости (по $M_{макс}$) в 60-80 лет;

6. Значительные средние приросты запаса и общей производительности в возрасте количественной спелости соответственно в группах ТУМ:

а) от 6,7 до 8,2 м^3/га в год,

б) от 7,5 до 8,5 м /га в год;

7. Исключительно малые суммарные объемы отпада до возраста количественной спелости и небольшие – до возраста естественной спелости, соответственно в группах ТУМ:

а) 12 - 18 м^3/га или 3-6 % от запаса,

б) 114 - 150 м^3/га или 30-35 % от запаса;

8. Наступление условной технической спелости (по среднему приросту крупной плюс средней древесины) при малых диаметрах древостоев и большой доле мелкой древесины:

№ МХР	I	2	3	4
Возраст технической спелости, лет	80	80	70	70
Д ср, см	18,7	17,6	15,3	14,1
Мелкая древесина, %	37	45	60	71

С увеличением начальной и соответственно текущей густоты в культурах до 20-летнего возраста полнота, запас и общая производительность также прямо пропорционально возрастают в сравнении с древостоями с наименьшей густотой на 36-100%. С 20 лет такое превышение уменьшается и к 40-45 годам сводится к нулю. Далее древостои с большей начальной густотой оказываются с меньшими полнотой, запасом и общей производительностью (снижение до 20-30% и более) несмотря на большую густоту, т.к. средние диаметры, высоты и объемы стволов у них значительно ниже, чем у более редких смолоду культур.

У густых древостоев особенно быстро уменьшаются текущие приросты запаса и производительности: к 30-35 годам превышения исчезают и в дальнейшем названные показатели оказываются намного ниже (до 20-40% и более), чем у более редких с раннего возраста культур. Это связано с тем, что деревья в густых культурах имеют менее развитые крону и корневую систему.

Конкуренция между деревьями из-за ограниченности пространства для роста отражается в большей мере на их диаметре. Однако для суждения об этом лучше подходит относительная величина – условный средний сбег стволов $K_2 = Д_{ср} / Н_{ср.}$ Напряженность тем выше, чем меньше K_2. Если $K_2 < 0,95-1,00$, то древостои перегущены и перенапряжены, что крайне отрицательно сказывается на их росте. Этот показатель является критерием конкурентной напряженности и позволяет определить необходимость разреживания древостоев.

Предельное значение напряженности роста наступает в очень сильно перегущенных древостоях, у которых $K_2 < 0,80-0,85$. Тогда древостои усыхают весьма ускоренно. Спасти их не удается даже рубками ухода. В неблагоприятные периоды усыхают и участки 60-80-летних древостоев при $K_2 = 0,80-0,85$. После естественного изреживания с возрастом K_2 увеличивается, но это уже не указывает на улучшение состояния деградированного древостоя.

С увеличением начальной густоты в развитии древостоев культур проявляются следующие различия в основных показателях, если их отнести к показателям самых редких культур (3,6 тыс. шт./га), принятым за 100% (рис. 3.4)

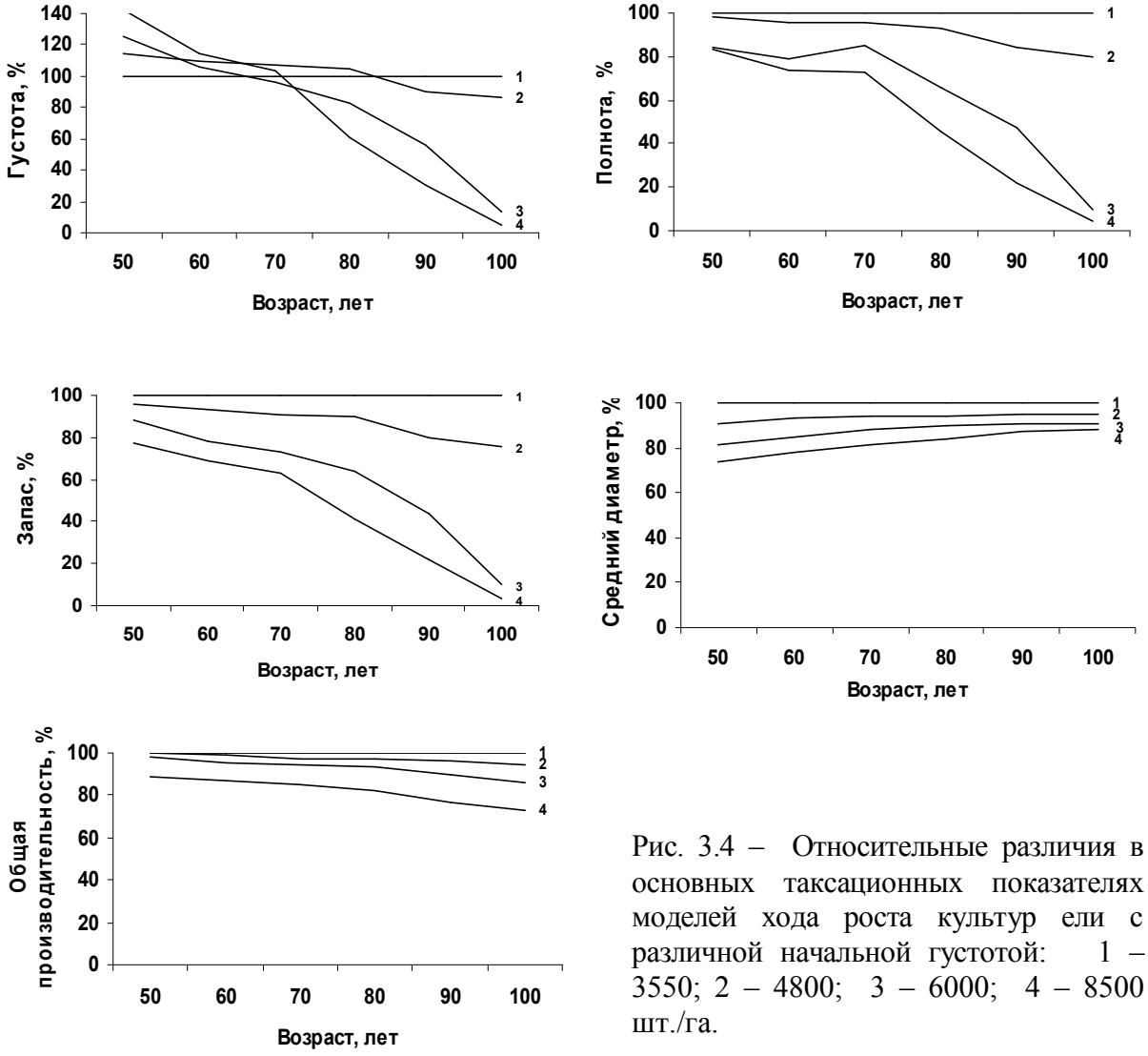


Рис. 3.4 – Относительные различия в основных таксационных показателях моделей хода роста культур ели с различной начальной густотой: 1 – 3550; 2 – 4800; 3 – 6000; 4 – 8500 шт./га.

3.9. Модели выращивания древостоев еловых культур с рубками ухода

Методика моделирования выращивания древостоев практически аналогична методике моделирования динамики древостоев с различной начальной густотой, кратко изложенной выше. Имеются лишь некоторые различия, на которых здесь остановимся.

Известно, что в одинаковых условиях роста средний диаметр древостоев равной начальной густоты будет больше в древостое, где раньше и интенсивнее проводили рубки разреживания. Последствия вмешательства рубками ухода выявляется и по величине условного сбега ствола в древостое ($К_2$=$Д_{ср}/Н_{ср}$), о котором подробно было сказано выше. Вновь отметим, что чем больше оказывается значение $К_2$, тем раньше и интенсивнее проводились в древостое рубки ухода (разреживания).

Вначале весь собранный материал был разделен на две совокупности по величине элементарного запаса:

а) относящиеся к типам условий местопроизрастания B_2, C_2;

б) относящиеся к типам условий местопроизрастания B_3, C_3.

В первую очередь было решено составить модели выращивания для второй совокупности – для менее производительных условий, где оказались заложенными несколько большее число пробных площадей (43 из 70). Из них отобрали культуры, созданные с первичной густотой 4000-5100 шт./га (см. табл. 3.1). Древостои этих культур имели начальную густоту 3250-3850 шт./га и выращивались при различных режимах ухода: одни без рубок ухода, другие – с проведением рубок ухода слабой и умеренной интенсивности. Рубки начинались в 25-50-летнем возрастах. Методика нахождения *линий возрастной динамики* таксационных показателей древостоев с различными режимами выращивания аналогична изложенной выше и включала такие же повторные наблюдения на пробных площадях и проведение на точечных диаграммах «гид-линий» (см. раздел 3.5).

Разница состояла в том, что при вмешательстве рубками ухода в близких возрастах пробные площади относили к одной линии динамики, а при вмешательстве в различных возрастах – к разным линиям.

Используя вышеизложенную методику, были составлены модели выращивания древостоев (МВД) еловых культур, произрастающих в ТУМ B_3,C_3 южной и средней подзоны тайги Западного Урала при разной степени вмешательства рубками ухода (табл.3.11). Древостои этих культур имели первичную густоту 4000-5100 шт./га и начальную густоту (в 10 лет) 3550 ± 100 шт./га. Первичное размещение растений: 2,0-2,2 × 1,0-1,1 м.

По степени вмешательства рубками МВД с 1 по 7 классифицируются так:

1 - без рубок ухода
2 - рубки ухода с 50 лет,
3 - то же с 45 лет,
4 - то же с 40 лет,
5 - то же с 35 лет,
6 - то же с 30 лет,
7 - то же с 25 лет.

Рубки ухода проводились низовым методом слабой и умеренной интенсивности. Первые четыре модели (МВД 1 - 4) составлены по фактическим данным и названы нами «основными», причем МВД 1 дается без рубок ухода и совпадает с МХР №1 (см. табл. 3.6), а последние три модели № 5, 6 и 7 являются прогнозными моделями.

Соответствие МВД № 1, 2, 3 и 4 опытным данным показано в таблице 3.11. Отклонения выравненных величин таксационных показателей от фактических по пробным площадям оказались намного ниже, чем это допустимо по общепринятым методикам и поэтому точность моделей выращивания культур оказалась достаточно высокой.

Таблица 3.11 – Точность моделей выращивания древостоев № 1-4 культур ели в виде отклонения выравненных величин от фактических (эмпирических) данных

Таксационные показатели	Отклонения, %	
	Средние арифметические	Максимальные в опыте
HF, м3/м2	1,2	3,8
Дср, см	2,67	5,7
Нср, м	1,55	4,9
N, шт./га	3,01	6,7
Σg, м2/га	1,97	7,5
M, м3/га	3,68	9,0

Максимальные отклонения по средним диаметрам и высотам оказались равными соответственно 5,7 и 4,9% при допустимых значениях 15 и 10%, а средние величины отклонений по всем показателям не превышают 5% (см. табл. 3.11). Изложенное дает основание считать, что МВД составлены с высокой точностью.

Кроме основных моделей выращивания, составлены модели для прогноза роста культур при других режимах выращивания, чем это имело место. Подтвердить точность прогнозных МВД № 7, 6 и 5 опытными данными невозможно из-за отсутствия подобного опыта на Западном Урале. Об их точности и правдоподобности можно судить косвенно, по подобию линий их динамики линиям динамики показателей МВД № 2, 3 и 4, а также известными из литературы результатами выращивания древостоев различной начальной густоты и режимов рубок ухода и данными нашей таксации на пробных площадях с рубками ухода.

Из литературы известно достаточно давно, что на искусственное уменьшение густоты древостой положительно реагируют увеличением роста в высоту и, особенно, по диаметру. На этом основана, в общем-то, вся идеология ухода за лесом.

Увеличение приростов по диаметру с уменьшением густоты приводит к тому, что сумма площадей сечения у древостоев, отличающихся по густоте до трех раз, оказывается одинаковой за счет увеличения диаметров деревьев при меньшей густоте. В наших исследованиях также были обнаружены подобные результаты. Например, по данным таблицы 3.2 (см. табл. 3.2) на ПП 117, 127 и 129 в возрасте 35-47 лет суммы площадей сечений практически равны (42,7-43,9 м), а текущая густота отличается в 1,7 раза (3500 и 5980 шт.); на ПП 65 и 132 в возрасте 44 лет сумма площадей сечений равна 38,3 и 38,5 м^2, а число стволов на первой в 1,62 раза больше (3380 против 2091 шт.); ПП 116 и 121 в возрасте 40 и 50 лет по сумме площадей сечений различаются на 2,7%, а по текущей густоте – в 2,1 раза (1982 и 4195 шт.).

Ясно, что выявленная закономерность увеличения среднего диаметра стволов по мере уменьшения густоты древостоев распространяется как на наблюденные в опыте линии динамики, так и на их продолжения а также на линии, которые могут быть проведены выше либо ниже на диаграмме как прогнозные.

В развивающемся древостое, как биологической системе, все таксационные показатели связаны друг с другом. Если древостой еще не подошел к роковому рубежу стагнации полноты, то развитие древостоя продолжается и он сохраняет способность восстановления полноты при вмешательстве рубками разреживания. В этом случае изменение густоты влечет за собой изменение диаметра и всех других показателей, определяющих производительность и продуктивность; на диаграммах показатели ложатся в виде спектра линий и положение среди них прогнозных линий укладывается в общую картину явления, определяемого действием выявленной в опыте закономерности и ее экстраполяции при прогнозном изменении возраста начала рубок разреживания (рис. 3.5).

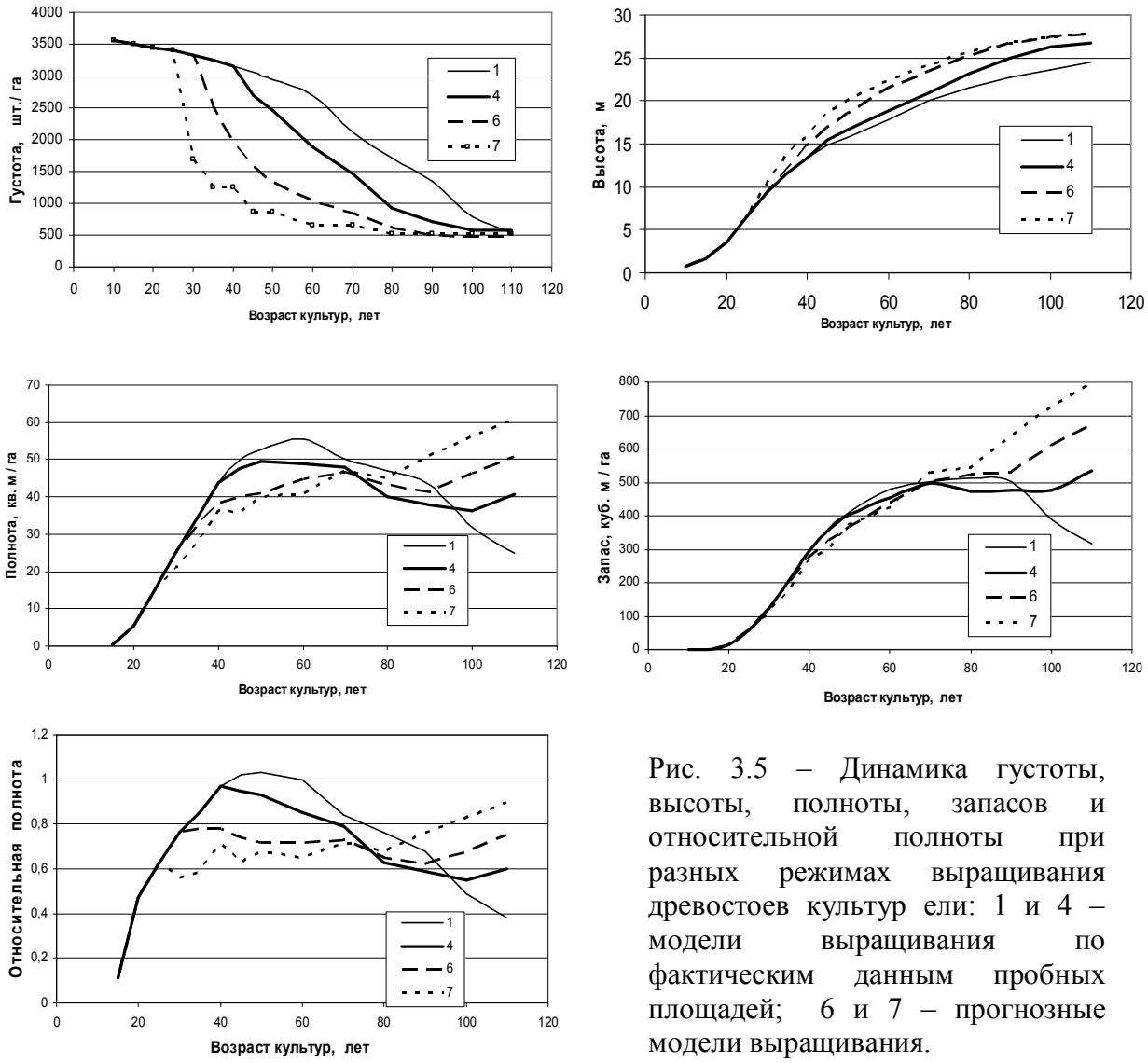


Рис. 3.5 – Динамика густоты, высоты, полноты, запасов и относительной полноты при разных режимах выращивания древостоев культур ели: 1 и 4 – модели выращивания по фактическим данным пробных площадей; 6 и 7 – прогнозные модели выращивания.

В табличной форме модели выращивания культур приведены для МВД №4 (модель по фактическим данным) и МВД 6 и 7 (прогнозные модели), которых вполне достаточно для представления о влиянии на динамику основных таксационных показателей рубок разреживания, начинаемых обязательно до начала стагнации полноты древостоя – в 40, 30 и 25 лет.

Особенно впечатляющие результаты получаются в модели выращивания №7, при начале изреживания культур не позднее 25 лет и их регулярном повторении первые 2 раза через 5 лет, затем через 10, 15 и 20 лет. На такое «мягкое» и равномерное вмешательство в структуру низовыми рубками ухода древостой будет реагировать прогнозное повышение запаса древостоя в 110 лет до 800 $м^3$/га (табл. 3.12-3.14).

Вполне понятно, что в прогнозных моделях мы не учитываем резкие изменения экологических факторов влияния на продуктивность культур (возможные засухи, ветровалы) и развитие разного рода болезней, от которых реальные древостои не застрахованы. При верификации моделей на реальных древостоях культур воздействие этих факторов необходимо учитывать и делать на них поправки.

Таблица 3.12 – Модель выращивания древостоя еловых культур № 4

Пермский край, южная и средняя подзоны тайги

ТУМ C_3,B_3. Типы леса: Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 40-70 лет мертвопокровные)

В 40 лет – начало рубок ухода слабой и умеренной интенсивности

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Дср, см	Нср, м	Дср/Нср, см/м	Nтек, шт/га	∑g, $м^2$/га	HF, $м^3/м^2$	М, $м^3$/га	ΔМср, $м^3$/га	ΔМтек, $м^3$/га	Бонитет	Полнота	Nотп, шт/га	Vср.отп, $м^3$/шт.	Мотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,8		3550			0,2	0,02	0,02	V					0,2	0,02	0,02
15	1,2	1,6	0,75	3500	0,4	2,19	0,9	0,06	0,14	lV,9	0,11	50			0,9	0,06	0,14
20	4,5	3,5	1,29	3450	5,49	2,33	12,8	0,64	2,4	lV,0	0,47	50			12,8	0,64	2,4
25	7,5	6,6	1,14	3400	15	3,81	57	2,28	8,9	lll,2	0,63	50	0,0008		57	2,3	8,8
30	9,8	9,3	1,05	3325	25,1	4,85	122	4,06	13	ll,6	0,76	75	0,0042	0,3	122	4,1	13
35	11,6	11,6	1	3250	34,4	6,06	208	5,94	17,2	ll,2	0,85	75	0,0105	0,8	209	6,0	17,4
40	13,3	13,4	0,99	3150	43,8	6,76	296	7,4	17,6	ll,0	0,97	100	0,0215	2,1	299	7,5	18,0
45	15,0	15,4	0,97	2700	47,7	7,53	359	8,0	12,6	l,8	0.95	450	0,0356	16	378	8,4	15,8
50	16,0	16,7	0,96	2465	49,6	8,10	402	8,0	8,6	l,8	0,93	235	0,0559	13	434	8,7	11,2
60	18,2	18,8	0,97	1880	48,9	9,30	455	7,6	5,3	l,7	0,85	585	0,0855	50	537	8,9	10,3
70	20,4	20,9	0,98	1465	47,9	10,4	497	7,1	4,2	l,7	0,79	415	0,143	59	638	9,1	10,1
80	23,4	23,1	1,01	930	40	11,8	472	5,9	-2,5	l,7	0,63	535	0,228	122	735	9,2	9,7
90	25,9	25	1,04	720	37,9	12,6	478	5,3	-0,2	l,7	0,59	210	0,371	78	819	9,1	8,4
100	28,3	26,3	1,08	575	36,2	13,2	477	4,8	5,5	l,7	0,55	145	0,558	81	899	9,0	8,0
110	30,0	26,8	1,12	575	40,6	13,2	535	4,9	5,8	l,9	0,6		0,766		957	8,7	5,8

Таблица 3.13 – Модель выращивания древостоя еловых культур № 6

Пермский край, южная и средняя подзоны тайги

ТУМ C_3,B_3. Типы леса Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 40-70 лет мертвопокровные)

В 30 лет – начало рубок ухода слабой и умеренной интенсивности

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Dср, см	Hср, м	Dср/Hср, см/м	Nтек, шт/га	∑g, $м^2$/га	HF, $м^3/м^2$	M, $м^3$/га	ΔMср, $м^3$/га	ΔMтек, $м^3$/га	Бонитет	Полнота	Nотп, шт/га	Vср.отп, $м^3$/шт.	Mотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,8		3550			0,2	0,02	0,02	V					0,2	0,02	0,02
15	1,2	1,6	0,75	3500	0,4	2,19	0,9	0,06	0,14	lV,9	0,11	50			0,9	0,06	0,14
20	4,5	3,5	1,29	3450	5,5	2,33	12,8	0,64	2,4	lV,0	0,47	50	0,0001		12,8	0,64	2,4
25	7,5	6,6	1,14	3400	15	3,81	57	2,28	8,9	lll,2	0,63	50	0,0013	0,1	57,1	2,3	8,8
30	9,8	9,3	1,05	3325	25,1	4,85	122	4,06	13,0	ll,6	0,76	75	0,0066	0,5	123	4,1	13,2
35	12,8	12,1	1,06	2515	32,4	6,11	198	5,66	15,2	ll,0	0,78	810	0,0153	12,4	211	6,0	17,6
40	15,8	14,9	1,06	1950	38,2	7,20	275	6,88	15,4	l,4	0,78	565	0,0363	20	308	7,7	19,4
45	18,0	17	1,06	1570	40	8,20	328	7,29	10,6	l,2	0,74	380	0,0690	26	387	8,6	15,8
50	19,8	18,6	1,06	1335	41,1	8,91	366	7,32	7,6	l,1	0,72	235	0,109	26	451	9,0	12,8
60	23,4	21,5	1,09	1040	44,7	9,87	441	7,35	7,5	l,0	0,72	295	0,162	48	574	9,6	12,3
70	26,6	23,5	1,13	840	46,7	10,8	504	7,20	6,3	l,0	0,73	200	0,276	55	692	9,9	11,8
80	29,8	25,3	1,18	620	43,2	12,1	524	6,55	2,0	l,0	0,65	220	0,432	95	807	10,1	11,5
90	32,6	26,7	1,22	495	41,3	12,9	532	5,91	0,8	l,2	0,62	125	0,660	82	897	10,0	9,0
100	34,7	27,5	1,26	490	46,3	13,2	610	6,10	7,8	l,3	0,68	5	0,914	4	979	9,8	8,2
110	36,3	27,8	1,30	490	50,7	13,2	671	6,10	6,1	l,5	0,75		1,132		1040	9,4	6,1

Таблица 3.14 – Пермский край, южная и средняя подзоны тайги
ТУМ C_3,B_3. Типы леса: Ечерн., Етрав., Езм., Ек-зм. (в 40-70 лет мертвопокровные)
В 25 лет – начало рубок ухода слабой и умеренной интенсивности

Весь растущий древостой												Отпад и промежуточное пользование			Общая производительность		
А, лет	Дср, см	Нср, м	Дср/Нср, см/м	Nтек, шт/га	∑g, $м^2$/га	HF, $м^3/м^2$	M, $м^3$/га	ΔMср, $м^3$/га	ΔMтек, $м^3$/га	Бонитет	Полнота	Nотп, шт/га	Vср.отп, $м^3$/шт.	Мотп, $м^3$/га	Побщ, $м^3$/га	ΔПср, $м^3$/га	ΔПтек, $м^3$/га
10		0,8		3550			0,2	0,02	0,02	V					0,2	0,02	0,02
15	1,2	1,6	1,31	3500	0,4	2,19	0,9	0,06	0,14	lV,9	0,11	50			0,9	0,06	0,14
20	4,5	3,5	1,29	3450	5,49	2,33	12,8	0,64	2,4	lV,0	0,47	50	0,0001		12,8	0,64	2,4
25	7,5	6,6	1,14	3400	15	3,81	57	2,3	8,9	lll,2	0,63	50	0,0015	0,1	57,1	2,3	8,9
30	12,5	10,4	1,20	1690	20,7	5,26	109	3,6	10,4	ll,0	0,56	1710	0,0073	12,5	122	4,1	13,0
35	16,7	13,8	1,21	1255	27,5	6,47	178	5,1	13,8	l,2	0,59	435	0,0304	13,2	204	5,8	16,4
40	19,2	15,9	1,21	1255	36,3	7,36	267	6,7	17,8	l,0	0,71		0,0727		293	7,3	17,8
45	23,0	18,5	1,24	865	35,9	8,44	303	6,7	7,2	la,7	0,63	390	0,117	46	375	8,3	16,4
50	24,3	20	1,22	865	40,1	9,35	375	7,5	7,2	la,7	0,68		0,206		447	8,9	14,4
60	28,5	22,4	1,27	645	41,1	10,4	427	7,1	5,2	la,8	0,65	220	0,290	64	563	9,4	11,6
70	30,5	24,2	1,26	645	47,1	11,3	532	7,6	10,5	la,9	0,72		0,494		668	9,5	10,6
80	33,5	25,7	1,30	510	45	12,1	544	6,8	1,2	l,0	0,68	135	0,660	89	769	9,6	10,4
90	35,7	26,7	1,34	510	51,1	12,5	639	7,1	9,5	l,2	0,76		0,961		864	9,6	9,5
100	37,4	27,5	1,36	510	56	13,0	728	7,3	8,9	l,3	0,83		1,228		953	9,5	8,9
110	39,0	27,8	1,40	510	60,9	13,1	798	7,2	7,0	l,5	0,9		1,510		1023	9,3	7,0

3.10. Динамика товарной структуры при различных режимах рубок ухода

Режим рубок ухода особенно сильное влияние оказывает на товарную структуру и эффективную продуктивность. Товарная структура искусственных ельников различного возраста, выращенных при различных режимах рубок ухода, выявлена путем использования товарной таблицы Н.П.Анучина.

Анализ товарной структуры в динамике показывает, что экономически спелыми (с $Д_{ср} = 22$ см и более) и пригодными к рубке на балансы можно признать древостои различных МВД в возрастах от 60 до 100 лет (табл. 3.15).

Таблица 3.15 – Возраст рубки на балансы при разных моделях выращивания еловых культур на Западном Урале

Модели выращивания, №	I	2	3	4	5	6	7
Возраст рубки, лет	100	90	85	80	70	60	60
Средний диаметр, см	22,2	22,6	23,0	23,4	23,1	23,4	28,5

Нецелесообразно вырубать древостои при меньшем среднем диаметре, т.к. они имеют малый объем стволов и большой выход тонкомерных сортиментов.

Древостои в указанных возрастах главной рубки имеют следующие показатели:

средний диаметр 22,6-28,5 см;
средняя высота 23,8-22,4 м;
число стволов 790-1040-645 шт/га;
запасы древесины 388-482-427 $м^3$/га;
средний объем ствола 0,371-0,662 $м^3$/шт;
доля мелких сортиментов 21-11%;
объем промежуточного пользования 175-327-136 $м^3$/га.

Если рассматривать МВД в возрастах от 60 лет и старше, то при периодических разреживаниях товарная структура плавно изменяется с увеличением доли крупной древесины от МВД №1 к МВД №7 (табл. 3.16)

Таблица 3.16 – Товарная структура и средний прирост запасов ($\Delta M_{ср}$) еловых культур при разных моделях выращивания древостоев с периодическими разреживаниями

МВД	А, лет	Дср., см	М, $м^3$/га	в том числе, %		Деловая древесина по классам крупности, %				ΔМср., $м^3$/год	
				ликвидной	деловой	крупная	средняя II	средняя I	мелкая	деловой	крупной и средней
№1	60	16,2	480	90	82		14	32	54	6,6	3
	70	17,4	502	90	82	2	19	34	45	5,9	3,2
	80	18,7	513	90	82	5	24	34	37	5,3	3,3
	90	20,2	501	90	82	9	27	34	30	4,6	3,2
	100	22,6	388	90	82	16	32	31	21	3,2	2,5
	110	24,5	315	90	82	24	31	28	17	2,3	1,9
№2	60	16,6	457	90	82	1	16	35	48	6,2	3,2
	70	18	496	90	82	3	20	34	73	5,8	3,3
	80	20	483	90	82	8	27	34	31	5	3,4
	90	22,6	418	90	82	16	32	32	20	3,8	3
	100	25,2	386	90	82	27	31	27	15	3,2	2,7
	110	26,9	394	90	82,5	34	30	23	13	3	2,6

Продолжение табл. 3. 16

МВД	А, лет	Дср., см	М, м^3/га	в том числе, %		Деловая древесина по классам крупности, %				ΔМср., м^3/год	
				ликвидной	деловой	крупная	средняя II	средняя I	мелкая	деловой	ликвидной
№3	60	17	451	90	82	1	17	34	48	6,2	3,2
	70	18,9	471	90	82	5	23	34	38	5,5	3,4
	80	21,3	455	90	82	12	30	33	25	4,7	3,5
	90	24,5	413	90	82	24	31	28	17	3,8	3,1
	100	27,1	438	90,5	82,5	34	30	23	13	3,6	3,1
	110	28,6	493	90	83	40	28	21	11	3,7	3,3
№4	60	18,2	455	90	82	4	21	34	41	6,2	3,7
	70	20,4	497	90	82	9	28	34	29	5,8	4,1
	80	23,4	472	90	82	20	31	30	19	4,8	3,9
	90	25,9	478	90	82	30	31	25	14	4,4	3,7
	100	28,3	477	90	83	39	28	21	12	4	3,5
	110	30	532	91	84	45	26	19	10	4,1	3,6
№5	60	20,2	436	90	82	9	27	34	30	6	4,2
	70	23,1	482	90	82	18	31	31	20	5,6	4,5
	80	26	514	90	82	30	31	25	14	5,3	4,5
	90	28,9	498	90,5	83,5	41	28	20	11	4,6	4,1
	100	31,4	518	91	84,5	50	24	17	9	4,4	4
	110	33	578	91	85	54	23	16	7	4,5	4,2
№6	60	23,4	441	90	82	20	31	30	19	6	4,9
	70	26,6	504	90	82	33	30	24	13	5,9	5,1
	80	29,8	524	91	84	44	27	19	10	5,5	5
	90	32,6	532	91	85	53	23	16	8	5	4,6
	100	34,7	610	91	85	58	22	14	6	5,2	4,9
	110	36,3	671	91	86	62	20	13	5	5,2	5
№7	50	24,3	375	90	82	23	31	29	17	6,2	5,1
	60	28,5	427	90	83	40	28	21	11	5,9	5,2
	70	30,5	532	91	84	47	25	19	9	6,4	5,8
	80	33,5	544	91	85	55	23	15	7	5,8	5,4
	90	35,7	639	91	86	61	21	13	5	6,1	5,8
	100	37,4	728	91	86	64	20	12	4	6,3	6
	110	39	798	91	86	68	19	10	3	6,2	6

Приведенные выше модели выращивания показывают, в какой мере отличается рост древостоев с различной степенью вмешательства человека в их динамику рубками ухода. Если древостои искусственно не разреживают, то с определенного возраста наступает стадия перегущенного состояния - напряженного конкурентного взаимовлияния деревьев друг на друга, что приводит к задержке роста в высоту и особенно по толщине. При этом длительное время естественное изреживание незначительное (1-4% по запасу), хотя при этом резко увеличивается доля деревьев в подчиненной части:

в 20 лет - 39% (ПП 123-84),

в 35 лет - 32% (ПП 119-84),

в 43 года - 37% (ПП 103-83),

в 42 года - 31% (ПП 125-84),

в 44 года - 34% (ПП 132-84).

Несмотря на такую большую долю по числу деревьев, подчиненная часть составляет лишь небольшую часть по запасу древесины, всего 9-11%.

Вначале длительное время отмирают деревья с самыми незначительными размерами, поэтому и объем отпада оказывается небольшим. В возрасте 45-50 лет начинают усыхать

частично и деревья из нижних ступеней господствующей части, но отпад резко увеличивается только с 60-70 лет. Позже наступает стадия распада ослабленного и деградированного древостоя - происходит массовое ускоренное усыхание деревьев. Однако деревья с мощной кроной усыхают последними – они более устойчивы против неблагоприятных факторов. Следует отметить, что сплошное усыхание начинается небольшими очагами, которые непрерывно расширяются. Однако иногда этот процесс не захватывает отдельные участки в виде куртин площадью до 0,5-2,0 га и причины их устойчивости пока непонятны.

О наступлении напряженности в росте можно судить по условному сбегу ствола - соотношению среднего диаметра на уровне груди к средней высоте деревьев ($К_2$= $Д_{ср}$:$Н_{ср}$, см/м). Напряженность роста становится заметной уже при $К_2$ меньше 1,0. Дальнейшее уменьшение $К_2$ показывает на ее резкое усиление. Поэтому первое разреживание нужно проводить обязательно без опоздания - не допуская уменьшения $К_2$ меньше 1,0.

Запоздалое проведение рубок ухода в МВД №2 и 3 слабой интенсивности лишь незначительно улучшает состояние древостоев и ненамного отодвигает наступление стадии распада – со 100-110 лет в них текущая производительность резко падает и такие древостои будут усыхать. В то же время древостои своевременно и систематически разреживаемые, с оптимальной текущей густотой (например, МВД №5), меньше испытывают повышенную напряженность роста, не ослабляются и имеют повышенную устойчивость. Особенно хорошо будут расти древостои, в которых рубки ухода достаточной интенсивности начнутся в 25-30 лет и будут проводится систематически (МВД № 6 и 7).

Без проведения рубок ухода и при запоздалых уходах (с 40-50 лет) искусственные ельники в рассматриваемых условиях растут с 35 лет в основном по линии II класса бонитета, а при систематическом уходе с 30-35 лет (МВД № 5 и 6) – по I-II классу бонитета. При более интенсивном уходе с 25 лет (МВД №7) рост повышается до I класса бонитета (см. рис.3.5). Таким образом, в условиях $В_3$,$С_3$ рубки ухода, начатые в раннем возрасте, поднимают потенциальную продуктивность на один класс бонитета.

Анализ влияния рубок ухода (густоты выращивания) на таксационные показатели древостоев показывает следующее. До 35-летнего возраста древостои МВД № 2-5 росли при одинаковой густоте с МХР №1 и показатели были идентичными. По мере проведения рубок ухода в них появляются значительные различия по сравнению с древостоями без ухода (с МХР №1): древостои МВД № 2-4 в 50-90 лет имеют меньшую густоту, полноту и запас, однако у них повышается:

высота – до 11%,
диаметр – до 28%,
объем ствола – до 79%,
общая производительность – до 11%.

Древостои МВД № 5 в 50-60-90 лет соответственно отличаются от древостоев МХР №1 по следующим показателям:

N – меньше на 37-62-56%,
$Н_{ср}$ – больше на 11-9-10%,
$Д_{ср}$– больше на 15-33-43%,
$V_{ср}$ – больше на 45-99-128,
М – меньше на 9-4-1 %,
$П_{общ}$– больше на 6-I2-I5 %.

Древостои МВД № 6-7, имея в 50-70-90 лет меньшую густоту (на 55-71%), а в 50-60 лет и меньший запас (на 8-11%), уже в 80-90 лет становятся с большим запасом (повышение до 6-28%) и значительно более производительными (на 15-22%). Особенно резко отличаются они по среднему объему стволов (на 182-228%).

Эффективная продуктивность древостоев еловых культур в возрасте главной рубки различается по всем показателям в зависимости от режима выращивания (см. табл. 3.12): чем

раньше начинают проводить рубки ухода, тем выше показатели. Эффективная продуктивность при этом повышается:

а) по крупной плюс средней крупности деловой древесине на 20-108 %;

б) по объему ликвидной древесины главного пользования на 20-83 % ;

в) по объему ликвидной древесины промежуточного пользования на 64-164 %;

г) по объему ликвидной древесины общего пользования на 54-83 %;

д) по среднегодовой таксовой стоимости на 20-98 %.

Если в качестве ориентира окончания выращивания принять возраст культур, в котором средний диаметр деревьев достигает не менее 22 см, при котором заготовка древесины становится рентабельной, то конечные показатели таких древостоев при разных моделях выращивания оказываются следующими (табл. 3.17).

Таблица 3.17 – Таксационные показатели древостоев еловых культур в ТУМ B_3,C_3 в возрасте главной рубки при выращивании с начальной густотой 3550 шт./га, при различных режимах рубок ухода

МВД, №	Возраст, лет		Дср, см	Нср, м	Nср, шт./га	М, $м^3$/га	Vср., $м^3$/шт.	ΣМпром. польз. $м^3$/га	ΔМср, $м^3$/га	М общ. поль. $м^3$/га	ΔМобщ. польз. $м^3$/га	Доля мелкой древесины, %	
	начала ухода	главной рубки										главн. пользование	промеж уточ. пользование
1		100	22,6	23,6	790	388	0,491	140	1,4	528	5,28	21	50
2	50	90	22,6	23,8	840	418	0,498	327	3,63	745	8,28	20	88
3	45	85	23,0	24,6	830	435	0,525	295	3,47	730	8,59	19	88
4	40	80	23,4	23,1	930	472	0,508	260	3,25	732	9,15	19	87
5	35	70	23,1	22,4	1020	482	0,413	200	2,86	682	9,74	19	86
6	30	60	23,4	21,5	1040	441	0,424	132	2,2	573	9,55	19	85
7	25	60	28,5	22,4	645	427	0,662	136	2,27	563	9,38	11	85

3.11. Выводы по моделированию хода роста и выращиванию культур ели

Выводы по моделированию хода роста

1. На Западном Урале, в типах условий местопроизрастания ТУМ C_3, B_3 древостои культур ели накапливают большие запасы стволовой древесины – до 513 $м^3$/га в 80 лет, высокопроизводительны – прирост до 8,4 $м^3$/га год, достигают II класса бонитета, что выше на один класс бонитета естественных ельников.

2. Увеличение начальной густоты еловых культур, начиная от 3550 шт./га и далее, приводит к отрицательным результатам: даже после 50-60 лет древостои оказываются тонкомерными, рано (в возрасте 60-80 лет) становятся естественно спелыми, готовыми распадаться при первых же неблагоприятных факторах.

3. Указанные древостои, с целью недопущения потерь древесины, назначаются в главную рубку раньше достижения экономической спелости (наступающей при $Д_{ср}$ = 22 см . В этом случае излишняя густота приводит к потерям продуктивности в 31-37%.

4. Изучение естественной возрастной динамики древостоев еловых культур различной густоты (без рубок ухода) привело к выявлению следующих закономерностей:

а) повышение начальной густоты до определенного предела приводит к более быстрому увеличению полноты, запаса и общей производительности в начальной период, но оно же приводит и к более быстрому их уменьшению в последующих возрастах;

б) древостои могут находиться в состоянии высшей полноты (0,95 и более) крайне ограниченное время – в течение 20-25 лет;

в) древостои любой начальной густоты (кроме исключительно редких) достигают однажды состояния предельной полноты, после чего вскоре становятся менее полными.

Процесс идет тем быстрее, чем больше начальная густота: наивысшей полнотой обладают в молодости древостои с наибольшей густотой, и они же впоследствии оказываются с наименьшей полнотой, и наоборот, наименее полные в молодости (с меньшей густотой) становятся наиболее полными впоследствии. Идет непрерывная перегруппировка древостоев по полноте и изменение их рангов, если они имеют различную начальную густоту;

г) первопричиной раннего наступления естественной спелости, ухудшения состояния и скорого распада древостоев является большая начальная и последующая густота, а остальные причины вторичны.

5. Применительно к естественному ходу роста неправомерно применять понятие "ход роста нормальных (полных, сомкнутых) древостоев", т.к. одни и те же древостои не могут быть в таком состоянии длительное время, а тем более - смолоду и до спелого возраста.

6. При составлении естественного гомогенного ряда и моделей естественного хода роста следует учитывать основную закономерность морфогенеза одновозрастных древостоев: полнота с возрастом вначале увеличивается от минимума до максимума, а после достижения возраста количественной спелости вновь уменьшается до минимума; указанный процесс идет тем интенсивнее, чем больше начальная густота и лучше условия произрастания. Относительная полнота может уменьшаться даже при некотором увеличении суммы площадей сечений стволов, то есть при увеличении полноты абсолютной.

7. Указанная основная закономерность морфогенеза древостоев проявляется четко только тогда, когда возрастной (высотный) ряд эталонов полноты 1,0 установлен методически правильно. Для этого недостаточно набрать простой ряд древостоев с наибольшей площадью сечений; нужно обязательно учесть теоретически (или с учетом опыта других исследователей) возможные значения показателей $\sum g_{1,0}$ древостоев более младших и старших возрастов.

Выводы по моделированию выращивания

I. Возрастная динамика древостоев еловых культур с начальной густотой 3-4 тыс. шт./га сильно зависит от режима выращивания по текущей густоте.

2. Рубки разреживания с 40-50 лет лишь незначительно улучшают состояние древостоев и несколько отодвигают время наступления стадии их распада. Поэтому разреживания необходимы с самого раннего возраста.

3. Чем раньше начинают рубки ухода, тем выше их эффект. Систематические рубки разреживания в еловых культурах с 25-35 лет повышают:

- среднюю высоту до 17-27%, а потенциальную продуктивность до одного класса бонитета;
- средний диаметр до 44-79%;
- средний объем стволов до 255%;
- общую производительность до 15-22%;
- эффективную продуктивность по ликвидной древесине:
  а) главного пользования до 64-164%,
  б) общего пользования до 54-83%
- среднегодовую таксовую стоимость древесины до 50-98%.

4. Систематические рубки ухода в еловых культурах низовым методом в 25-35-летнем возрасте улучшают состояние, отодвигают естественную спелость, увеличивают продолжительность жизни древостоев ели на 20-30 лет и более и сокращают срок выращивания пригодных к главной рубке древостоев на 20-40 лет.

В дальнейшем целесообразно продолжить подобные исследования применительно к еловым культурам, растущим в более лучших условиях произрастания – в ТУМ C_2 и B_2, а также в направлении создания прогнозных моделей роста еловых культур плантационного типа и разработки рекомендаций по программно-целевым рубкам ухода в еловых культурах.

4. Законы развития древостоев и ранняя диагностика быстроты роста

4.1. О законах роста, развития и жизни одноярусных древостоев

О лесе известно как сложном образовании природы, явлении физико-географическом и биологическом. Лес изучается многими науками и достаточно давно, но осталось еще немало загадок и не открытых закономерностей.

Число сформулированных биоэкологами популяционных закономерностей очень высоко – до 20, а быть может, и значительно больше (Реймерс, 1994, с. 78). Причем многие из них взаимодополняют друг друга. Так, «закон популяционного максимума Ю. Одума» конкретизируют теория лимитов популяционной численности Х.Андреварты–Л.Бирча» и «теория биоценотической регуляции численности популяции К.Фридерихса» (Реймерс, 1994, с. 79). В сообществах древесных растений первые закономерности были выявлены еще в 19 веке, однако до сих пор пока нет общей теории онтогенеза древесных растений.

В общем виде влияние численности популяции на ее продуктивность было сформулировано А.А.Урановым (Уранов, 1960): «Наиболее доступный способ количественного выражения жизненности популяции вида состоит в определении количества органического вещества, производимого популяцией на единице территории за год. Это – мера мощности популяции. Она зависит от количества особей и возрастает по мере увеличения численности до некоторого предела – оптимальной численности и уменьшается при увеличении численности выше оптимальной».

В лесной таксации, лесных культурах и лесоводстве неоднократно предпринимались попытки установить численные параметры такой оптимальной численности, включая и теоретические расчеты (например, Стяжкин, 2005). Установление каких-либо закономерностей всегда наталкивается на мощное воздействие факторов среды – климата, колебаний инсоляции и осадков, богатства почвы и т.д., причем за весьма длительное время (до нескольких столетий). Выяснить законы развития и распада древостоев даже для одной древесной породы весьма непросто именно из-за длительности онтогенеза древесных видов.

В нашем представлении развитие простого одноярусного древостоя происходит следующим образом. Вначале появляется самосев или поросль, каждое из растений формирует крону и растения развиваются в молодые деревья. Постепенно кроны смыкаются и образуют полог древостоя. В пологе помещается некоторое ограниченное количество фотосинтезирующей поверхности: листьев, хвои, мелких веточек. Деревья растут и полог движется вверх, оставляя внизу отмирающие ветви и ослабленные растения. Деревья различаются по площади и объему кроны в десятки раз и эти различия определяют среди них лидеров и аутсайдеров. Лидеры определяются уже в самом раннем возрасте и деревья растут, просто увеличивая свои размеры и сохраняя свое ранговое положение в древостое (Маслаков,1980). Ранг дерева определяет именно величина кроны: чем она больше, тем прочнее положение дерева в древостое. В классическом лесоводстве деревья по степени развития кроны традиционно разделяют на 5 классов (классы Крафта).

На рост древостоев влияет множество факторов и причин. Одной из основных и решающих является конкуренция между растениями, влияние которой наиболее сильно начинает сказываться с началом смыкания крон (Петров, 1974; Кайрюкштис, Юодвалькис, 1976; Рогозин, 1980; Терехов, Усольцев, 2008). Онтогенез отдельных деревьев, а тем более древостоев достаточно сложен и весьма продуктивным для его описания оказался подход, предложенный Г.С.Разиным (Шинкаренко, Дзедзюля,1983).

Разработка данного подхода началась с выяснения вопроса изменчивости класса бонитета насаждений с возрастом. Для этого были использованы данные точных и продолжительных наблюдений в сосновых, еловых и березовых древостоях (всего 145

пробных площадей) в лесной опытной даче Тимирязевской сельхозакадемии за 100-летний период (Итоги работ…, 1964). По этим данным были построены линии роста древостоев и определены классы бонитета с точностью до десятых долей класса. Анализ линий роста у 85 сосновых древостоев показал, что за 20- летний период стабильный бонитет был обнаружен только у 23% древостоев, 72% меняли его на 1 класс, а у 5% древостоев он изменился на 2 класса; за 40 лет стабильный бонитет был у 35% древостоев, 40% меняли его на 1 класс, 20% - на 2 класса, а у 5% древостоев он изменился на 3-4 класса (!). У других пород такие же сильные изменения в росте происходили во всех возрастных периодах [7-10].

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

Этот вывод ключевой в понимании сущности вопроса о прогнозировании роста древостоев. Шкала М.М.Орлова «пригодна для таксации только в статике», то есть «здесь и сейчас» из чего логически вытекает вывод о ее непригодности для прогноза роста как в будущее, так и в прошлое. И если по ней подбирают возрастной ряд для составления ТХР, то по такой ТХР точно также будет невозможен прогноз роста на будущее. Парадоксально, но именно для такой цели (прогноза роста) и составляют таблицы хода роста древостоев!

Данные выводы весьма категоричны, но они логически непротиворечивы. В классическом лесоводстве и таксации леса оценка условий роста по классам бонитета прочно прижилась из-за простоты ее определения и каждый раз при обсуждении этого вопроса именно эта простота и унификация шкалы бонитетов перевешивает все другие аргументы против ее использования для составления ТХР.

Безусловно, для унифицированной оценки производительности условий местообитания нужны какие-то критерии. В шкале классов бонитета это может быть не средняя, а «верхняя высота», а также такой показатель, как «элементарный запас» древостоев для *каждой породы по отдельности*, но это требует специального обсуждения. В конце концов, давно используются в таксации тип условий местопроизрастания (ТУМ), который не меняется во времени, адекватно отражает многообразие условий и может служить для группировки древостоев при составлении таблиц хода роста древостоев.

В середине 20 века составление ТХР основных лесообразующих пород было весьма актуальной задачей и об этом мы уже говорили выше в разделе 3. В настоящее время приняты две шкалы бонитетов: для семенных и порослевых насаждений; они унифицируют оценки роста для всех лесных пород в нашей стране и используются для оценки производительности условий местопроизрастания.

Здесь необходимо пояснить, что понятие бонитета насаждений было введено М.М.Орловым еще в 1911 г. в качестве косвенной оценки условий местообитания насаждений, их «добротности». Бонитет определяют по возрасту и средней высоте древостоя, с градацией высот между классами, например в 40 лет, через 2,5 м или с 20%-ным увеличением высоты от класса к классу. То есть в современном понимании оценка

абиотических факторов питания подменяется оценкой биоты (фитоценоза) по успешности ее роста в высоту. Но если эта оценка меняется за 40 лет на 2-3 градации бонитета или до 60%, то следует ли ее применять для оценки производительности условий местопроизрастания, которые на самом деле не менялись?

Ответы на эти неудобные вопросы не получили иного объяснения кроме рабочей гипотезы Г.С.Разина о том, что изменения в ходе роста древостоев вызваны главным образом различиями в их начальной густоте. С этого предположения, собственно, и начались исследования, в которых использована информация 306 пробных площадей, в том числе 53 – с длительным наблюдением, в направлении, которое закончилось открытием нижеследующих закономерностей.

В серии работ (Разин, 1965, 1977, 1979, 1980, 1988, 2009), с их обобщением в статьях (Разин, Рогозин, 2009, 2010а, б) а также в настоящей книге применительно к древостоям культур показано, что рост, развитие и возрастная динамика древостоев подчиняются некоторым всеобщим биологическим законам. В древесных насаждениях эти законы имеют специфические особенности, которые заключаются в следующем.

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

2. Достижение предельных показателей происходит в зависимости от густоты растений в сообществе и может быть сформулировано в виде «Закона динамики суммы горизонтальных проекций крон деревьев в простых древостоях», который показан в виде нескольких линий зависимости на рисунке 4.1а и состоит в следующем:

- чем больше начальная густота, тем раньше и при меньшей средней высоте древостои становятся сомкнутыми с предельной суммой площадей горизонтальных проекций крон деревьев и тем раньше и быстрее они снижают ее (размыкаются);
- чем меньше начальная густота, тем позже и при больших средних высотах древостои достигают предел сомкнутости и предел суммы площадей горизонтальных проекций крон деревьев, тем медленнее они снижают их и дольше остаются сомкнутыми и устойчивыми.

Открытый для площадных показателей закон проявляет себя аналогичным образом в показателях объема. С некоторым запаздыванием по сравнению с сомкнутостью (на 10 – 25 лет) древостои точно также достигают предельного состояния по сумме объемов крон и имеют индивидуальные линии своего развития по этому показателю в зависимости от начальной густоты (рис. 4.1б). Впечатляют полученные различия в суммах объемов крон, достигающие в крайних линиях 2-5 раз. Эти различия приводят к аналогичным различиям в объемах фотосинтезирующего аппарата, и если объемы крон отличаются в разы, то такими же будут различия и в объемах древесины.

Интерпретация в биологическом плане обнаруженных законов выглядит следующим образом. Возникшие одноярусные сообщества древесных растений различной густоты и неравномерности расположения деревьев обладают сильнейшим изначальным природным свойством (способностью) у каждого члена сообщества, которое можно назвать целеполаганием или «целью» – стремлением к достижению индивидуальных пределов по протяженности (высоте, длине, толщине), а также по площади и по объему.

В древостое как сообществе изложенные «цели» появляются в следующем порядке: а) возникает сообщество индивидуумов, каждому из которых природой дана способность увеличивать размеры во времени и пространстве; б) сообщество, состоящее из устремленных в этих направлениях деревьев, становится обладателем суммы этих свойств в виде некоторой предельной цели.

Важно отметить, что при любых высотах и возрастах в ельниках бывают состояния с предельной сомкнутостью. При средней высоте 1 м сумма площадей крон деревьев может

быть в 2,6 раза больше площади поверхности, на которой они расположены (предельная сомкнутость 2,60) и кроны деревьев в предельном случае заходят в кроны второго и даже третьего дерева по соседству. При высоте 20 м сомкнутость может иметь предельное значение 1,24. Достижение таких предельных значений воспринимается наблюдателем как древостой с почти полным отсутствием растительности в напочвенном покрове; тип леса определить затруднительно и условно он может быть назван «мертвопокровным».

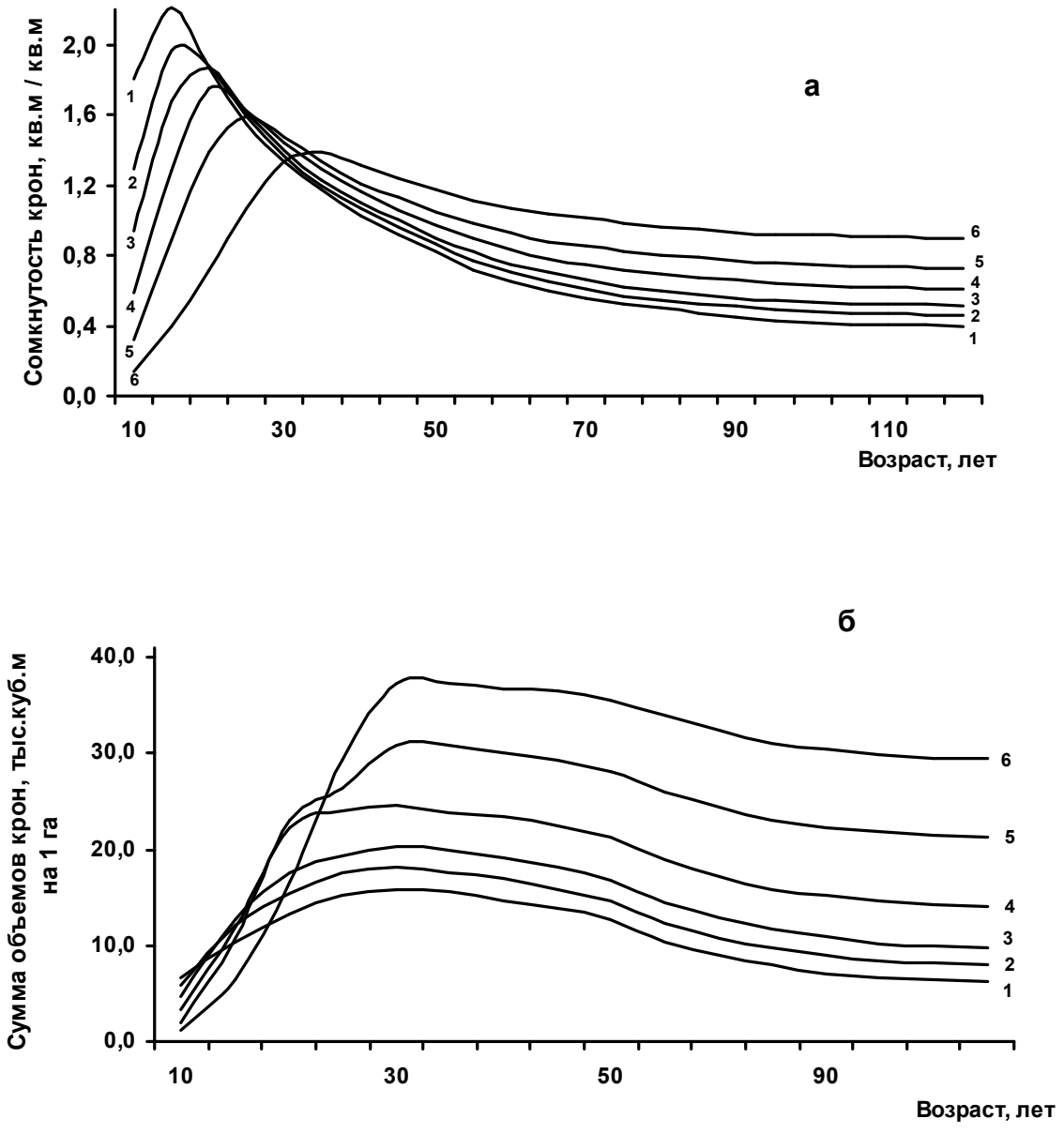


Рис. 4.1 – Возрастная динамика сомкнутости крон (а) и объемов крон (б) одноярусных еловых древостоев с различной начальной густотой (в возрасте 10 лет), тыс. шт/га: **1** - 67; **2** – 22; **3** – 11,5; **4** – 7; **5** – 4,5; **6** – 1,8 тыс. шт/га.

В интегрированном виде законы динамики биологических и таксационных показателей объединены в ***общий закон возрастной динамики и функционирования простых одновозрастных древостоев***, чистых и смешанных, в следующем развернутом

виде: «чем больше первичная густота дендроценоза (от 0,5–1,0 до 200 тыс. экз. на 1 га и более), тем он хуже растет и развивается, имеет худшие показатели всех таксационных и морфометрических признаков (объем ствола и объем кроны, абсолютную полноту, запас и общую производительность, устойчивость и долговечность и др.) по сравнению с древостоями с меньшей первичной густотой; густые дендроценозы раньше достигают свои пределы по указанным показателям и раньше теряют свое лидерство по ним, а также устойчивость и долголетие в сравнении с древостоями с меньшей густотой».

Следствием закона являются постоянные изменения рангов всех таксационных показателей древостоев по мере их развития. В спелых древостоях причиной низкой полноты чаще всего является прохождение ими состояния предельной сомкнутости ввиду большой начальной и последующей густоты их в молодости. Сами древостои недостаточно регулируют густоту и поэтому нуждаются в ее оптимизации. В наиболее перегущенных из них нужны разреживания с самого раннего возраста.

При регулярном разреживании происходит переход древостоев на более производительные линии динамики. Это дает возможность революционного изменения способов выращивания древостоев на основе оптимальных программ регулирования текущей густоты (Разин, 1981, 1982, 1989).

В соответствии с обнаруженным законом можно однозначно утверждать, что начальная густота древостоев и возникающая конкуренция между растениями в решающей степени определяют ***всю последующую жизнь*** насаждения и чем больше густота, тем сильнее развитие как отдельных деревьев, так и древостоев в целом.

4.2. Ранняя диагностика роста деревьев в лесных культурах

Ранняя диагностика быстроты роста у древесных растений призвана решать множество задач по оптимальному размещению на площади перспективных для выращивания растений. Оставление быстрорастущих и удаление слабых экземпляров в древостое обеспечит комфортное развитие растений с раннего возраста, максимально повысит прирост биомассы каждого из них и в конечном счете увеличит производительность и долговечность древостоя.

Вопрос диагностики роста возникает на всех этапах выращивания леса - начиная с появления всходов и пересадки растений и заканчивая рубками ухода.

Отбор лучших по развитию растений (позитивный массовый отбор) практикуется достаточно давно и в нем, казалось бы, все ясно и просто. Однако выращивание лесных дендроценозов весьма специфично. На протяжении десятилетий каждое растение в древостое испытывает конкурентное давление соседей. Это давление динамично и меняется с возрастом; с возрастом меняется и реакция растения на это давление. При изучении срубленных моделей исследователи выделяют различные типы роста деревьев (Эйтинген, 1934; Котов и др., 1977) и типы онтогенеза древостоев (Кравченко, 1971).

В общем виде таких типов роста насчитывается до 10, например: медленный в раннем возрасте, затем усиленный и неравномерный; средний, затем медленный и вновь средний; средний, затем устойчиво усиленный; усиленный в любом возрасте; усиленный в раннем, ослабленный в среднем и усиленный в старшем возрасте и т.д.

В самых первых исследованиях (Эйтинген, 1934) в молодняках сосны на сотнях моделей были обнаружены настолько разнообразные линии роста по высоте относительно среднего прироста, что даже самые слаборастущие модели оказывались в числе лидеров по своему приросту спустя 10-20 лет. Это весьма импонировало социальным ожиданиям и идеологии 1920-1930-х годов, когда управление нашим советским государством осваивали люди рабоче-крестьянского происхождения. Действительно, прирост может изменяться в весьма широких пределах. Однако по приводимым в работах Г.Р. Эйтингена данным невозможно было рассчитать, насколько часто происходит такая резкая смена рангов. Казалось бы, надежность раннего отбора растений определяется достаточно просто: срубленные модели разделяют на 2 ранга по показателям роста в раннем возрасте

- на крупные и мелкие (быстро- и медленнорастущие, высокие и низкие) и спустя некоторое время фиксируют, какой процент из них сохранили свой ранг. Можно разделить растения и на большее число рангов, но ответ должен быть о сохранении ранговой структуры. Если бы по данным из работ этого автора можно было такое разделение сделать (сам он этого не сделал), то еще 80 лет назад мы имели бы ясный ответ на вопрос о надежности ранних оценок роста.

В обзоре работ по ранней диагностике в лесной селекции (Шеверножук, 1980) констатируется, что ряд исследователей в Западной Европе пришли к выводу о том, что медленнорастущие в молодости потомства в дальнейшем, самое позднее через 28 лет, перегоняют быстрорастущие. С возрастом ослабевает и влияние лесотипологического происхождения семян на рост молодняков (Рубцов, Смирнова, 1976).

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

По мнению ряда авторов (Картель, Манцевич, 1970; Куиндзиньш, 1972) оценка потомства в раннем (10-15 лет) возрасте имеет вероятностный характер и надежность ее неизвестна. Для снижения неопределенности испытания потомства рекомендовалось заканчивать в 20-30 лет и старше (Ромедер, Шенбах, 1962). Столь длительные сроки объясняются и отсутствием общебиологической теории онтогенеза (Шеверножук, 1980).

Некоторые положения такой теории применительно к сообществам древесных растений были разработаны нами и приведены выше как закон развития и жизни одноярусных древостоев (Разин, Рогозин, 2010).

Частные проявления данного закона были обнаружены применительно к лесной таксации и лесоводству и селекционеров напрямую как бы не касались. Однако даже самый простой логический анализ ситуации со сменой рангов высоты у происхождений в испытательных культурах с использованием вышеприведенного закона обнаружил бы истинную причину такой смены рангов. На возраст от 20 до 40 лет обычно приходятся наибольшие и предельные значения сомкнутости крон в древостоях, если они в начале развития имели достаточную густоту. В этот период наблюдается и наивысшая конкуренция между растениями, которая «перекрывает» действие наследственных факторов.

В испытательных культурах (географических, популяционных, плюсовых деревьев) в этом возрасте наибольший запас древесины будет у самых высоких и густых вариантов и именно они раньше всех достигнут предельных значений полноты, после чего начнут снижать ее и сокращать прирост. Повторные измерения у них, после достижения предела полноты, зафиксируют снижение роста и оценка варианта понизится; при этом на первые места выйдут варианты, у которых ранее показатели полноты были меньше при такой же или меньшей высоте. Однако спустя еще 10 лет эти новые лидеры также достигнут предельных полнот и также уступят первые места другим вариантам. Причем возможны случаи, когда к возрасту спелости лидерами будут заурядные по результатам первых измерений потомства. Поэтому при выращивании испытательных культур необходимы опережающие изреживания с периодическим снижением полноты и густоты до оптимальных пределов, причем относительная полнота должна быть одинаковой, а густота – индивидуально подбираемой для каждого варианта в зависимости от его текущей средней высоты.

Если такие изреживания проводились не оптимальным образом, то тогда смену лидеров определяли в основном фитоценотические причины и генетическая обусловленность различных «типов роста» у деревьев здесь не при чем. Можно

выращивать опытные культуры в условиях свободного стояния деревьев и тогда конкурентный «шум» не будет искажать действие генетических факторов. В пользу выращивания быстрорастущих генотипов в условиях редкого стояния высказывался Cannell (1980) и Franklin (1981), которые полагали, что генотипы, хорошо растущие до смыкания крон, могут не годится для роста в условиях конкуренции и тогда корреляции между ростом в раннем и позднем возрасте могут быть нулевыми или отрицательными, понижаться и повышаться по мере смыкания и размыкания крон. Эти модели поведения генотипа возможны, если рост дерева вне и в условиях конкуренции контролируется разными генами (по Lambeth и др. (1983). Однако эти предположения не были проверены из-за малого объема опытов, которые продолжались всего 20 лет.

Рост отдельных деревьев в древостое за длительное время давно привлекал внимание лесоводов. Детальное исследование этого вопроса применительно к лесной таксации и дендроклиматическому анализу показало, что положение деревьев в ранжированных рядах по диаметру не остается постоянным – ранги деревьев меняются. Наиболее постоянные ранги имеют самые толстые и самые тонкие деревья. Деревья средних размеров отличаются неустойчивостью (Дворецкий, Комин, 1970).

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

Согласно Е.Л. Маслакову (Маслаков,1982) в молодняках сосны после смыкания крон начинает функционировать «ранговый закон роста». В последующем деревья растут в основном соблюдая сложившиеся исходные пропорции. Так, в групповых посадках сосны корреляционное отношение между площадями сечения деревьев в 10 и 40 лет равно h = 0,88, а в 15 и 40 лет связь почти функциональна: h = 0,99; в 15-летних культурах и естественных молодняках сосны деревья-лидеры определились уже в 5-7 лет. Ранговый закон роста подтвердили также исследования в культурах сосны республики Коми (Паутов, 1984). В культурах этот закон проявляется сильнее. Так, в естественных молодняках только 30% деревьев сохранили свои ранги по высоте, тогда как в культурах их было уже 57% (Куншуаков, 1983).

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

Плюсовые деревья из одних популяций отличаются хорошей наследуемостью быстроты роста, из других – слабой (Молотков и др, 1982). Не исключая полностью существование наследственно-обусловленных «типов роста» следует отметить, что в селекции наиболее выгодны потомства со стабильным ростом. Ориентировка на поиск и выделение семей с иными типами роста (например, слабый или средний до 10 лет и сильный к 15-20 годам) позволит несколько увеличить в последующем число элитных деревьев, однако это приведет к значительному усложнению селекционных программ и отодвинет районирование выделенных сортов.

При сравнении эффективности оценки потомства у сосен элиотта и желтой в возрасте до 10 и в 25-29 лет отмечается (Namkoong, 1975, Squillace, 1974), что короткий срок позволяет подвергнуть испытаниям больше семейств, что в свою очередь приводит к более высокой интенсивности селекции и большему генетическому выигрышу.

Высокая эффективность ранней диагностики скорости роста была установлена в 20-летних испытаниях 135 семей сосны ладанной с интенсивным прореживанием (Lambeth и др, 1983). Корреляция между высотами семей в 5 лет и средними объемами деревьев в этих же семьях в 20 лет составила в среднем 0,71. Однако есть и возражения против отбора семей в раннем возрасте. Например, D. Lindgren (1984) полагает, что в Северной Швеции семьи сосны обыкновенной должны проходить испытание навалами снега, для чего необходима высота 2-4 метра. Для сосны в нашей таежной зоне такое испытание, по-видимому, будет излишним, так как гибели культур от снеголома при такой высоте не отмечено.

В последнее десятилетие появилось еще несколько работ по данному вопросу.

При исследовании 37 климатипов сосны в Новосибирской области (Роговцев и др., 2008) в возрасте 30 лет отмечается сохранность от 250 до 2500 шт./га, неодинаковое соотношение отстающих и лидирующих деревьев с долей деревьев 4-5 классов Крафта по происхождениям от 0 до 29% и авторы ожидают перераспределения рангов происхождений после удаления отстающих деревьев. Далее (Ефимов, 2008) было показано, что на определенных этапах онтогенеза годичные приросты как по высоте, так и по диаметру коррелируют с высотой климатипов в 30 лет. Включение этих «маркерных» приростов повышает вероятность прогноза лучших популяций; отбор лучших вариантов по высоте ствола более эффективен и может осуществляться в возрасте 8-10 лет с потерей 1 из 7 будущих происхождений-лидеров в 30 лет.

В Красноярском крае изучение географические культур 84 происхождений сосны обыкновенной показали, что их сохранность в возрасте 30 лет на участке с темно-серой лесной почвой варьирует от 6 до 60 %, а на песчаной почве в возрасте 33 лет – от полной элиминации до 93 %. В 25-30-летнем возрасте у ряда климатипов отмечается смена рангов, при этом ранговое положение по росту в высоту и запасу на песчаной и суглинистой почвах неодинаковое. Например, контрольный вариант на песчаной почве по запасу занимает 47 место, а на темно-серой лесной – 21 место. Нижне-Енисейский климатип на участке с песчаной почвой занимает 16 место, на темно-серой лесной – 8 место (Кузьмина, Кузьмин, 2010).

В Западном Забайкалье 24 сибирских климатипа сосны в географических культурах имеют сохранность от 16 до 58% (Новикова, 2010) и обычны различия в густоте этих культур по происхождениям в 1,5-2 раза.

Отмеченные различия в сохранности климатипов, достигающие 10 раз, вызывают тревогу. Изменения в ранговом положении вариантов свидетельствует о начале трансформаций, связанных с достижением наивысшей напряженности в росте, обусловленной внутривидовой конкуренцией на делянках. Если не будут приняты срочные меры по регулированию густоты и выравниванию полноты делянок географических культур, то при следующих измерениях в 40-50 лет вполне ожидаемы значительное изменение оценок и смена рангов у происхождений.

4.3. Развитие деревьев в культурах сосны

В проведенных нами исследованиях возможности ранней диагностики роста у сосны обыкновенной установлено следующее. В 1950-е годы сосну в Пермской области часто высаживали на старопахотные суглинистые почвы, где условия для ее роста оказались весьма благоприятны, но в то же время и необычны, так как сосна в данном регионе эволюционировала главным образом на песках. Поэтому была выдвинута рабочая гипотеза с предположением, что характер роста сосны в непривычных условиях мог бы измениться, что изменило бы и точность его предсказания по ранним этапам роста дерева.

Объектом исследования были рядовые культуры с расстоянием между рядами 2 - 2,5 м и в ряду 0,55-0,75 м. Исследованы 3 участка на суглинистых и 3 – на песчаных почвах. На участках срубали по 20 моделей, по 4 модели в каждом из 5 классов Крафта. Мерой соответствия и расхождения характера роста служили возрастные коэффициенты

корреляции между размерами деревьев в 4, 5, 7, 10 лет и их объемом в 29-40 лет. В молодом возрасте учитывали диаметр, высоту и их произведение ($Д^2 \cdot Н$), в старшем – объем ствола. Анализ ствола проведен на 120 моделях.

Различия между возрастными корреляциями на суглинках и на песках оказались недостоверны (Рогозин, 1983). То есть гипотеза о различиях в онтогенезе сосны на разных почвах не подтвердилась и поэтому можно было утверждать, что характер онтогенеза сосны на суглинках примерно такой же, как и на песчаных почвах. Какая-либо иная гипотеза нами не выдвигалась и поэтому в значительной мере случайно на том же материале по фактору «расстояние между деревьями в рядах» удалось образовать две градации: 0,55-0,60 м и 0,69-0,75 м, по три участка культур в каждой. Оказалось, что в первой градации возрастные корреляции для диаметров не превышают в среднем 0,47 даже к 10 годам, тогда как во второй градации они всегда были выше и достигали в среднем 0,60 и 4 года и 0,75 в 10 лет. Корреляции между высотами растений в 4-10 лет и их объемом в 29-40 лет составили для первой градации в среднем всего 0,32-0,49, а для второй – 0,62-0,80. Различия достоверны при $F_ф = 36,6 > F_{0,05} = 7,7$ (табл. 4.1).

Обнаруженные различия в характере роста у сосны можно объяснить усилением конкуренции между растениями в более густых культурах, которая приводит к тому, что отбор начинает действовать по-иному: часть быстрорастущих растений снижает темпы роста и на их место в лидеры выходят конкурентновыносливые особи, то есть такие, которые лучше других развиваются в условиях густого стояния. Такая перестройка роста (смена рангов) является, по-видимому, дополнительной причиной снижения продуктивности у предельно сомкнутых густых древостоев.

Таблица 4.1 – Коэффициенты корреляции объемов деревьев сосны в возрасте 29-40 лет с ростом растений в ранние годы (по Рогозину, 1983)

№ ПП	С высотой (Н) в возрасте, лет				С диаметром (Д) в возрасте, лет				С условным объемом ($Д^2Н$) в возрасте, лет			
	4	5	7	10	4	5	7	10	4	5	7	10
Посадка в рядах через 0,55-0,60 м												
55	0,03	0,10	0,19	0,29	0,44	0,35	0,46	0,49	0,42	0,27	0,44	0,49
51	0,54	0,41	0,46	0,34	0,36	0,39	0,33	0,37	0,51	0,48	0,48	0,41
61	0,35	0,43	0,73	0,52	0,40	0,44	0,50	0,54	0,45	0,47	0,54	0,52
Среднее	***0,32***	***0,32***	***0,49***	***0,39***	***0,40***	***0,39***	***0,43***	***0,47***	***0,46***	***0,41***	***0,49***	***0,47***
Посадка в рядах через 0,69-0,75 м												
56	0,60	0,72	0,77	0,84	0,56	0,55	0,66	0,70	0,63	0,65	0,74	0,78
71	0,70	0,64	0,65	0,71	0,64	0,68	0,74	0,77	0,62	0,65	0,72	0,79
72	0,53	0,51	0,72	0,83	60,1	0,63	0,73	0,76	0,68	0,67	0,80	0,83
Среднее	***0,62***	***0,63***	***0,72***	***0,80***	***0,60***	***0,62***	***0,71***	***0,75***	***0,64***	***0,66***	***0,76***	***0,80***

Изменение характера роста деревьев при повышении конкуренции можно представить и как ответ популяции на изменение фитоценотической обстановки. Каждое дерево (и популяции) реагируют на это по-разному, в соответствии со своим генотипом. Из наших данных вытекает, что эта реакция, измеряемая возрастными корреляциями, появляется в основном после воздействия конкуренции. Поэтому нет оснований считать, что «типы роста» появляются под воздействием фактора времени, как выражение некой внутренней способности генотипа изменять свой рост со временем

Вполне возможно, что вызываемые собственно генетическими причинами изменения в характере роста у деревьев существуют. Однако необходимо вычленить долю их влияния и сопоставить ее с долей влияния факторов среды. Для этого необходимо изучение возрастных корреляций роста в редких и густых культурах. В особенно редких

культурах их значения могут быть близки к той величине, которая является результатом действия причин наследственного характера. Крайне важно для ранней диагностики роста установить численное значение таких возрастных корреляций, свободных от конкурентного шума. На основании проведенного здесь анализа можно сделать предположение, что в условиях еще более редких культур возрастные корреляции будут выше, соответственно выше будет и надежность ранней диагностики роста.

В связи с вышеизложенным можно сформулировать правильный ответ на вопрос о том, почему появляются различные «типы роста» у деревьев. Нельзя просто ответить: потому что деревья различаются по своим наследственным качествам. Более правильный ответ будет таков: причина появления различных типов роста – это воздействие фитоценотической обстановки и реакция генотипов на нее, обнаруживаемая нами через изменение характера роста; ее воздействие на каждое дерево различно, поэтому и обнаруживаются различия в характере роста отдельных деревьев. Различия в росте могут быть вызваны и генетическими причинами, однако сила их воздействия не установлена.

Аналогичный ответ можно дать и в отношении различий в росте древостоев при равных условия среды их выращивания. Полученные нами результаты (Рогозин, 1983) в целом обнадеживали и открывали перспективы в значительном сокращении сроков испытания потомства. Для повышения надежности ранних оценок семей некоторыми авторами предлагалось введение в оценку роста потомства дополнительных показателей (охвоенности побегов, количества почек и т.д.). Так, В.М. Роне (1980) рекомендовалось учитывать темп (индекс) прироста. Изучение этого вопроса нами показало, что введение в оценку роста дерева в 5-летнем возрасте его темпа роста с 4 до 5 лет не увеличило его корреляцию с размерами в 40 лет, а, наоборот, снизило ее до уровня, среднего между корреляцией роста в 4 и 40 лет и корреляцией в 5 и 40 лет. То есть «индекс прироста» В.М. Роне не повышает точность прогноза. Поэтому мы от него отказались и измеряли только общую высоту растений в семьях.

На основании изучения 10-18-летнего потомства семенных плантаций сосны и ели в Швеции (Samuelson, 1980) сделан вывод, что продуктивность культур, созданных из семян этих плантаций может быть превышена на 25%. Однако столь высокая эффективность, является, возможно, результатом длительной модификации, которая может быть подобна той, которая была выявлена при изучении влияния лесотипологического происхождения семян на рост потомства (Рубцов, Смирнова, 1976). Частично это подтверждают и некоторые опыты (Чудный и др, 1984), в которых было установлено, что прививка усиливает рост однолетнего потомства сосны на 56% по сравнению с потомством корнесобственных деревьев, а второе поколение прививок дает сеянцы худшего качества, но на уровне потомства корнесобственных деревьев. Это налагает некоторые дополнительные требования для выяснения действительного генетического выигрыша прививочных плантаций. По-видимому, необходимо сравнивать опытные семена не с обычными производственными сборами семян, а с семенами, полученными специально для контроля - на прививках от обычных деревьев. В этом случае различия в условиях развития опытных и контрольных семян будут устранены и длительная модификация, если она имеет место, будет в равной степени влиять на рост опытного и контрольного потомства.

В заключение следует отметить, что рассмотренная проблема достаточно сложна и относится к числу наиболее актуальных в лесной селекции. Оптимальные сроки оценки элитности основных лесообразующих пород до сих пор еще не выяснены. Не установлена степень влияния генотипа на появление различных типов роста. Неясен характер роста дерева в условиях конкуренции и относительно свободного стояния. Для решения этих вопросов необходимы глубокие и всесторонние исследования возрастных корреляций роста прежде всего в лесных культурах с различной густотой, изучение поведения быстро- и медленнорастущих семей и потомства в испытаниях с различной густотой выращивания. Можно полагать, что после изучения этих вопросов сроки оценки элитности материнских (плюсовых) деревьев могут быть значительно сокращены.

Так в общем виде обстояли дела с ранней диагностикой быстроты роста у хвойных пород на момент начала наших исследований в культурах ели, заложенных в начале 20 века главным лесничим имения графов Строгановых на Урале Ф.А.Теплоуховым.

4.4. Ретроспекция развития деревьев ели в культурах Теплоуховых

Сложный вопрос диагностики роста дерева можно выяснить путем ретроспективного анализа ствола уже взрослого дерева вначале в самых простых сообществах древесных растений, какими являются лесные культуры.

В качестве объекта для изучения данного вопроса желательны чистые высокопродуктивные лесные культуры, удовлетворяющие следующим требованиям:

- созданные одновозрастным посадочным материалом;
- с равномерным размещением посадочных мест;
- с максимальной сохранностью всех высаженных растений;
- в возрасте, приближающемся к возрасту рубки.

Такие культуры были обнаружены нами в 1983 г. в кв. 65 и 66 Сепычевского лесничества Сивинского лесхоза. По материалам лесоустройства участок культур площадью 42 га считался посадками ели 1920 года. Однако изучение срубленных моделей показало, что на нем представлено два участка: основной массив культур 1913 года площадью 38 га и примыкающий к нему участок культур 1916 года площадью 4 га. Участки расположены среди холмисто-увалистого ландшафта с лесистостью 50-60%, где вершины и пологие склоны холмов заняты полями, а понижения и лога елово-пихтовым лесом. В 2,0 км на север от участка до 1986 года существовала д. Фарафоны, а в 1,3 км на юго-восток – д. Петрухино. В последней, по свидетельству ее жителя Носкова Филарета Викуловича, в 1930-40-х гг. насчитывалось 40 дворов. В настоящее время ближайший населенный пункт – д. Катаевка (5,5 км) и д. Путино (10 км на восток).

Основной массив культур представляет собой четырехугольный участок старой пашни с шириной на севере 160 и на юге – 320 м, длиной 1280 м с уклоном на запад от 1 до 4°. На участке разместилось 600 рядов. Посадка проводилась 3-летними сеянцами по схеме 2,13×1,07 м (1 сажень между рядами и 0,5 сажени в ряду) и была настолько правильной, что спустя 70 лет прослеживалось расположение деревьев не только в продольном и поперечном направлении, но и по двум диагоналям. Культуры отличались высокой полнотой, продуктивностью и большим количеством сохранившихся растений, как живых, так и отпавших много лет назад. Участок рубкам ухода не подвергался из-за отдаленности и труднодоступности – как раз со стороны деревень дорога к нему проходила через заболоченные долины ручьев.

К основному массиву культур примыкали посадки, проведенные в 1916 г. на площади 4 га. Участок был дренированным, но плоским; при той же схеме посадки густота стояния живых растений оказалась меньшей (770 шт./га против 1200 шт./га). Вероятнее всего, после создания культур дополнения в них уже не проводили в связи с Первой мировой войной в отличие от основного участка, где такая возможность была.

Еще один участок культур ели площадью 10 га примыкал к основному с юга и был создан, по всем признакам, сплошным посевом семян по пашне в 1918 или в 1919 г. По-видимому, эта пашня была заброшена и оставшиеся в Очерском окружном лесничестве семена ели (возможно, многолетний страховой запас семян) были щедро здесь высеяны. Отсутствие прогалин и равномерная густота стояния деревьев никак не могли быть результатом естественного возобновления ели по пашне на такой большой территории, имеющей поперечник в 300 м; кроме того, в окружающих участок ельниках присутствовала пихта и густота в них была намного ниже и не была столь равномерной.

Для изучения соответствия размеров растений в раннем и старшем возрасте на модельных деревьях были выбраны основной участок культур 1913 г. и культуры, созданные посевом семян в 1919 г., в которых были заложены две пробные площади для определения таксационных показателей. Характеристика культур дана в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристика пробных площадей в культурах ели в кв. 65 Сепычевского лесничества Сивинского лесхоза

Показатели	Пробные площади	
	1	2
Год создания	1913	1919
Возраст на момент изучения, лет	78	70
Способ создания	посадка	посев семян
Схема размещения посадочных мест, м	2,13×1,07	вразброс
Число растений, шт./га:		
- в момент создания	4650	~12000
- в год учета, живых и мертвых	1870	5300
- в год учета только живых	1200	1944
Средний диаметр, см	21,1	18,2
Средняя высота, м	22,2	20,7
Класс бонитета	1,6	1,6
Средняя высота до живой кроны, м	15,7	13,8
Полнота абсолютная, $м^2$/га	43,6	50,7
Полнота относительная по стандартным таблицам: - для естественных древостоев (по Разину, 1977, с. 437) - для лесных культур (см. табл. 3.4)	 1,03 0,70	 1,25 0,84
Запас древесины, $м^3$/га	460	554

После перечета деревьев было намечено 5 классов (или рангов) диаметра, начиная с самых тонких живых деревьев (1-й ранг) и кончая самыми толстыми (5-й ранг). В каждый из рангов отбирали строго по 6 моделей. Поиск моделей в древостое имел важные особенности. Так, модельные деревья вблизи ПП 1 отбирали в возможно более плотном окружении, для чего вокруг модели закладывали пробную площадь с радиусом 3,2 м и учитывали диаметры живых, сухих деревьев и валежа. Условие отбора модели состояло в отсутствии пустых посадочных мест: в ряду более одного и в соседних рядах – более чем трех (из пяти). На втором участке пробы вокруг моделей не закладывали, но отбирали их с таким расчетом, чтобы на расстоянии 3-4 м от модели не встречались даже небольшие прогалины. При соблюдении этих условий на обоих участках отбирались деревья, которые с самого раннего возраста развивались в условиях конкуренции.

Перед рубкой на стволе дерева делали зарубки на высоте 30 и 130 см от поверхности почвы. Модель спиливали вначале на высоте 30 см, после чего разгребали подстилку, освобождая поверхность почвы, подрубали корневые лапы и делали нишу для введения шины бензопилы на уровне почвы. Затем спиливали пень на высоте 5 см от поверхности почвы. У модели измеряли общую высоту, высоту 10, 20 и 30 лет назад, высоту до живой кроны. После этого приступали к анализу поперечных спилов ствола на высотах 5, 30 и 130 см. У средних и толстых моделей обычно удавалось снять все измерения диаметров на спилах прямо на месте с точностью до ±0,1 мм. У тонких деревьев измерения проводили в лабораторных условиях.

Было изучено по 30 модельных деревьев на каждом участке, причем на первом участке провели повторный отбор и рубку некоторых тонких моделей, так как после подсчета годовых колец на высоте 5 см их возраст оказался меньше на 3-4 года и, вероятнее всего, это были растения, высаженные позднее в порядке дополнения культур.

Анализ полученных результатов показал, что на участке 1 на шейке корня одна модель имела 73 слоя древесины, четыре – 74 слоя, девятнадцать – 75 слоев и шесть моделей имели по 76 годичных слоев древесины (табл. 4.3). Среднее число слоев древесины на шейке корня на участке 1 составило 75,0, а на высоте 30 см – 71,4. То есть деревьям понадобилось в среднем 3,6 года для того, чтобы подняться в высоту с 5 до 30 см. На участке 2 эту же высоту деревья преодолели всего лишь за 1,9 года. Налицо послепосадочная депрессия роста на первом участке, где культуры были созданы

посадкой 3-летними сеянцами. По данной таблице мы установили довольно точно биологический возраст культур: 78 лет на первом и 70 лет на втором участке. Этот возраст получается, если считать высоту спила в среднем на высоте третьего годичного прироста растения в высоту.

Таблица 4.3 – Спилы у модельных деревьев в культурах ели

Участок 1			Участок 2		
Число годичных слоев древесины	Количество спилов, шт.		Число годичных слоев древесины	Количество спилов, шт.	
	на шейке корня (5 см)	на высоте пня (30 см)		на шейке корня (5 см)	на высоте пня (30 см)
70	–	4	64	–	3
71	–	14	65	–	19
72	–	8	66	3	8
73	I	3	67	21	–
74	4	I	68	5	–
75	19	–	69	I	–
76	6	–			
Итого:	30	30		30	30
Среднее число годичных слоев	75,0	71,4		67,1	65,2

На нижних спилах и на спиле на высоте груди измерялись диаметры в момент измерения и 10, 20, 30, 40, 50, 55, 60, 65-71 год назад. Соответствие размеров растений в раннем и старшем возрасте мы изучали путем сопоставления диаметров стволика растения в ранние годы с объемом ствола в 70-78 лет. У некоторых моделей удалось «добраться» даже до диаметра стволика в 4 года, однако полные статистические ряды начинались с диаметра в 7 лет на участке 1 и с 5 лет – на участке 2. По фактическим данным были рассчитаны коэффициенты корреляции между размерами растений в раннем возрасте и объемами стволов моделей в 78 лет на участке 1 и в 70 лет – на участке 2. Корреляции оказались весьма близки по значениям, в особенности в самом раннем возрасте (в 7-12 лет) и плавно повышались по параболической кривой, со средними значениями r = 0,32 в 5-6 лет, r = 0,50 в 7-10 лет, r = 0,60 в 11-13 лет и далее с несколько меньшими значениями r в культурах, созданных посевом семян (рис. 4.2). Однако видимые различия оказались статистически недостоверны, хотя таковые различия и предполагались до начала исследований.

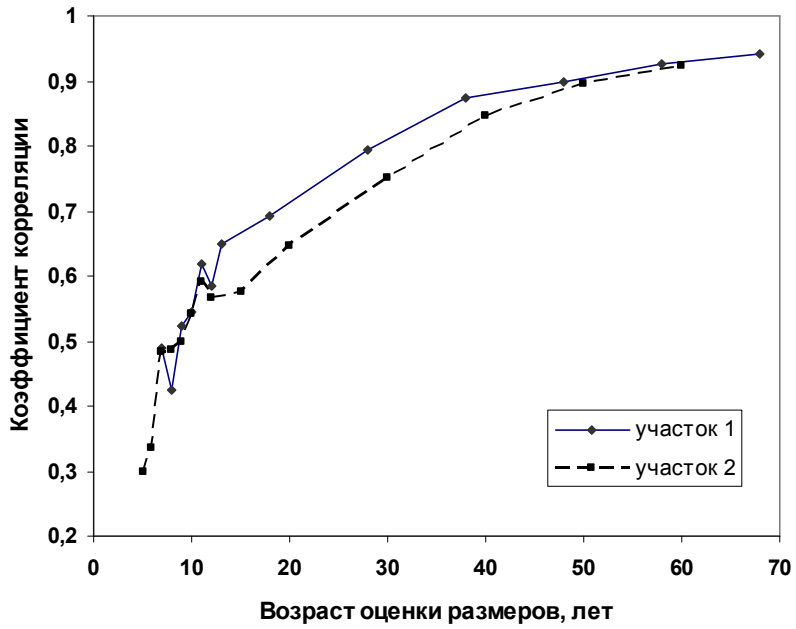


Рис. 4.2 – Соответствие размеров растений в раннем и старшем возрасте на модельных деревьях, отобранных в культурах, созданных посадкой в 1913 г. (участок 1) и созданных посевом в 1919 г. (участок 2).

Затем по всем ранним годам измерения диаметров на спилах рассчитывались средние значения, которые принимали за 100% и все измерения соответствующего года выражали в процентах от среднего. Преимущество таких относительных величин перед абсолютными в том, что данные разных выборок можно объединить в одну совокупность, если они значимо не отличаются одна от другой по некоторым статистическим показателям, например, по коэффициенту изменчивости. Различия по этому показателю между участками 1 и 2 оказались недостоверными для $t_{0,05}$ во все годы измерений диаметров на спилах и для дальнейшего анализа мы объединили эти выборки и получили совокупность из 60 моделей. Для 5-летнего возраста было получено поле корреляции из 30 точек (на участке 1 статистические ряды для этого возраста были неполными), а начиная с 7-летнего – поля из 60 точек.

Связь между размерами стволов характеризует коэффициент корреляции, который закономерно увеличивался от r = 0,30 в 5 лет до r = 0,65-0,70 в 20 лет (см. рис. 4.2). В каком же возрасте можно начинать отбор лучших растений? Прямого ответа на этот вопрос величина коэффициента корреляции не дает.

Для ответа на него необходимо решить, какие же «деревья будущего» нам нужны. Будем считать, что нам желательны растения, которые формируют стволы с объемами выше среднего значения. Тогда можно разделить поля корреляций на две части линией, проходящей горизонтально на уровне 100%. Лежащие выше этой линии точки можно считать «деревьями будущего» (рис. 4.3). Затем возникает следующий вопрос: из каких растений выросла эта лучшая часть древостоя?

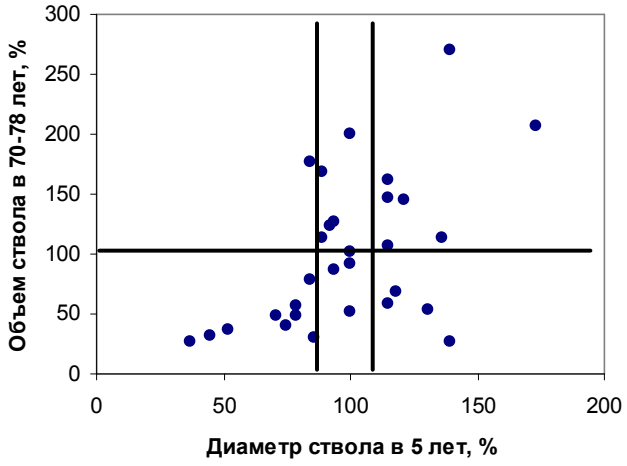


Рис. 4.3 – Соответствие размеров растений в раннем и старшем возрасте у модельных деревьев в культурах ели.

Если разделить модели по диаметру стволиков в ранние годы на три равные группы - тонкие, средние и толстые и проследить, какие деревья из них выросли, то мы узнаем, какая из групп вносит наибольший вклад в формирование лучших деревьев. С этой целью далее мы разделили поля корреляции на три вертикальных сектора так, чтобы в каждом было примерно равное количество точек. Так, для 5-летнего возраста в тонкой, средней и толстой группах оказалось соответственно 10, 9 и 11 точек (см. рис. 4.3).

Посмотрим, сколько крупных деревьев сформировалось из этих групп: из 10 тонких выросло 1 дерево (10%); из 9 средних - 5 (56%), из 11 толстых - 7 (64%). Мы намеренно упростили ситуацию для взрослых деревьев, разбив их всего на две группы по объему ствола (два ранга). Можно разбить их и на три ранга, однако это мало прояснит вопрос, усложнит анализ и, в конечном счете, будет давать ответ на тот же вопрос: из чего выросли деревья с желательными для нас размерами. Кроме того, проводимый анализ известен в биометрии как «анализ долей» и для него необходимы два условия. Во-первых, совокупность по результативному признаку делится только на две части: лучшую (желательную для нас) и худшую (нежелательную). Во-вторых, в градациях совокупности (в нашем случае это 3 вертикальных сектора) должно быть не менее чем по 10 наблюдений для доказательства различия на 30% между ними.

Метод анализа долей можно использовать и для прогнозирования. Так, если размеры взрослого дерева соответствуют его размерам в молодости, то это будет оправдавшийся прогноз с надежностью (вероятностью) 100%.

Из данных рисунка 4.3 следует, что надежность прогноза размеров для тонких растений составит 90% – из 10 таких растений 9 сформировали такие же тонкие стволы (стволы менее среднего объема). Для толстых в 5 лет растений надежность прогноза составит 64% - из 11 растений получилось 7 крупных деревьев. Для средних стволиков прогноз не ясен, так как 56% из них формируют крупные, а 44% – тонкомерные деревья.

При массовом отборе всегда возникает желание повысить его интенсивность и получить более впечатляющие результаты. Это может быть удаление соседей у дерева, выбранного как «самое крупное», с целью еще большего увеличения его прироста. В нашем случае это можно представить как отбор 1/6 части толстых стволиков у моделей и разделение для этого поля корреляции на шесть вертикальных секторов.

Результаты такого увеличения интенсивности отбора показаны на рисунке (рис. 4.4), анализ которого показывает следующее:

- надежность отбора тонких растений при делении на 3 градации составила 75%, а 25% растений сформировали крупные стволы; при делении на 6 градаций надежность отбора увеличилась до 90%, а 10% (1 растение) сформировало крупный ствол;

- надежность отбора толстых растений при делении на 3 градации составила 71% (15 растений из 21 сформировали крупные стволы); при делении на 6 градаций надежность увеличилась до 83% (10 растений из 12 сформировали крупные стволы).

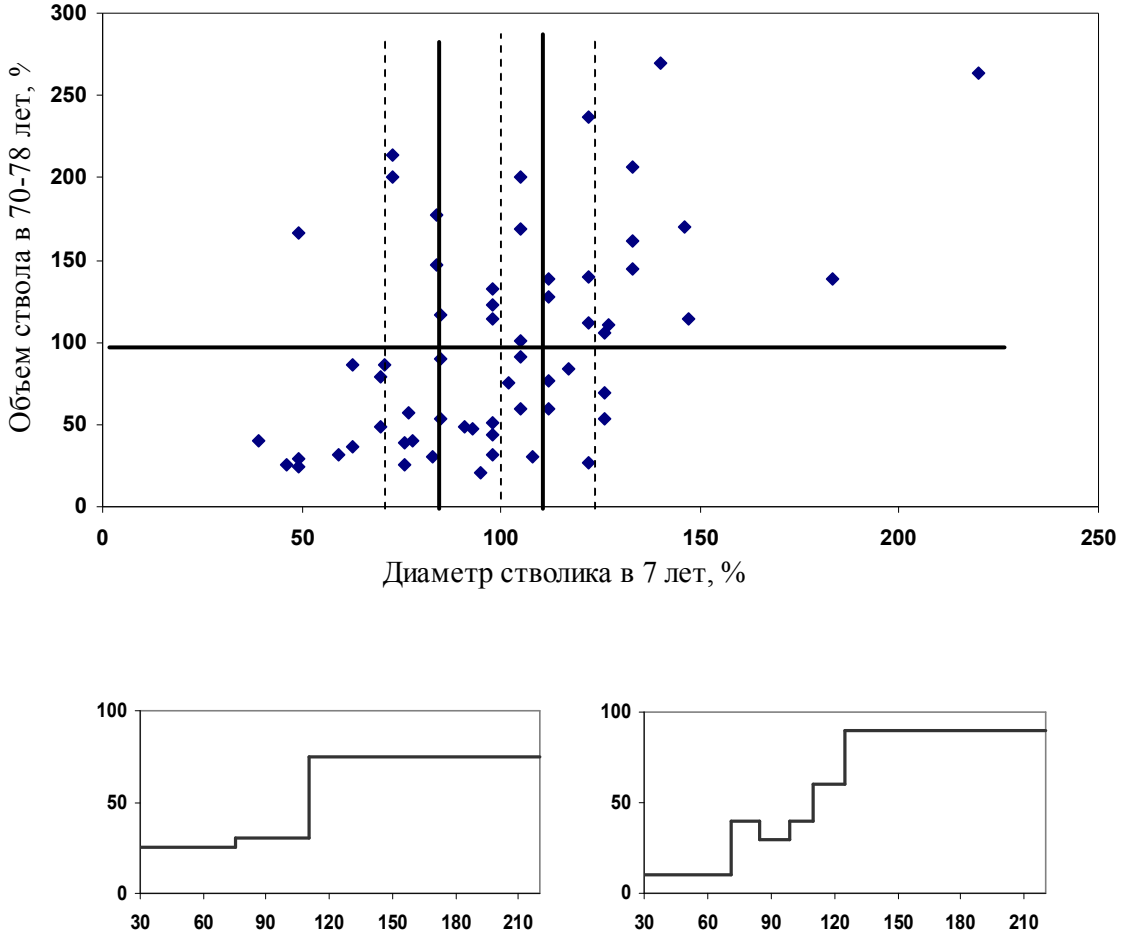


Рис. 4.4 – Диаметр стволика у ели в 7-летнем возрасте и вероятности формирования крупных модельных деревьев в 70-78 лет при разделении на три и шесть градаций по толщине.

Анализ всех полей корреляции становится более наглядным, если поместить полученные диаграммы для всех возрастов рядом попарно (рис. 4.5).

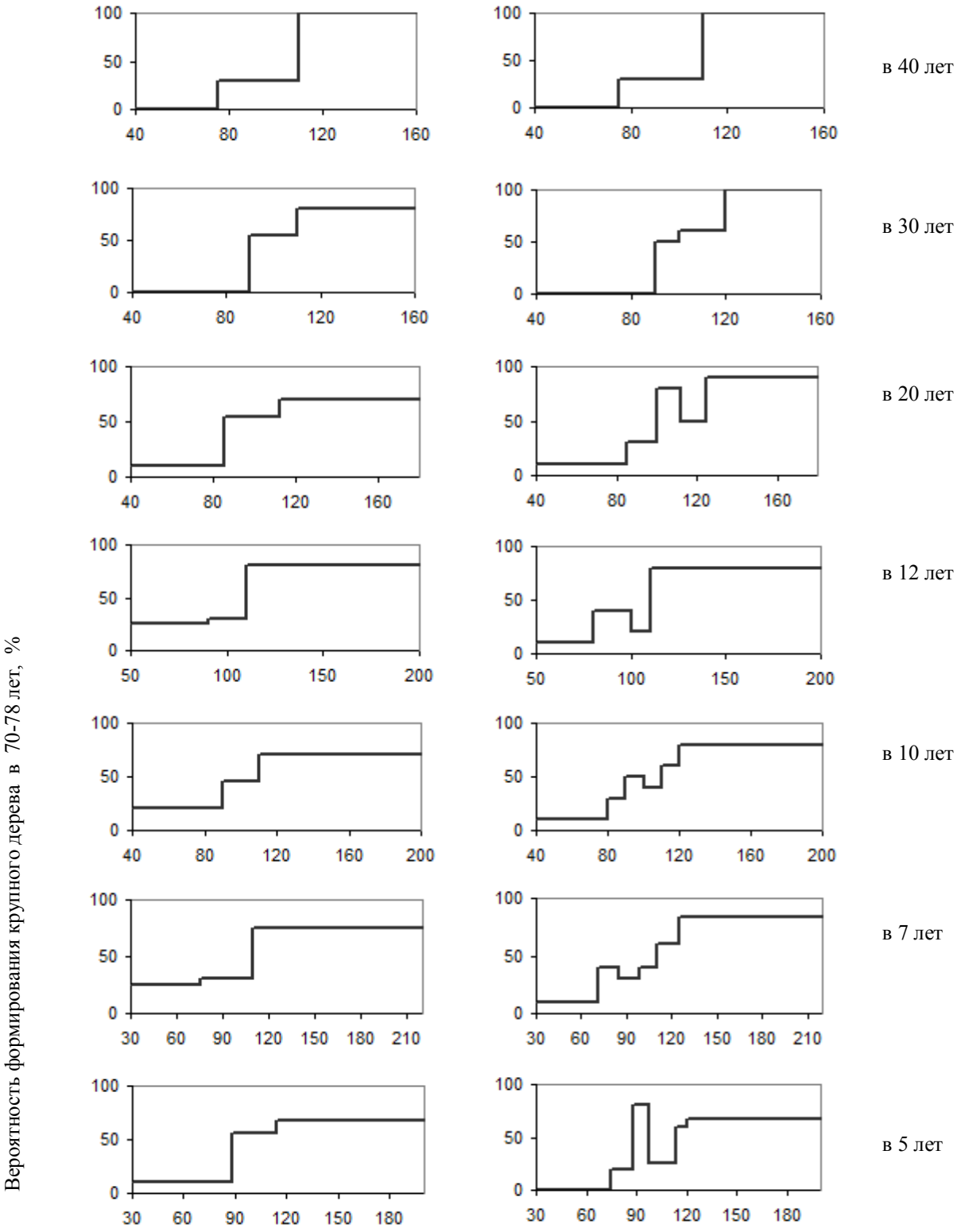


Рис. 4.5 – Диаметр ели в раннем возрасте и вероятности формирования крупных модельных деревьев в 70-78-летних культурах в условиях густого стояния деревьев, при разделении на три (слева) и шесть (справа) градаций по толщине.

В левой стороне рисунка 4.5 представлено разделение совокупности на 6 градаций, а в правой – на 3 градации. Из рисунка следует, что только в возрасте 30 лет и старше прогноз роста для тонких и толстых деревьев составляет 100%. Однако необходима ли нам такая точность, если в биометрии уровень безошибочного прогноза обычно принимают 95, а иногда 90, 75 и даже 50%? По-видимому, это зависит от целей работы и задача состоит в выяснении удовлетворяющей нас вероятности такого прогноза.

У наших моделей прогноз роста для 1/3 части толстых стволиков в 5-10 лет составил в среднем 71%, в 12-20 лет – 75% и в 30-40 лет – 90%; для 1/6 части толстых растений эти цифры возрастают до 79, 85 и 100% соответственно.

Здесь в рассуждениях необходимо учесть, что в культурах сохранилось в 1,56-2,73 (в среднем 2,14) раза меньше живых растений по отношению ко всем учтенным – живым и мертвым (см. табл. 4.2). Можно полагать, что отпад за 70 лет состоял примерно на 80% из тонких и на 20% - из средних по диаметру стволиков. В таком случае принятые нами для выборки из модельных деревьев частоты в градациях (1/3 или 1/6 от количества моделей) в первые годы роста культур были иными и составляли для трех градаций 15,6; 26,2 и 58,2%. То есть соотношение изменилось и доля тонких растений была тогда в 3,74 раза больше. Это можно представить в виде поля корреляции, где левый нижний угол был «заселен» точками гораздо плотнее, чем на наших графиках. Соответственно, положение среднего диаметра стволиков было сдвинуто влево. Поэтому нынешние критерии отбора по размерам для тех лет будут несколько завышены; более правильными будут критерии по интенсивности отбора, учитывающие отпад растений.

Для корректных расчетов можно принять, что количество тонких в прошлом растений с нынешними размерами диаметра на моделях в интервале от 40 до 70-84% было в 3,74 раза больше и поэтому прогноз формирования из тонких моделей крупных деревьев также понизится в 3,74 раза и составит, например, в 5-7 лет для тонких стволиков не 10-25 %, а не более 6,7%, а для самых тонких не более 2,7%.

Для толстых растений прогноз их роста сохранится, но доля их в первоначальном числе растений в культурах снизится, как и число живых растений, в 2,14 раза. В таком случае при отнесении растения в ранние годы к «толстым» их количество будет не 1/3, а только 15,6% и, соответственно, при отнесении к «самым толстым» не 1/6, а только 7,8%. Примечательна близость этих цифр к доле деревьев 1 класса Крафта в древостое, известная из классического лесоводства (8-15%).

Рассмотренные участки культур в период измерений имели относительную полноту 1,0 и 1,2 и значительное количества валежа и сухостоя говорило о том, что такая полнота сохранялась долгое время, возможно, с 30-летнего возраста, когда густота достигала 2-5 тыс. шт./га. Поэтому почти все тонкие растения в условиях будущей высокой конкуренции уже тогда следовало бы отнести к потенциальному отпаду (примерно 50%) и вырубить их. К возрасту предполагаемой рубки культур мы мало что потеряли бы – подавляющее их большинство сформирует тонкомерные стволы.

Общее представление о надежности отбора растений по их диаметру в раннем возрасте дает рисунок 4.6. Самое удивительное в результатах проведенного анализа оказалось то, что прогнозы в период от 7 до 20 лет практически не повышаются. Они как бы «сидят» на уровне в 70-80% до 20 лет, что хорошо видно на рисунке.

Такое явление тем более необычно, что несмотря на повышение коэффициентов корреляции с возрастом, соответствующие вероятности не растут. Объяснить это явление можно, если полагать, что в этот период растения никак не могут определиться с лидерами. При этом от лидеров требуется не только скорость роста, но и толерантность к конкуренции. Отсюда следует, что «продуктивность по биомассе» и «конкурентная выносливость» совсем не одно и то же и второе не всегда следует из первого.

Подобные процессы мы исследовали в культурах сосны обыкновенной и получили близкие выводы. Отбор в лидирующую часть древостоя у нее происходит в течение всей жизни, но решающим оказывается период после смыкания крон. Именно в это время в иерархии древостоя происходят наибольшие подвижки. В частности, при повышении густоты в рядах культур корреляции между высотами в 4-7 лет и размерами стволов в 29-

40 лет оказались достоверно ниже, вплоть до их отсутствия в отношении высоты (r =0,03-0,19) на одной из пробных площадей (см. табл. 4.1).

Толерантность к давлению соседей у части деревьев может не сочетаться с продуктивностью по биомассе. По этой причине некоторые особи снижают темпы роста, уступая место не самым продуктивным, но конкурентновыносливым экземплярам. Данное явление показывает, насколько могут быть важны для будущей производительности древостоя опережающие изреживания. Комфортные условия для развития каждого дерева стабилизируют ранговую структуру древостоя, что существенно повышает производительность как отдельных растений, так и древостоя в целом.

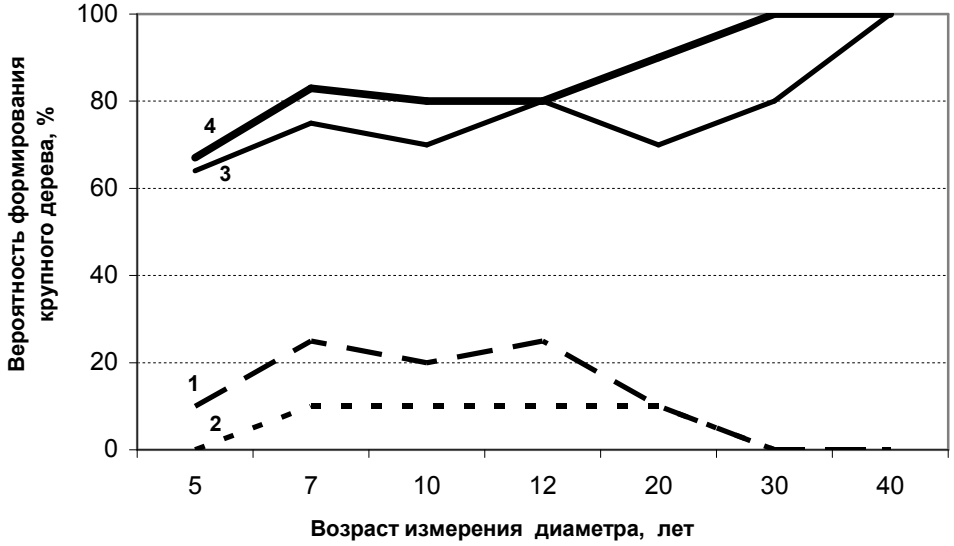


Рис. 4. 6 –Вероятности формирования крупных в 70–78 лет модельных деревьев из тонких (*1*), самых тонких (*2*), толстых (*3*) и самых толстых (*4*) стволиков в возрасте 5–40 лет

Выводы

Таким образом, изучение роста модельных деревьев в крупном массиве культур ели, созданных посадкой и посевом семян в 1913 и 1919 г. по схемам Ф. А. Теплоухова, позволила установить следующее. В 70-78-летних культурах ели с высокой относительной полнотой (1,0-1,2) и густотой, достигавшей 2-5 тыс. шт./га в 20-30 лет, при разделении моделей в раннем возрасте по диаметру стволика на 3 и 6 градаций, можно дать следующие ретроспективные вероятности формирования из них деревьев с объемом ствола выше среднего (крупных деревьев).

1. Для растений с толстыми стволиками (15,6% количества растений в раннем возрасте) ретроспективные вероятности формирования из них крупных деревьев составят: в 5 лет 64%, в 7-12 лет 70-80%, в 20лет 70%, в 30 лет 80% и в 40 лет 100%.

2. Для растений с самыми толстыми стволиками (7,8% количества растений в раннем возрасте) указанные вероятности возрастают: в 5 лет 67%, в 7-12 лет 80-83%, в 20 лет 90%, в 30 лет и далее 100%.

3. Тонкие растения (до 60% количества растений в раннем возрасте) в любом возрасте, начиная с 5-7 лет, имеют мало шансов (менее 7%) сформировать крупные деревья, а самые тонкие (30% всех растений) их почти не имеют (ретроспективная вероятность формирования из них крупного дерева 2,7%).

4. Ранняя диагностика размеров деревьев у ели сибирской по отношению к их размерам в 70-78 лет в культурах возможна при следующих надежностях прогноза:

- «мелкие» деревья (объем ствола ниже среднего) диагностируются в 5-7 лет по диаметру стволика менее 80% от среднего с надежностью прогноза 93-97%;

- «крупные» деревья (объем ствола выше среднего) диагностируются в 7-10 лет по диаметру стволика 110% и более с надежностью прогноза 70-75% и улучшением прогноза до 85% при отборе по диаметру 125% от среднего и более.

5. Планирование и методика эксперимента по изучению роста потомства

5.1. Программа эксперимента

Оценку продуктивности потомства обычно разделяют на три этапа.

Первый этап может быть назван «ранняя оценка» или «ранняя диагностика роста» и проводится у хвойных в возрасте до 20 лет (в 1 классе возраста).

Второй этап - «предварительная оценка» проводится во 2-3 классе возраста.

Третий этап – «окончательная оценка» проводится в возрасте, когда намечается рубка древостоя.

В свою очередь оценку продуктивности можно разделить на два вида: простая оценка роста (оценка средних размеров растений) и оценка продуктивности.

Оценка роста растений в потомстве предполагает простые операции по измерениям их размеров и расчетам средних характеристик: высоты и диаметра ствола, размера кроны, среднего объема ствола и их статистик. Она может проводиться на линейных делянках с малым количеством растений и осуществляется начиная с самого раннего возраста, включая период выращивания в питомнике и школе.

Оценка продуктивности потомства возможна только на больших делянках, по форме близких к квадратным и с количеством растений, образующих небольшой древостой. На такой большой делянке определяют основные таксационные характеристики древостоя (а не отдельных растений): запас древесины, полноту, класс бонитета а также и другие показатели, определяемые при оценках роста.

В первом случае возможна минимизация объема выборки, во втором выборки весьма велики, так как в каждой повторности необходимо получить, по существу, небольшой древостой (пробную площадь) с измерением примерно 100 деревьев.

Согласно Указаниям по лесному семеноводству в Российской Федерации (2000) размер делянки в испытательных культурах должен быть не менее 100 растений, высаженных в 3 повторностях. То есть объем выборки составит при посадке 300 растений и испытания нацелены на получение сразу второй оценки – продуктивности. Такая методика весьма затратная и необходима ее корректировка (Тараканов и др., 2001).

Оценка роста в условиях относительно свободного стояния возможна в небольшой период времени, ограниченный развитием растений до момента смыкания крон, в котором определяются индивидуальные способности к росту в условиях отсутствия конкуренции за свет (корневую конкуренцию мы не рассматривали). Например, это может быть оценка в возрасте до 4-5 лет в густой школе, до 15-20 лет в культурах с размещением растений через 1,0-1,5 м и примерно до 30 лет в культурах с размещением растений через 2,0 м. Далее начинается развитие растений в условиях конкуренции и ее давление по своим результатам на рост потомства может быть разным. Например, в линейных делянках потомство будет испытывать давление растений своей семьи в ряду и давление растений других семей от соседних рядов, а в квадратных делянках давление будет преимущественно от близкородственных потомков своей семьи. Реакция потомств на давление «своих» и «чужих» растений может быть самой разной и необходимо разграничивать период «до» и период «после» начала интенсивной конкуренции за свет.

Здесь важно понимание сущности процессов в развитии сомкнутых древостоев, в которых неумолимо действуют законы, описанные нами выше, и которые определяют реакцию большинства потомств на выращивание в условиях высокой густоты после смыкания крон как общее снижение темпов роста. Поэтому разграниченные нами выше *оценка роста* и *оценка продуктивности* вполне могут и не совпадать, так как реакция потомства на выращивание в условиях свободы и в условиях конкуренции будет разной у разных семей. В таком случае для правильного прогноза поведения потомства при выращивании в условиях плантаций нужны периодические разреживания и оптимальная

густота и полнота испытательных культур, определяемая для каждого потомства индивидуально после смыкания крон. В противном случае оценки будут искажены конкуренцией и неверны для выводимого сорта в целом. При этом оценка продуктивности в старшем возрасте (например, в 40 лет вместо 20) не будет более точной, если не выполнены разреживания; фактически при отсутствии регулирования полноты мы определим у лидеров не столько продуктивность, сколько их положительную реакцию на высокую конкуренцию, которая нежелательна при выращивании крупномерной древесины.

С учетом этих соображений программы сортовыведения для промышленных сортов древесных пород целесообразно разграничить на 2 этапа.

Этап 1. Закладка испытательных культур с максимально возможным количеством вариантов (500 и более) для ***оценки роста*** растений в возрасте 20-25 лет, с небольшим объемом выборки в каждом варианте, при 5-10 растениях на делянке и 5-8 повторностях опыта. Испытания закладывают 3 урожаями семян в 2-3 наиболее распространенных типах условий местопроизрастания.

Этап 2. Отбор лучших (быстрорастущих) по результатам этапа 1 происхождений и семей и закладка новых испытательных культур для о***ценки продуктивности*** потомства в разных условиях. Опыт включает большие делянки, регулирование густоты и полноты и определение запаса древесины в среднем и приспевающем возрасте насаждений. Количество испытываемых вариантов ограничивают примерно 100-150 семьями в надежде отобрать в конце испытаний не менее 50 лучших.

Мы отдавали себе отчет в ограниченности собственных трудовых ресурсов и приняли в качестве рабочей программу эксперимента для получения только предварительной оценки роста потомства, с измерениями начиная с 3-4 лет и заканчивая в 20-25 лет. При этом последующие испытания 2 и 3 урожая семян планировали с сокращением количества допускаемых к испытаниям потомств на основе уже полученных ранних оценок (так называемые конкурсные или ступенчатые испытания (Рогозин, 1983б).

Результаты нашего эксперимента можно оценить как значительное выполнение объемов этапа 1 в программе сортовыведения промышленного сорта ели сибирской для Среднекамского лесосеменного подрайона.

5.2. Планирование объема выборки в испытаниях потомства

Сортоиспытания семенного потомства основных лесообразующих пород должны выявлять варианты, которые в конкретных лесорастительных условиях растут лучше контрольных в высоту не менее чем на 10 % (Ефимов и др., 1989). В более поздних требованиях к результатам сортоиспытания данное требование было подтверждено.

Ниже рассматриваются принципиальные подходы к сортоиспытанию и отбору лучших потомств на примере сосны обыкновенной, исследования потомства которой предшествовали испытаниям потомства ели сибирской и послужили для последней отправным пунктом в планировании объемов выборки. Проведенные расчеты можно использовать как пример при работе с потомствами лиственницы, пихты, березы и других пород – семьями, потомствами популяций, происхождениями.

В общем виде условия отбора потомств выражаются формулой (по Цареву, 1984):

$$t = \frac{\overline{x}_n - 1{,}1 \cdot \overline{x}_k}{\sqrt{m_n^2 + m_k^2}} = \frac{\Delta}{m\Delta} \geq t_{0{,}05}, \qquad (5.1)$$

где t – критерий достоверности;

x_n; $x_к$ – средняя высота растений соответственно отбираемого потомства и контроля;

m_n; $m_к$ – ошибки высоты соответственно у отбираемого потомства и контроля;
Δ – разность (превышение над критерием отбора);
m_Δ – ошибка опыта; $t_{0,05}$ – критерий Стьюдента (для 95% вероятности).

Обычно данные условия стараются выполнить при каждом испытании нескольких потомств, которые после этого считаются быстрорастущими. Однако если расчеты сделаны для одного испытания, то и выводы справедливы только для одного конкретного случая — семян одного урожая, выращенных в конкретных экологических условиях. В серии опытов они усложняются, поэтому рассмотрим ошибку репрезентативности подробно.

m_Δ зависит не только от случайной изменчивости высот растений, но и от совокупности ошибок, вызванных разными причинами. Неодинаковые экологические условия, использование семян разных лет, пересадка растений вызывают изменения в росте потомств, а следовательно, и соответствующие виды ошибок: случайные ($m_{случ}$), экологические ($m_{экол}$), сортировочные ($m_{сорт}$), связанные с измерениями ($m_{изм}$) и репродуктивные ($m_{репр}$). Все они регистрируются одновременно и образуют ошибку репрезентативности, рассчитываемую на основе среднеквадратического отклонения в каждом потомстве следующим образом:

$$m_\Delta = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + \ldots m_i^2}, \qquad (5.2)$$

где m_1, $m_2 \ldots m_i$ – виды ошибок.

При заданном минимальном m_Δ можно планировать объем семей, спектр лесорастительных условий или число испытываемых репродукций, выбирая лучшую стратегию выведения быстрорастущего сорта. Дисперсионный анализ применим только в отдельном испытании, а для объединения результатов ряда опытов необходимы расчеты в относительных величинах (средние значения и ошибки, выраженные в процентах от контроля, т. е. от 100 %).

Средняя ***случайная ошибка*** высоты потомства, рассчитанная по нескольким независимым средним (по Н. Н. Свалову, 1977), равна:

$$m_{случ} = \frac{1}{n}\sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m \ldots m_n^2}, \qquad (5.3)$$

где n – число испытаний (блоков, плантаций, участков испытательных культур разных лет); $m_1, m_2 \ldots m_n$ – случайная ошибка в каждом испытании, %.

Из формулы 5.3 следует, что при проведении 2 испытаний средняя случайная ошибка оказывается в 1,41 раза меньше, при 3 испытаниях – в 1,73 раза, при 4 испытаниях – в 2 раза, при 5 испытаниях - в 2,24 раза меньше и т.д.

Экологическую ошибку можно задать до опыта априорно. Предположим, что отбираемое потомство имеет высоту не менее 110 % (критерий отбора). Более низкие деревья или происхождения в следующее испытание не включаются.

По нашим данным, максимальная высота некоторых семей сосны обыкновенной в 6-8 лет достигает 130-132 %. Будем считать, что высоты, равные 110 и 130 %, – предельные и встречаются редко (1 % случаев). Тогда согласно правилу "плюс-минус три сигмы" $\sigma = (130\text{-}110) : 6 = \pm 3{,}4$ %, где σ - среднеквадратическое отклонение. Этот приблизительный расчет не учитывает ряда распределения вариантов, который может оказаться логнормальным. Однако для упрощения расчетов полученная величина может

служить ориентиром. При планировании эксперимента важно учесть среднее (ожидаемое) значение ошибки. Принимаем, что при испытании в каких-либо одних лесорастительных условиях экологическая ошибка равна величине найденного среднеквадратического отклонения ($m_{экол}$ = ±3,4%), при испытании в двух условиях она снизится в $\sqrt{2}$ раз, трех – в $\sqrt{3}$ и т.д.

Ошибку сортировки рассчитывали следующим образом. Предположим, что в потомствах бракуется 20 % отставших в росте сеянцев. Однако неизбежны варианты, когда наличие небольшого числа растений объясняется низкой всхожестью семян, повреждением всходов, уменьшающих долю выбраковки до 10 %. Она может быть также увеличена (например, до 30 %) за счет отбраковки большого числа мелких особей.

Нами было изучено влияние таких отклонений при сортировке однолетних сеянцев. Посадочный материал выращивали 1 год в питомнике, затем пересаживали в школу без выбраковки в шести повторностях: в первую – 10 самых крупных экземпляров, в остальные также по 10 сеянцев, размеры которых постепенно снижались. В 3-летнем возрасте их средняя высота составила 214,8 мм, а в повторностях, соответственно, 231, 225, 223, 211, 206 и 193 мм.

Какая же ошибка в определении этого показателя возможна при разной интенсивности браковки? При наиболее часто применяемой 20 %-ной браковке было бы высажено 48 из 60 растений и их средняя высота оказалась бы (231·10 + 225·10 + 223·10 + 211·10 + 206·8):48 = 219,8 мм; в более редких случаях, при 10 %-ной браковке, высота 54 оставленных растений оказалась бы на 1,1 % меньше, чем при 20%-ной браковке, а при 30 %-ной она оказалась бы, напротив, на 1 % больше варианта с наиболее часто применяемой браковкой в 20%. Предположим, что случаи с отбраковкой менее 10 и более 30% сеянцев встретятся только у 5 % вариантов. Тогда пределы от -1,1 до +1 % будут не что иное, как пределы ±2σ (плюс-минус две среднеквадратических ошибки), откуда для одного испытания ошибка $m_{сорт}$ = (1,1 + 1,0) : 4 = ±0,52 %.

Ошибка измерения состоит из ошибок, вызванных разной глубиной заделки корневой шейки сеянца и округлением высоты при ее измерении. Будем исходить из того, что глубина заделки в 95 % случаев имеет пределы от 0 до 3 см и тогда средняя ошибка составит 3,0 : 4 = ±0,75 см (размах изменчивости дает плюс-минус две ошибки в 95% случаев). В 5 лет при высоте растений 40 см относительная ошибка для одного растения составит (±0,75 см : 40 см)·100 = ±1,9 %, а для семьи из 50 саженцев $1{,}9 \div \sqrt{50} = \pm 0{,}27$ %.

Ошибка при округлении высоты при ее измерении примем равной ±0,5 см, откуда средняя ошибка составит (0,5 + 0,5) : 4 = ±0,25 см. Для одного растения ее относительное значение будет равно (±0,25 см : 40 см)·100 = ± 0,62 %, а для семьи из 50 растений относительная ошибка при округлении высоты составит $0{,}62 \div \sqrt{50} = \pm 0{,}09$ %. Суммируя их, получаем $m_{изм} = \sqrt{0{,}27^2 + 0{,}09^2} = \pm 0{,}28\%$.

Репродуктивная ошибка возникает в результате неодинакового качества семян и ее расчет наиболее сложен даже в упрощенном варианте. Если под термином «потомство» понимать всю совокупность потомков дерева, полученных из семян урожаев за много лет, а под термином «семья» - потомство только одного урожая, то репродуктивную ошибку находят как среднюю величину, на которую отклоняются высоты семей от высоты потомства. Назовем ее семейной ошибкой ($m_{сем}$) высоты потомства. Однако она включает не только репродуктивную, но и среднюю случайную ошибку и ошибку сортировки. Тогда ее можно определить по формуле:

$$m_{репр} = \sqrt{m_{сем}^2 - m_{случ}^2 - m_{сорт}^2}, \qquad (5.4)$$

где $m_{сем}$, $m_{случ}$ – выборочные средние значения собственно семейной и случайной ошибок по формуле 5.3.

Расчет указанных величин можно начинать уже после испытания семенами двух урожаев. В этом случае для конкретного потомства известная формула для расчета ошибки средней выборочной величины в выборке из 2 значений примет следующий вид:

$$m_{сем} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{(\overline{x}_1 - M)^2 + (\overline{x}_2 - M)^2}{2-1}} \div \sqrt{2}, \qquad (5.5)$$

где N – число испытываемых репродукций (N=2); $\overline{x}_1$, $\overline{x}_2$ – высота семьи при испытании семенами соответственно первого и второго урожаев; M – средняя высота потомства.

Для расчета семейной ошибки нами использованы данные 3-5-летних испытаний потомства 164 деревьев сосны трех ПЛСУ. Для этого брали семена двух урожаев и испытывали их в одинаковых экологических условиях. В качестве примера приводим фрагмент результатов одного из опытов в таблице 5.1. Рассчитанное по формуле 5.3 значение $m_{случ}$ для потомства 1 составило $\sqrt{7{,}9^2 + 6{,}8^2 \div 2} = \pm 5{,}2$ мм. Значения $\overline{x}_1$ и $\overline{x}_2$ могут быть равны, и тогда семейная ошибка у какого-либо потомства может оказаться равной нулю. Но в среднем для выборки семейная ошибка оказывалась всегда больше случайной. В показанном примере $\overline{m}_{сем} = \pm 10{,}04$ и $\overline{m}_{случ} = \pm 5{,}05$ мм; в относительном выражении ошибки составили ±4,48 и ±2,25 % от средней высоты потомства.

Таблица 5.1 – Расчет среднего значения $m_{сем}$ и $m_{случ}$ высоты потомства сосны в испытаниях на быстроту роста двух урожаев Очерского ПЛСУ, мм (фрагмент)

№ потомства	$\overline{x}_1$ и $\overline{x}_2$	±σ	n, шт	±m	M	$\pm m_{сем}$	$\pm m_{случ}$
1	215,1/211,5	66,7/48,8	61/52	7,9/6,8	213,3	1,8	5,2
2	241,0/276,0	44,7/48,4	42/55	6,9/6,5	258,5	17,5	4,7
3	214,2/233,6	63,5/43,2	53/58	8,7/5,7	223,9	9,6	5,2
4…51	…	…	…	…	…	…	…
52	223,7/224,1	15,7/60,5	54/64	2,1/7,5	223,9	0,2	3,9
Объем выборки, шт					52	52	52
Среднее					224,08	10,04	5,05
±σ					-	6,21	0,68
$\pm\overline{m}$					-	0,86	0,09
±P, %					-	8,5	1,8

Примечание: в числителе – урожай 1982 г. $(\overline{x}_1)$, в знаменателе – урожай 1983 г. $(\overline{x}_2)$

Ошибка сортировки была принята нами выше для одного испытания ±0,52 %, для двух испытаний ±0,37 % (уменьшение в $\sqrt{2}$ раз). Имея все исходные данные для формулы (4), в которую из-за малой величины мы не включали ошибку измерения, можно определить среднее относительное значение репродуктивной ошибки для выборки из 52 потомств: $\overline{m}_{репр} = \sqrt{4{,}48^2 - 2{,}25^2 - 0{,}37^2} = \pm 3{,}86\%$.

Данное значение $\overline{m}_{репр}$ содержит статистическую ошибку. Рассчитаем ее, вычитая из средней семейной ошибки случайную ошибку. Средняя ошибка $(\pm\overline{m})$ для статистического ряда из 52 значений $\overline{m}_{сем}$ составила 0,86 мм, что дает точность ее определения в опыте 8,5% (см. табл. 5.1); для $\overline{m}_{случ}$ эта ошибка составила 0,09 мм, или

1,4 %. Вычитая из первой вторую, получим искомую ошибку опыта для репродуктивной ошибки: $\overline{m}_{репр} = \sqrt{0{,}86^2 - 0{,}09^2} = \pm 0{,}85$ мм, что по отношению к средней высоте потомства составит 0,38%. Запишем итоги расчетов репродуктивной ошибки для выборки из 52 значений в принятом виде: $\overline{m}_{репр} = \pm 3{,}86 \pm 0{,}38\%$.

Так как точность определения репродуктивной ошибки в данном опыте оказалась невысока и составила ±9,8%, то мы рассчитали ее подобным образом в потомстве еще двух ценопопуляций, на выборках из 50 и 62 потомств сосны Пермского и Левшинского ПЛСУ, где она составила ±3,68 ±0,62 % на первом и ±3,71 ±0,49 % на втором потомстве. В целом ее среднее значение по трем выборкам потомств составило $\overline{m}_{\text{репр}} = \pm 3{,}74 \pm 0{,}29$ %. Это значение применимо в планировании эксперимента для расчета объема выборки семьи и верно при испытании семенами двух урожаев, но возрастет при испытании одним урожаем до $\pm 3{,}74 \div \sqrt{1 \div 2} = \pm 5{,}29\%$ и снизится в $\sqrt{3 \div 2}$ и $\sqrt{4 \div 2}$ раза соответственно при испытании потомства тремя и четырьмя урожаями семян.

Для дальнейших расчетов полученные выше данные систематизированы ниже в таблице 5.2, где ошибки разделены на две группы. К первой отнесены те, которые зависят от числа опытов: экологические, репродуктивные, сортировки и прочие. Их сумму находили по формуле (2). Во вторую группу входят ошибки, обусловленные числом растений в одном потомстве *n* при среднем коэффициенте изменчивости высот *V*, равном 20 %. Вторая сумма ошибок регулируется подбором числа растений в потомстве уже более свободно, чем первая. Планируя опыт, необходимо подобрать такие значения сумм ошибок, которые приводили бы к выполнению следующего условия:

$$\Delta = m_{\Delta} t_{st} = \sqrt{(\Sigma m')^2 t_1^2 + (\Sigma m'')^2 t_2^2}\ , \qquad (5.6)$$

где Δ – наименьшая существенная разность (НСР) между высотой отбираемого потомства и критерием отбора, %;

m_{Δ} – ошибка НСР, %;

t_1 и t_2 – стандартные значения критерия Стьюдента для принятого уровня значимости при числе степеней свободы, определяемых числом испытаний (t_1) и числом растений в потомстве (t_2);

Σm′ и Σm′′ – суммы ошибок, зависимых соответственно от числа испытаний и числа растений в потомстве, %.

Σm′ и Σm′′ известны нам по вышеприведенным расчетам (см. табл. 5.2), остается определиться со значениями t_1 и t_2, которые зависят от выбора уровня значимости (или надежности оценок). Так, для госсортоиспытаний (ГСИ) уровень значимости следует принять на уровне 0,95, а для краткосрочных испытаний и простых оценок роста он может быть и ниже. При этом важно учитывать общую надежность (P) выделения лучших вариантов в испытаниях потомства:

$$P = P_1 P_2, \qquad (5.7)$$

где P_1 – надежность оценки, обусловленная возрастом, в котором проводятся измерения роста; P_2 – надежность оценки, обусловленная суммой ошибок в опыте.

Величину P_2 можно взять произвольно, что определит значения t_1 и t_2 в формуле 5.6 (желательно, чтобы P_2 = 0,90-0,95). Однако большую неопределенность содержит показатель P_1 . Наши исследования роста модельных деревьев сосны, а затем и ели в культурах показали (Рогозин, 1983, 2005), что P_1 можно принять на уровне 0,70 для 4–7-

летнего и 0,9–1,0 для 35–40-летнего возраста. При $P_1 = 0,70$ и $P_2 = 0,95$ общая надежность выделения лучших потомств в краткосрочных 4–7-летних испытаниях составит всего 66 %. Тогда для кандидатов необходимо заранее обговаривать их надежность, например 50, 60 или 75 %. Это будет означать, что из представленных на ГСИ 50 кандидатов соответственно 25, 30 или 37 успешно их завершат.

Для дальнейших расчетов примем $P_1 = 0,70$ и $P_2 = 0,75$. В этом случае, если для сорта-популяции требуется 50 деревьев-маточников (ДМ), то число деревьев-кандидатов (ДК) после краткосрочного испытания потомства составит:

$$ДК = ДМ : P_1P_2 = 50 : 0,70 \cdot 0,75 = 95 \text{ шт.}$$

Таблица 5.2 – Ошибки в определении средней высоты потомства сосны, зависимые от числа испытаний и числа растений в потомствах (возраст растений 3-5 лет), %

Виды ошибок	Число испытаний				
	1	2	3	4	5
Зависимые от числа испытаний:					
экологическая	3,40	2,40	1,96	1,70	1,08
репродуктивная	5,29	3,74	3,05	2,64	1,67
сортировки	0,52	0,37	0,3	0,26	0,16
прочие	1,00	0,71	0,58	0,50	0,32
Сумма ошибок Σm´	***6,38***	***4,52***	***3,68***	***3,19***	***2,02***
Зависимые от числа растений для:					
контроля при n = 400	1,00	0,71	0,58	0,55	0,32
глазомера при n:					
200	0,14	0,10	0,08	0,07	0,04
50	0,28	0,20	0,16	0,14	0,09
20	0,44	0,32	0,25	0,22	0,14
потомства при n:					
200	1,41	1,00	0,81	0,70	0,45
50	2,83	2,00	1,63	1,41	0,89
20	4,47	3,16	2,58	2,24	1,41
Сумма ошибок Σm´´ при n:					
200	***1,73***	***1,23***	***1,00***	***0,86***	***0,55***
50	***3,01***	***2,13***	***1,74***	***1,50***	***0,95***
20	***4,60***	***3,25***	***2,66***	***2,30***	***1,45***

В краткосрочных испытаниях нельзя изменить значение P_1, но можно регулировать величину P_2. Например, она может быть принята 0,75, 0,9 и 0,95, что соответствует $t_{0,25}$, $t_{0,1}$ и $t_{0,05}$. Из статистических таблиц эти значения критерия Стьюдента перенесены нами в еще одну таблицу, необходимую для расчетов (табл. 5.3). Подставляя значения критерия в формулу (5.6), получаем значение наименьшей существенной разности (НСР).

Например, при двух испытаниях, измерении 200 растений в каждом и $t_{0,25}$ НСР будет равна 11 %. Это значит, что при критерии отбора 110 % для достижения такой разности необходимо после двух испытаний отобрать потомства со средней высотой не менее 121%. При $t_{0,05}$ НСР составит 57,5% и будет нужен отбор вариантов со средней высотой 168,5 % и более, что совершенно нереально (см. табл. 5.3).

Из табл. 5.3 следует, что при последовательном снижении объема выборки в 4 раза и затем в 10 раз, с 200 до 50 и 20 растений в потомстве, НСР увеличивается весьма незначительно, всего на десятые доли процента при разных вариантах вероятностей t и увеличении числе испытаний с 2 до 10. Это объясняется тем, что сумма ошибок $(\Sigma m')^2$, умноженная на соответствующее t_1^2 в подкоренном выражении формулы (5.6), всегда в десятки раз больше, чем $(\Sigma m'')^2 t_2^2$. Более того, стандартные значения t_1 при небольшом числе испытаний (2-3) всегда значительно больше t_2 (в 1,4 - 6,4 раза).

Таблица 5.3 – Расчет НСР между высотами отбираемого потомства и критерием отбора для сосны обыкновенной в возрасте 3–5 лет, %

Показатели	Число испытаний			
	2	3	4	10
Σm´ в зависимости от числа:				
испытаний	4,52	3,68	3,19	2,02
растений в потомстве:				
200	1,23	1,00	0,86	0,55
50	2,13	1,74	1,50	0,95
20	3,25	2,66	2,30	1,45
Стандартные значения t_1 и t_2 при уровне значимости*:				
0,95	12,71 / 1,98	4,30 / 1,98	3,18 / 1,97	2,26 / 1,96
0,90	6,31 / 1,66	2,92 / 1,66	2,35 / 1,65	1,83 / 1,64
0,75	2,42 / 1,17	1,60 / 1,17	1,42 / 1,16	1,23 / 1,15
НСР при объеме выборки 200 / 50 / 20 растений в потомстве:				
$t_{0,05}$	57,5 / 57,6 / 57,8	15,9 / 16,2 / 16,7	10,3 / 10,6 / 11,1	4,7 / 4,9 / 5,4
$t_{0,1}$	28,6 / 28,7 / 29,0	10,9 / 11,1 / 11,6	7,6 / 7,9 / 8,3	3,8 / 4,0 / 4,4
$t_{0,25}$	11,0 / 11,2 / 11,6	6,0 / 6,2 / 6,7	4,6 / 4,9 / 5,3	2,6 / 2,7 / 3,0

Примечание: * - в числителе значения t_1, зависящие от числа испытаний, в знаменателе – значения $t_{2,}$, зависящие от объема выборки (при постоянном количестве в 50 растений в потомстве).

Все это в решающей степени определяет предпочтения в планировании эксперимента, а именно несравнимо большую значимость числа испытаний для снижения совокупной статистической ошибки перед другим планируемым параметром - объемом выборки в потомстве. Следует всемерно стремится к увеличению числа испытываемых урожаев семян в сочетании с максимально возможным количеством вариантов в них (потомств, семей). При этом, если планируется серия испытаний, то можно пожертвовать объемом выборки в каждом из них и сократить число растений в потомствах до минимума. Последняя мера не так сильно и значительно снижает достоверность различия в таких сложных опытах, как это принято считать.

Решающим в испытаниях является не число растений в семье, а число испытываемых урожаев семян (репродукций), в меньшей мере - число испытаний в разных экологических условиях и только затем уже статистическое различие между ростом потомств определяет общий объем выборки. Снижение последнего даже в 10 раз приводит

к небольшим изменениям. Так, при $t_{0,25}$, трех испытаниях и n = 200 растений НСР = 6 % и при снижении объема потомства до n = 20 растений НСР возрастает всего лишь до 6,7 %.

Конечно, это несколько повышает интенсивность отбора лучших семей. Поэтому нужны расчеты, где необходимо сопоставить затраты на получение исходного материала в виде образцов семян и затраты на закладку и проведение испытаний. Так, по нашим данным, в результате испытаний потомства 234 деревьев сосны в 5–6-летнем возрасте в двух экологических условиях нами получены следующие выравненные частоты наиболее высоких семей:

Высота семей, %	115	116	117	118	119	120	121	122	123
Частота, шт.	3,9	3,4	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2	0,9	0,5

При НСР равной 6 % и критерии отбора 110 % будут взяты все потомства высотой 117 % и более и 1,7 шт. семей с высотой 116,1–116,5 %, входящих в ступень высоты 116 %. Это дает в сумме 13,3 потомства и интенсивность отбора составит 0,057. При НСР, равной 6,7 %, интенсивность отбора возрастает до 0,047 или в 1,21 раза. Так как в конечном счете необходимо получить 95 деревьев-кандидатов, то в первом случае надо собрать семена и испытать потомства от 1670 деревьев (95 : 0,057 = 1670), а во втором – от 2020.

Кроме того, есть еще один способ снижения объема работ. Это «ступенчатые» испытания. Так, вначале испытывают потомство 2 тыс. деревьев и через 5 лет отбирают 500 лучших материнских экземпляров, затем после испытания в других условиях второго урожая - уже 250. С них собирают третий урожай и испытывают его, выделяя 95 деревьев-кандидатов, которые по трем опытам показали лучший результат. Общее число вариантов в испытаниях составит 2000 + 500 + 250 = 2750. Высаживая для варианта с объемом выборки n = 200 по 300 растений в семье, получаем общее число растений – 825 тыс. Если n = 20, то высаживаем по 30 растений в семье и необходимо в 1,21 раза больше исходного материала, т. е. 2750 ×1,21 = 3330 образцов семян и общее число высаживаемых растений составит всего лишь 100 тысяч или в 8 раз меньше против обычного «неступенчатого» испытания.

Следовательно, уменьшением числа высаживаемых растений в семье с 300 до 30 шт. мы сокращаем затраты на испытания потомства в 8 раз при незначительном (в 1,2 раза) увеличении средств на получение исходного материала. Соблюдая соответствующую интенсивность отбора, в обоих случаях достигаем одинакового конечного результата краткосрочных опытов – выделения 95 деревьев-кандидатов в сорт.

Таким образом, можно начинать сортоиспытания у лесных пород при меньших объемах выборки, чем это принято в настоящее время. В частности, можно ограничиться измерениями 20-30 растений в потомстве в пределах одного испытания при соблюдении условий полевого опыта и при условии, что это испытание никак не единичное, а представляет собой часть эксперимента в виде серии испытаний нескольких урожаев семян.

Подтверждение обоснованности полученных нами минимальных объемов выборки (20-30 шт.) впоследствии было получено независимым и совершенно другим способом расчетов в республике Коми для 10-летних испытательных культур сосны (Туркин, Федорков, 2007). В Латвии (Бауманис и др, 1975), в Швеции и Финляндии (Haapanen, 2002; Jansson, Danell, Stener, 1998; Mikols, 1993) уже давно закладывают испытательные культуры с представленностью 50-60 растений от семьи в одном опыте.

5.3.Методика и техника испытаний потомства

Испытания потомства лесных пород на тысячах делянок потребовали от нас разработки специального снаряжения для закладки полевых опытов, которое обеспечивало:

- выравнивание условий среды, при которых прорастают семена;
- однотипную технику выполнения работ;
- минимизацию ошибок при маркировке вариантов;
- быстрое картирование опыта.

Это позволило нам организовать испытания потомства с посевом семян и посадкой в испытательные культуры до 600 вариантов опыта в 6 повторностях за один весенний сезон (15-20 дней) бригадой из 4 человек.

Для снижения влияния среды и повышения доли влияния генотипа, который определяет всего лишь 6-10% изменчивости роста растений, условия выращивания посадочного материала максимально выравниваются. Проводится перемешивание пахотного горизонта почвы, точечный высев семян специальной сеялкой, равномерный полив, прореживание всходов и особые приемы пересадки сеянцев в школу и в культуры. Эти меры увеличивают долю генетической составляющей в изменчивости высоты у потомства и позволяют ей проявиться более объективно.

При посадке от одной семьи 50-60 растений появляется возможность ежегодно закладывать испытания для 200-300 семей малыми силами (2-3 человека). Основу техники составляет предварительная фиксация порядка высадки семей на делянки путем последовательной перевязки растений в рулон, состоящий, например, из 20 пучков сеянцев. Каждый пучок состоит из 10 растений одной семьи. Порядок освобождения и посадки пучков из рулона соответствует порядку размещения делянок в каком-либо ряду или части ряда в испытательных культурах. Обозначение этого ряда записывается на прикрепляемой к рулону бирке (рис.).

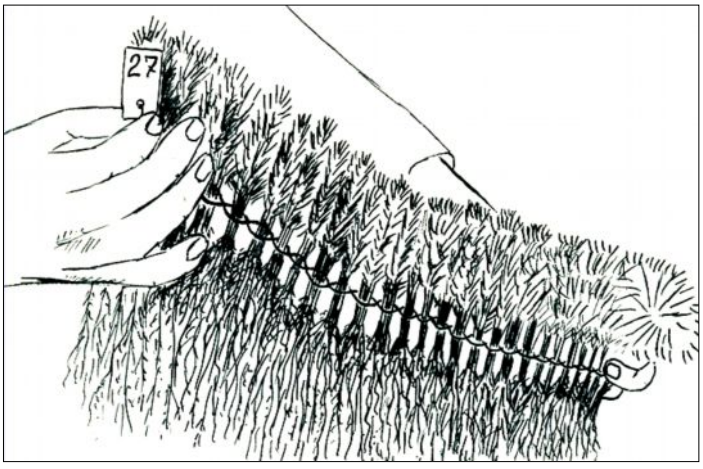


Рис. 5.1 – Увязка сеянцев в рулон (кассету) из 20 пучков по 10 сеянцев. Каждый пучок – это отдельное потомство, которое повторяется в других кассетах до 6 раз. Видна бирка с номером рулона. Бирку используют при составлении карты испытательных культур.

Посев семян проводят с таким расчетом, чтобы получить в потомстве не менее 80-100 сеянцев для одного испытания. Применяется обычно 4 повторности. При ежедневном орошении питомника грунтовая всхожесть семян, например, сосны обыкновенной всего лишь на 10-15% ниже лабораторной и норму высева семян принимают с учетом оптимальной густоты выращивания сеянцев.

Состав исполнителей работ не превышает 3 человек, если опыт тщательно продуман и заранее изготовлено простейшее снаряжение. Например, для опыта по испытаниям потомства, включающего 200 вариантов, 6 повторностей и 1200 делянок по 10 растений в каждой требуется следующее:

1. Специальная сеялка из 4 раздвигающихся желобов (рис. 5.2).
2. Маркер для выдавливания 5-6 посевных бороздок на грядке.

3. Комплект больших бирок с цифрами от 1 до 200. Они изготавливаются из пластин березового шпона или иного материала размером 25 х 50 мм (подойдет и ученическая деревянная линейка, разрезанная на отрезки). На бирках пишутся номера и они покрываются лаком.

4. Малые бирки с цифрами также от 1 до 200 на пластинах из шпона размером 10 х 80 мм. Число комплектов малых бирок определяется числом повторностей, в которых выращены сеянцы в питомнике.

5. Широкая доска длиной около 1,0 м для переноски выкопанных сеянцев.

6. Отрезки мягкой проволоки диаметром 0,2 мм с пластиковой изоляцией длиной по 1,5 м (подойдут жилы телефонного кабеля), в количестве 60 шт.

7. Короткий деревянный меч, покрытый эпоксидным клеем для изготовления лунок для временной прикопки пучков сеянцев на площадке рендомизации.

8. Бирки из алюминиевой фольги, прикрепляемые на рулоны пучков сеянцев в количестве 60 шт.

9. Устройство для выполнения сразу 10 лунок под сеянцы, если испытания закладывают в школе.

10. Маркировочный шнур, если испытания закладывают в лесных культурах.

Рис. 5.2 – Сеялка представляет собой 2 решетки, образованные четырьмя продольными рейками треугольного сечения и жестко скрепленные планками по краям: левая решетка сверху и правая – снизу. При вкладывании одна в другую они образуют желоба для распределения семян. Заполненная семенами сеялка переносится на грядку, верхняя решетка сдвигается, желоба раскрываются и семена падают в бороздки. В собранном виде сеялка показана на следующем рисунке.

На изготовление этого снаряжения требуется примерно 15 дней. Наиболее трудоемким является изготовление сеялки, но ее конструкция проста, а эффект значителен. При этом распределение семян в желобах сеялки и запись вариантов происходят в комфортном положении работающих – сидя за обычным или стоя за высоким столом. После заполнения сеялку переносят на грядку, желоба раздвигают и семена падают в подготовленные маркером бороздки. Высев семян происходит в течение 10-15 секунд сразу в 4 посевных строчки на 12 делянок (рис. 5.3).

Всем потомствам еще до высева семян в питомнике должны быть присвоены новые номера без каких-либо индексов, двойных обозначений и т.д. Если намечено высадить 190 семей и 10 вариантов контроля, то и нумерация у них на пакетах для высева семян должна быть от 1 до 200, для чего составляется шифровочная ведомость.

Для предотвращения образования корки на почве заделку семян после высева проводят сухим речным песком, взятым на пляже. При этом перед заделкой семена обязательно вдавливают в дно бороздок маркером, так как без этой операции сыпучий песок выбивает семена из бороздок или смещает их равномерное распределение. Кроме того, если не только заделывать семена песком, но и высевать семена на слой песка толщиной 0,5-1,0 см, взятого с глубины 0,5 м, то можно практически полностью предотвратить развитие полегания всходов сосны. Применение сеялки, маркера и заделка речным песком посевных бороздок позволяют получать идеально выравненные всходы.

При равномерном распределении семян в желобах сеялки результаты получаются похожими на результаты точечного высева семян (рис. 5.4).

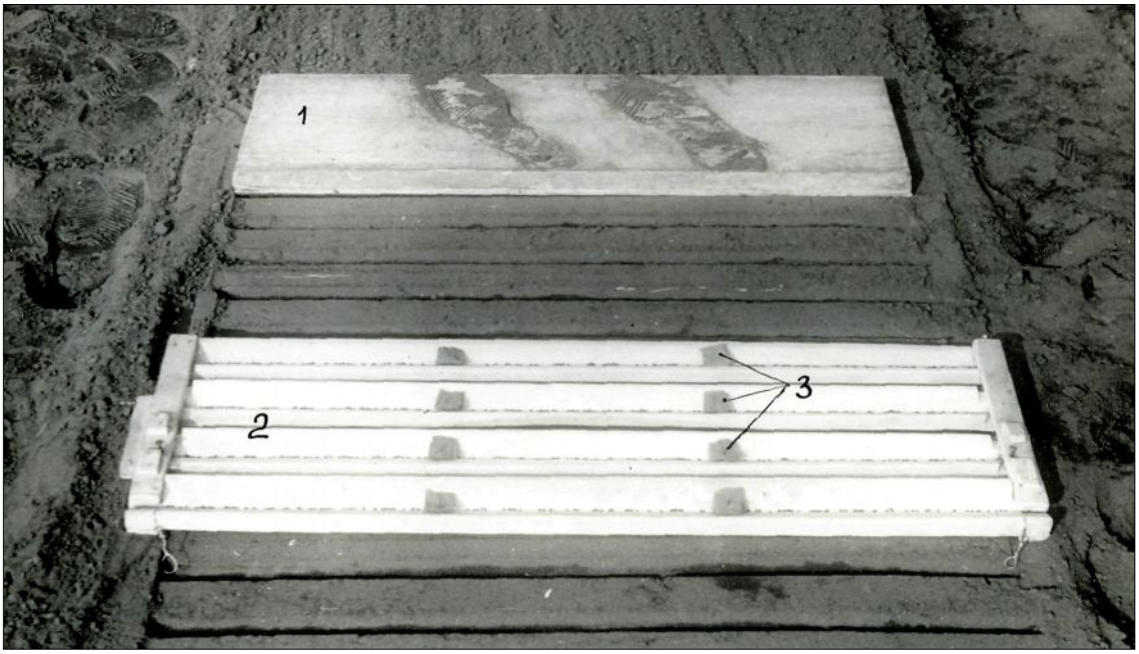


Рис. 5.3 – Маркер (1) и переносная ручная сеялка (2), состоящая из четырех раздвигающихся желобов. Куски поролона (3) разделяют места распределения семян для высева в делянки. Засев происходит сразу на 12 делянок. Фото 1984 г.

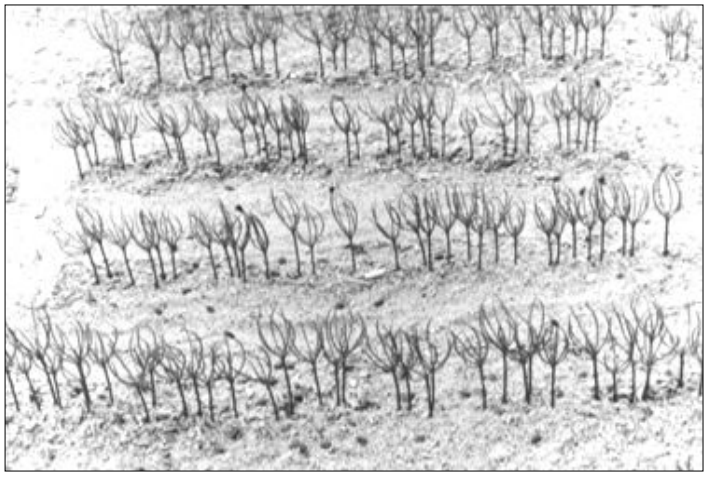


Рис. 5.4 – 30-дневные всходы сосны на делянках в орошаемом питомнике; посев проведен переносной сеялкой.

Перед началом полевых работ по выкопке посадочного материала малые бирки размещают в коробках в таком порядке, в каком были высеяны варианты опыта в питомнике. Малые бирки расставляют на грядке в местах посева семян соответствующего варианта (рис. 5.5).

Выкапывают сеянцы вместе с бирками и укладывают пучки на широкую доску раздельно по делянкам, чередуя корни и верхние части соседних уложенных пучков, затем разносят и прикапывают пучки вместе с малыми бирками у больших бирок с соответствующими номерами на специально оборудованной «площадке рендомизации» (рис. 5.6).

Эта площадка служит для случайного набора вариантов в опыт. На ней возможен набор вариантов и для других схем высадки на испытательном участке – линейной, спиральной, рассеянно-сбалансированной и т.д. Площадка является рабочим местом для сортировки сеянцев, разбивки их на пучки и перевязки в рулоны. Для прикопки сеянцев

на ней рыхлят полосы шириной 0,6 м и длиной 4-5 м, где прикапывают по 10 вариантов (см. рис. 5.6)

Рис. 5.5 – Делянки однолетних сеянцев с бирками перед выкопкой.

Рис. 5.6 – Работы на площадке рендомизации: сортировка сеянцев и разбивка каждой семьи на 6 повторностей с временной прикопкой.

После выкопки, переноски и прикопки сеянцев из всех повторностей питомника на указанной площадке сверяют соответствие номеров на всех малых и одной большой бирке и малые бирки собирают – они больше не нужны. Затем начинается сортировка сеянцев в семьях и разбивка отобранных для посадки растений на пучки по 10 сеянцев в каждом. С помощью короткого деревянного меча пучки прикапывают с таким расчетом, чтобы они легко вытаскивались без повреждения корней.

Обычно бракуется до 20-30% сеянцев. При этой работе обязательным условием является соблюдение одинаковой интенсивности сортировки во всех вариантах, в том числе и в контроле. Для устранения влияния субъективного фактора при сортировке варианты контроля зашифровывают случайными номерами и включают в общую нумерацию вариантов опыта.

Наиболее ответственная часть работы – увязка пучков сеянцев в рулоны. В соответствии с ведомостью размещения делянок в рядах будущих испытательных культур пучки сеянцев у соответствующих номеров вытаскивают из прикопки, укладывают на

широкую доску для переноски, подносят и укладывают прямо на землю перед рабочим, который их увязывает в рулон (кассету) друг за другом проволокой так, как это показано на рисунке 5.7.

Когда в рулон набрано 20 пучков или другое количество, заранее отмеченное в ведомости, проволоку закручивают и прикрепляют бирку из фольги с обозначением номера рулона, продавливая надпись шариковой ручкой. Эту работу лучше проводить вдвоем. Один увязывает пучки на специально оборудованном месте, где для защиты корней от иссушения ветром перевязку сеянцев проводят возможно ближе к земле (см. рис. 5.7). Второй человек вытаскивает и подносит пучки по порядку, сверяясь с ведомостью, которую помещают на временном высоком столе.

Рис. 5.7 – Перевязка пучков сеянцев тонкой мягкой проволокой с пластиковой изоляцией. До укладки на землю пучки вынимали из лунок на площадке временной прикопки по порядку, записанному в ведомости расположения будущих делянок в испытательных культурах (составленной заранее) переносили их и укладывали в том же порядке. Стрелками показано направление укладки и перевязки сеянцев в рулон (кассету).

Работа подносчика требует особенно четкой организации труда. Так, ведомость делянок помещают в полиэтиленовый кулек и прижимают к поверхности стола полосками свинца, чтобы она не загрязнялась и ее не унесло ветром. Одна из полосок свинца служит также меткой, которой подносчик последовательно открывает номера вариантов, от которых нужно принести пучки сеянцев. Если номера идут подряд, то за один раз можно принести сразу 6-8 пучков, помещая их между пальцами рук в таком порядке, чтобы после разжатия пальцев они укладывались перед перевязчиком сеянцев, допустим, слева направо. При случайном порядке номеров делянок хорошо запоминается только два номера; для лучшего их запоминания можно формировать пары из одной десятки, например: 36 и 39; 92 и 95; 115 и 119; 241 и 248 и т.д.

Готовые рулоны заматывают, обрубают излишне длинные корни и помещают в мешки с влажным опилом для транспотрировки на место посадки. Практика работы показала, что подноска и перевязывание пучков идет в очень высоком темпе. При этом у работающих возникает приподнятое настроение и желание поделится им с товарищем. Именно в этот момент и появляются ошибки в запоминании номеров вариантов, ошибки в помещении пучков сеянцев между пальцами, в укладке сеянцев для перевязки. Поэтому подноска и перевязка сеянцев должна производится молча, с минимальным количеством отвлекающих от работы комментариев, указаний и команд.

Выкопка из трех повторностей питомника 200-300 семей, сортировка сеянцев с отбором 60 растений в семье и разбивка их на 6 пучков обычно занимает 4 дня и еще один день уходит на сбор и увязку пучков в рулоны. Площадку рендомизации устраивают обычно на открытом месте. Так как почва взрыхляется и хорошо прогревается солнцем, то при температуре 20-25° и солнечной погоде уже на второй-третий день у прикопанных сеянцев начинается рост корней. Этого не наблюдается, если работы начинают сразу же после схода снега и оттаивания почвы. В связи с этим предпочтительны питомники с песчаной почвой и наличие воды в небольших ведерках, в которую обмакивают корни сеянцев при каждом их освобождении из земли.

Испытательные культуры могут быть созданы и при выполнении плана посадки обычных лесных культур. Необходимо выполнить лишь два условия: если подготовка почвы проведена бороздами или полосами, то они должны быть без пропусков и близки к прямолинейным.

Разметка посадочных мест в испытательных культурах производится в момент посадки. Для этого на маркировочном шнуре через каждые отмеченные на нем 10 посадочных мест укрепляется какой-либо сигнальный знак, например, лоскут яркой материи. Шнур натягивают по центру борозды, после чего рабочий мечом Колесова делает 10 лунок в 15 см справа от шнура против отмеченных на шнуре мест посадки. Когда на шнуре появляется лоскут яркой материи, обозначающий конец делянки, рабочий с мечом переходит на левую сторону борозды и делает следующие 10 лунок слева от шнура. Далее он возвращается на правую сторону борозды, делает лунки до лоскута материи, переходит опять влево и т.д. Таким пространственным смещением делянок относительно друг друга кодируется начало и конец каждой из них, в результате чего отпадает необходимость отмечать на местности их границы; делянки идут непрерывно одна за другой без каких либо промежутков между ними (рис. 5.8).

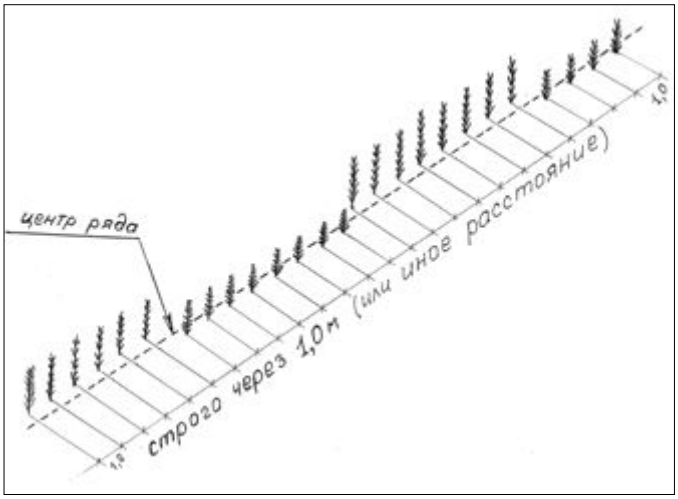


Рис. 5.8 – Посадка в испытательные культуры с фиксированным размещением посадочных мест и поочередным смещением линейных делянок относительно центра ряда.

При измерении высот растений спустя несколько лет маркировочный шнур иногда натягивают сбоку ряда для ориентации при значительном отпаде растений.

При избыточном количестве сеянцев можно проводить также посадку биогруппами из двух растений, но обязательно строго в 10 посадочных мест. При этом два растения высаживают в одно посадочное место на расстоянии 20 см друг от друга вдоль ряда. После измерения растений в 5-6 лет лишние экземпляры удаляют либо пересаживают в пределах делянки на место погибших биогрупп.

Когда связка из 20 пучков высажена, то оставшуюся проволоку вместе с биркой сматывают и «высаживают» рядом с последним растением. Такая отметка служит ориентиром при картировании делянок в культурах и постановке столбиков.

Если испытания проводят в школе, то сеянцы высаживают на грядки поперечными рядами по 10 шт. В первый ряд высаживают сеянцы первой делянки, во второй – сеянцы второй делянки и т.д. Для работы в школе мы изготовили специальное устройство для изготовления лунок (рис. 5.9).

Рис. 5.9 – Посадка сеянцев в школе. Устройство (1) состоит из доски с 10 деревянными мечами, покрытыми слоем эпоксидного клея. Деревянный меч (2) служит здесь для подправки осыпавшихся лунок. Боковой прилив из куска резинового шланга (3) выдавливает нишу для фиксации корневой шейки. Работник справа фиксирует корневую шейку, зажимая ее в край лунки.

При посадке сеянцев в лунки их корни обмакивают в воде и протаскивают по поверхности почвы. При этом к влажным корням пристают песчинки, корни становятся тяжелыми и вертикально входят в лунку. Так как почва рыхлая, то корневую шейку сеянца опускают ниже уровня земли на 25 мм, присыпают лунку почвой и, фиксируя вертикальное положение растения, зажимают почвой его стволик. Высадив несколько рядов, почву уплотняют ногами, стараясь не придавливать хвою к земле.

Устройство хорошо работает только на свежевспаханной почве, так как даже на слегка подсохшей почве края лунок начинают осыпаться. Для более точной заделки корневой шейки сеянца мы используем в указанном устройстве мечи с боковым приливом (см. рис. 5.9, позиция 3). Функция прилива – уплотнить почву и обозначить тем самым уровень фиксации корневой шейки. При этом стволик сеянца зажимают не в центре лунки, а там, где боковой прилив выдавил на почве уступ. Все это обеспечивает снижение ошибки заделки корневой шейки, о которой шла речь выше при планировании эксперимента. Благодаря использованию устройства ликвидируется излишнее уплотнение почвы в зоне роста корней, так как при выполнении всех операций рабочие находятся не на грядке, а на тропинках. Однако почва в зоне корней должна иметь некоторую оптимальную плотность, которая препятствует ее иссушению. Такая плотность создается после однократного утаптывания почвы между рядами после посадки.

Приживаемость школы достигает 98% (рис. 5.10).

Таким образом, простейшее снаряжение, устройства, техника и особые приемы проведения работ по закладке опытных питомников, последующая пересадка сеянцев и саженцев в испытательные школы и культуры обеспечивают в максимальной степени выравнивание условий среды для каждого растения начиная с момента появления всходов. Такая технология работ вызывает доверие к результатам испытаний на быстроту роста, в которых приветствуются любые меры, снижающие экологическую изменчивость и позволяющие проявиться в фенотипе растения его наследственным задаткам к быстрому росту.

Рис. 5.10 – Испытания 234 семей сосны на быстроту роста в школе в питомнике Нижне-Курьинского лесничества. Посадка проводилась с помощью специального устройства для приготовления лунок. Фото 1986 г.

6. Изучение потомства ели из культур Теплоуховых

6.1. Исходный материал и испытательные культуры

В данном разделе освещены вопросы методики история выделения плюсовых деревьев, особенности заготовки образцов семян для испытаний потомства, местонахождение выбранных для изучения потомства насаждений и схемы испытательных культур.

6.1.1.Выделение плюсовых деревьев

Исследования ели в Прикамье применительно к ее селекции начались в 1970-е годы, когда впервые были описаны формы ели и разработаны рекомендации по селекционной оценке ее деревьев и насаждений (Попов, 1971; Мурыгина, 1975). В 1973 г. институтом «Союзгипролесхоз» был разработан и первый проект по организации лесосеменного хозяйства в Ильинском лесхозе и отобраны первые плюсовые деревья в Ильинском, Лысьвенском, Октябрьском и Кунгурском лесхозах. В 1979 г. при Пермском управлении лесного хозяйства организуется лесная производственная селекционная станция (ЛСПС) под руководством Л.В.Созина, которая просуществовала до 1993 г.

Развитие лесной селекции в Прикамье имело ряд особенностей, так как Пермские леса оказались уникальными в отношении прошлого лесокультурного опыта.

В бывшем владении графов Строгановых культуры ели были заложены на площади более 1 тыс. га. Многие участки культур сохранились в виде крупных массивов и отличались редкостной продуктивностью, развивались по 1-2 классам бонитета и в 60-80 лет давали запасы 500-620 $м^2$/га, что в естественных ельниках наблюдалось крайне редко (Прокопьев, 1978, 1981).

Институт Союзгипролесхоз, учитывая высокую продуктивность культур, начал включать их в объекты своих изысканий и в Сивинском лесхозе в 1983 г. отобрал в них 27 плюсовых деревьев ели и 74 - сосны.

Культуры лесничих Теплоуховых закладывались местными семенами. В майорате Строгановых управление лесными делами проводилось по лесным округам. Леса нынешних Ильинского, Сивинского, Верещагинского, Очерского, Оханского, Большесосновского, Осинского районов относились к Очерскому окружному лесничеству и в современном районировании они относятся к одному лесосеменному подрайону – Среднекамскому. Какого либо упоминания об использовании семян из отдаленных географических районов и других лесных округов майората в литературе нет (Малеев, 1987; Чернов, 1995).

В начале 1980-х годов в лесовосстановлении появилась идея о выращивании ели на балансы для нужд целлюлозно-бумажной промышленности на специальных плантациях с коротким (до 55-60 лет) оборотом рубки. Как нельзя лучше культуры Теплоуховых отвечали этой идее не только как прототип технологии выращивания, но и как источник семян. В то же время высказывались предположения и опасения о снижении генетического разнообразия в лесных культурах, однако до настоящего времени нет исследований, которые убедительно доказывали бы его существенное и значимое снижение в репродуктивной части древостоя, которую обычно принято относить и к наиболее развитой. Возможно, эти опасения напрасны. Во всяком случае, применительно к плантационному выращиванию, оптимальные условия для развития растений в культурах направлены на реализацию у дерева именно тех задатков, которые как раз и необходимы для выращивания продуктивных древостоев.

В специальном письме Минлесхоза РСФСР № 4-59/223 от 11.04.83 г. были изложены требования к плюсовым деревьям целевого назначения, согласно которым к таким деревьям не предъявляются высокие требования прямизны и хорошей очищаемости

ствола от сучьев. Наши наблюдения показали, что в культурах ели сухие сучья не опадают до 90-летнего возраста.

Когда требования к толщине сучьев и их очищаемости были сняты, то размеры отбираемых плюсовых деревьев целевого назначения резко увеличились: превышение над средней высотой составило в среднем 31% против 22% у плюсовых деревьев комплексного назначения (Рогозин, Созин, 1990). Всего в 1983-1987 гг. с нашим участием было выделено и аттестовано 140 плюсовых деревьев ели в культурах, среди которых более половины были плюс-деревья для плантационного выращивания. Были найдены и особенно крупные 12 деревьев, превышающих среднюю высоту 50-74-летних культур на 36-44% и средний диаметр этих культур на 80-116% (рисунок 6.1).

Рис. 6.1 - Плюсовое дерево целевым назначением для плантационного выращивания потомства с превышением диаметра на 80% и высоты – на 36%. Культуры ели 1913 г. в кв. 65 Сепычевского лесничества (культуры Теплоуховых)
Фото 1985 г.

На всех участках культур, где выделялись плюсовые деревья, закладывалась пробная площадь по ГОСТ 16128-70 с перечетом не менее 200 диаметров и 20 высот деревьев, рубились модели для определения возраста культур. В культурах восстанавливали схему посадки и начальную густоту древостоя по сохранившимся остаткам растений в посадочных местах. По отношению к полученным на пробной

площади средним таксационным показателям диаметра и высоты рассчитывали основную характеристику отбираемых плюсовых деревьев – превышение высоты и диаметра (селекционный дифференциал). Кроме того, при заготовке шишек с плюсовых деревьев в в радиусе 3,3 м вокруг них закладывали мини-пробу с определением диаметров всех сохранившихся стволов и их остатков и наносили их на схему для оценки конкурентного давления на плюсовое дерево в прошлом и в настоящее время.

В отличие от культур в естественных насаждениях плюсовые деревья чаще выделялись по упрощенным методикам их отбора. Отбор проводили сотрудники института Союзгипролесхоз и расчет превышений плюс-дерева проводили относительно окружающих дерево соседних деревьев той же породы (иногда всего 4-6 деревьев). Такая техника отбора применялась на больших территориях в смешанных лесах, которые находились вблизи поселений и были в прошлом пройдены выборочными рубками. Это снижало качество отбираемых деревьев.

К 1985 г. в Пермском крае имелось в наличии около 500 плюсовых деревьев ели в 9 лесхозах, из которых 110 были отобраны в культурах. В 1986 г. в летний период и осенью непосредственно во время заготовки семян в культурах были выделены еще несколько десятков кандидатов в плюсовые деревья.

Таким образом, в период отбора плюсовых деревьев была поставлена и решена задача - сформировать большие выборки плюсовых деревьев из культур и из естественных насаждений для сравнения в последующем их потомства. В качестве рабочей гипотезы предполагалось, что по своим наследственным задаткам плюс-деревья из культур окажутся более высокого качества и среди них будет больше матерей, дающих быстрорастущее потомство.

6.1.2.Заготовка семян

В нашем распоряжении на момент начала планирования самых первых инициативных опытов по изучению потомства ели в 1983 г. имелись образцы семян, заготовленных в урожайном 1982 г. от 44 плюс-деревьев ели Левшинского лесничества (ныне участковое лесничество Пермского городского лесхоза). Однако данное количество деревьев было недостаточно для постановки масштабного опыта, в котором можно было бы применить интенсивный отбор семей и получить значительный селекционный сдвиг.

В разделе планирования эксперимента выше было доказано, что в испытаниях потомства семенами первого урожая потребность в посадочном материале невелика и для закладки двух испытаний (основного и страховочного) от каждого дерева достаточно примерно 120-200 стандартных сеянцев. Если полагать, что грунтовая всхожесть семян составит 70%, количество годных для пересадки стандартных сеянцев – 50% и сохранность опытных посевов окажется не ниже 75%, то необходимое количество семян в образце от каждого дерева составит 200 : 0,70 : 0,50 : 0,75 = 760 шт. семян.

На Среднем Урале среднее число семян в 1 шишке у ели составляет 117 шт. с колебаниями от 65 до 142 шт. (Попов, 1984). Число семян в шишке зависит от ее длины и можно полагать, что в среднем с одного дерева достаточно собирать 760 : 117 = 6 шт. шишек, увеличивая сбор до 11 шт. при мелких и сокращая до 5 шт. при крупных шишках.

Первая же опыты по заготовке шишек путем сбивания их дробью из охотничьего ружья показали, что такое их количество можно получить простым отстрелом обычной дробью № 2 за два – шесть выстрелов. Заранее нами было закуплено 2 тыс. шт. патронов и в августе оформлены на работу 2 охотника, для которых в инспекции по охоте были оформлены разрешения на право находится с охотничьим оружием в соответствующих районах области и в зеленой зоне г. Перми на период с 20 августа по 30 октября 1986 г. Работа осуществлялась бригадой из двух - трех человек, из которых один производил стрельбу, а другие собирали упавшие шишки. Применяли охотничьи ружья 12-16

калибров, у которых для снижения отдачи в основание приклада прикручивали полоски свинца общим весом 500 г.

Опыт работы показал следующее. Вначале мы осматривали размещение шишек в кроне, используя бинокль. Стрельба становилась эффективной, если в зоне поражения дробью (круге диаметром 0,5-0,6 м^2 на расстоянии 35 м) находилось не менее 15 шишек. Они могли размещаться гроздьями и одиночно. Отстрел отдельных веток, даже с большим количеством шишек, был не результативен. Специальная стрельба по ним редко приводила к успеху. Обычно дерево признавали годным для отстрела шишек при втором и выше баллах плодоношения.

При выборе места для стрельбы охотник отходил от дерева на 10-20 м и старался совместить в прицеле сразу несколько веток с шишками. Сборщики шишек становились сбоку от стрелка и после выстрела запоминали места падения шишек. Примерно в половине случаев находили сбитые старые шишки, либо концы веточек. Хорошо различить, что падает, можно было в конце августа, когда шишки были еще сырые и падали с большей скоростью. Обычно на обработку одного дерева уходило от 5 до 15 минут.

Отстрел проводили в любую погоду и даже в дождь, за исключением тех случаев, когда кроны были покрыты снегом (тогда после выстрела с ветвей падал снег и лед и отыскать места падения шишек было трудно). Попадание в саму шишку не сбивало ее. Она падала только в том случае, если перебивали ее черешок – веточку толщиной 2-3 мм.

Наиболее результативным был отстрел шишек с молодых деревьев. Так, в культурах ели 50-летнего возраста было отобрано 14 кандидатов в плюсовые деревья высотой 21-24 м. Потребовалось всего 39 патронов с дробью № 4, чтобы заготовить с каждого из них по 8-16 шишек. С другой стороны, при работе с деревьями выше 33 м расход патронов возрастал до 7-10 шт. на дерево и стрельба была результативна только дробью № 2 по шишкам в средней части кроны. Работа требовала определенного навыка, так как за день иногда производилось до 200 выстрелов. После выстрела ружье отдавало почти отвесно вниз и поэтому стрелок должен был возможно сильнее прогибаться назад. В ряде случаев оказалось удобным стрелять лежа с упором приклада мимо плеча в землю. Каких-либо различий в результатах отстрела из ружей 16- и 12-го калибра не было выявлено, хотя из каждого было сделано более тысячи выстрелов за сезон.

Заготовку шишек лучше всего начинать в последней декаде августа, когда шишки побуреют. В 1986 г. были крайне холодные лето и осень. Однако несмотря на это, всхожесть семян из шишек, отстрелянных 18 августа, составила 98% ; при этом шишки дозревали в течение месяца в сухом помещении. Ранний отстрел в условиях Урала предпочтителен, так как даже в такое холодное лето после трех дней теплой сухой погоды 17 сентября в Кунгурском лесхозе 30% деревьев было обнаружено уже с раскрывшимися шишками и сбор урожая с них был бесполезен. Это было самое южное место заготовки. Большая же часть деревьев находилась севернее на 90-160 км и выпадения семян у них не наблюдалось.

Заготовить образцы шишек у всех плюсовых деревьев не удалось, так как в среднем 27% деревьев плодоносили слабо (0,5 балла) либо не имели шишек совсем. Урожай у ели в Пермской области в этот год в целом характеризовался как средний. За два месяца работы отстрел шишек осуществляли в течение 27 дней, остальное время было занято переездами. Всего мы отстреляли шишки с 525 деревьев различных селекционных категорий, из которых 369 были аттестованные плюсовые деревья, 84 - кандидаты в плюсовые деревья, 40 - нормальные и 32 - минусовые деревья. Получено в среднем по 700 шт. семян с одного дерева, с колебаниями от 300 до 1300 шт. Спустя 2 года в теплице мы вырастили по 40-110 сеянцев в семье. Получение меньшего против расчетного числа сеянцев объяснялось низкой грунтовой всхожестью семян у некоторых образцов. Это было учтено при посеве семян в питомнике, проведенном в 1998 г.

При оценке рассмотренного способа заготовки шишек у специалистов возник вопрос: значительны ли повреждения деревьев? Для его выяснения была создана комиссия в составе лесничего Пермского лесничества Свинина С.П., начальника лесной семеноводческой производственной станции Созина Л.В. и старшего научного сотрудника лаборатории лесоведения Пермского госуниверситета Рогозина М.В. Через год после заготовки шишек комиссия осмотрела 39 плюсовых деревьев, из которых на 23-х заготовку вели рабочие - верхолазы, а на 16 деревьях шишки отстреливали из ружья, по 5-11 шт. Оказалось, что из первых 23 деревьев 3 дерева (13%) имели по 3-5 обломанных полностью ветвей первого порядка. На 16 деревьях, с которых шишки отстреливали, какого-либо повреждения ветвей не обнаружено даже с помощью бинокля. Почему же повреждения во втором случае оказались столь незначительны? По-видимому, объяснить это можно довольно просто. Известно, что стрельба по дичи эффективна на расстоянии до 35-40 м; но именно на таком расстоянии, где ударная сила дробинок ослабевает, и расположены шишки. Поэтому, отстреливаются только самые тонкие окончания веточек и черенки шишек, что не приносит ощутимого вреда кроне. Иногда нам удавалось отстреливать ветку толщиной до 6 мм, но это происходило только в том случае, если в нее попадало рядом 2 дробинки. Одиночные же попадания царапают, но не перебивают такие ветви. Попадание дроби в ветви толщиной 3-6 мм можно считать, по-видимому, заметным повреждением, однако вероятность последнего мала по нескольким причинам. Во-первых, эти ветви закрыты хвоей, окончаниями более тонких веточек и шишками; во-вторых, площадь их очень мала в сравнении с зоной поражения дробью. Последняя составляет примерно 5000 $см^2$, на которую попадает 550 дробинок (пять зарядов дроби № 2) или 550:5000=0,11 шт. /$см^2$. Стрельба ведется по двум-трем ветвям первого порядка, которые несут в зоне поражения дробью 10-20 ветвей второго порядка толщиной 3-6 мм и длиной 10-20 см. Площадь проекции одной такой ветки составит примерно 7 $см^2$, а общая их площадь достигнет 140 $см^2$. Примерно 2/3 этой площади будет закрыто хвоей и мелкими веточками и дробь поразит только 50 $см^2$, на которую попадет 0,11 шт. дробинок/$см^2$ × 50 $см^2$ = 5,5 шт. дробинок, причем половина из них только процарапает ветку. Число ветвей третьего порядка в кроне дерева насчитывает несколько сотен и повреждение всего нескольких из них не нанесет ощутимого вреда кроне.

Повреждения кроны оказались более реальны при заготовке шишек верхолазами, когда сбор шишек ведется путем подтягивании и загибании ветвей к стволу поближе к сборщику; при этом ветви иногда обламываются. Сорвать шишки без загибания ветвей не удается, так как переход сборщика на ветви кроны запрещен.

Безусловно, рекомендуемый нами способ не приемлем для заготовки семян в большом количестве, однако для малых по объему партий вполне оправдан. Становится возможным малыми силами заготовить большое количество образцов семян за один сезон, тогда как темпы заготовки семян верхолазами в десятки раз ниже. Практика их работы показала, что группа из нескольких человек за сезон может заготовить шишки с 30-40 растущих деревьев. В пределах области возможен контроль за работой 2-3 таких групп, и за один урожайный год можно получить семена от 100 плюсовых деревьев. Хороший урожай у ели наблюдается 1 раз в три-пять лет и если для выполнения хорошей программы сортовыведения необходим сбор семян с 500 деревьев, то получение семян от них растянется на 15-20 лет.

6.1.3.Исходный материал

В географическом отношении исходный материал для изучения потомства и селекции ели сибирской был отобран в пределах 57°23′ - 58°20′СШ и 54°02′ - 57°35′ВД в 12 пунктах («ценопопуляциях»), из которых 7 – естественные насаждения с плюсовыми деревьями в возрасте 90-143 лет и 5 – лесные культуры 1903-1939 гг. с плюсовыми деревьями в возрасте 51-87 лет (рис. 6.2).

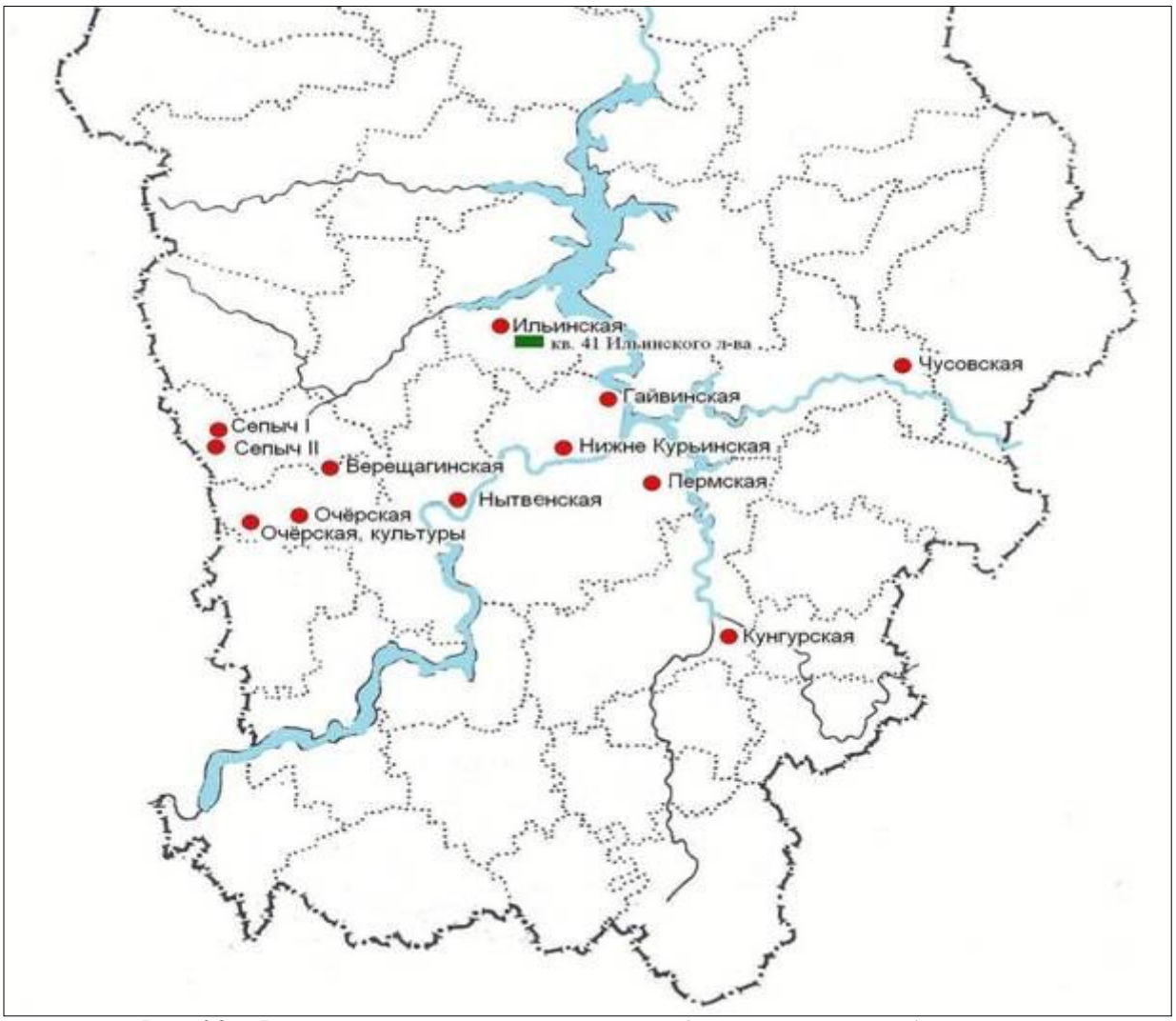


Рис. 6.2 – Расположение ценопопуляций ели сибирской, в которых были заготовлены семена для испытаний потомства на быстроту роста.

Название «ценопуляции» и далее, для сокращения, просто «популяции» мы применяем здесь достаточно условно, для обозначения объединенных в группы материнских деревьев. Материнские деревья объединялись в такие группы по признакам общности территории (одного лесничества), близких типов условий местопроизрастания и одинаковых признаков происхождения насаждений (естественные насаждения, лесные культуры одного года закладки).

Не со всех плюсовых деревьев удалось заготовить образцы семян для испытаний, так как урожай в 1986 г. был средний и примерно 30% деревьев плодоносили слабо. Поэтому были получены образцы семян от 70 до 100% от количества плюсовых деревьев, отобранных в популяциях к этому времени.

Общее количество материнских деревьев, от которых мы получили семена, составило 525 штук (рис. 6.3). От этих деревьев мы испытывали потомство в разных условиях – на суглинистых (ТУМ C_3) и на супесчаных (ТУМ B_3) почвах, а также повторно заготовили в 1993 г семена с 82 деревьев, показавших лучшие результаты в испытательных культурах.

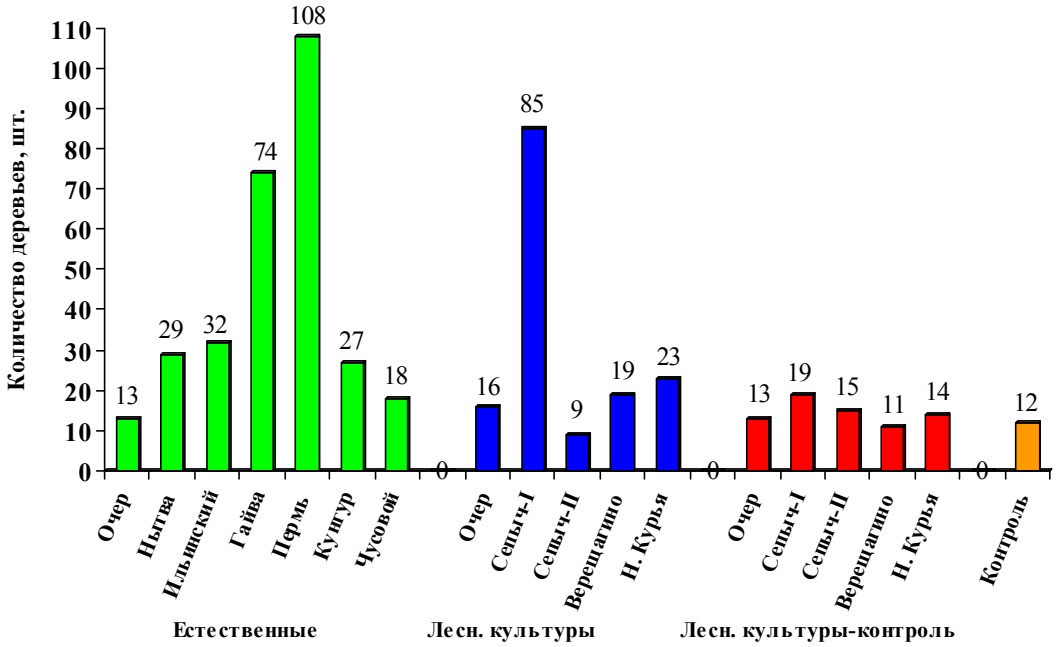


Рис. 6.3 - Исходный материал в селекции ели сибирской: 525 деревьев из 12 условных «популяций» (происхождений); от каждого дерева было получено семенное потомство и выращено до 21 года в испытательных культурах.

6.1.4 .Испытательные культуры

Испытательные культуры ели закладывались нами период 1988-1996 гг. на территориях Пермского, Ильинского и Оханского лесхозов. После реформирования системы лесного хозяйства и организации лесничеств местонахождение участков показано в таблице 1. Всего было заложено 4 участка на площади 26,8 га с посадкой 43,6 тыс. растений на 6072 делянок.

Таблица 6.1 – Испытательные культуры ели сибирской в Пермском крае, заложенные лабораторией экологии леса ЕНИ ПГУ в 1988-1996 гг.

№ участка	Год закладки	Местонахождение			Площадь, га	Количество вариантов, шт.				По вторности	Высажено	
		лесничество	участковое лесничество	квартал		семьи деревьев			контроль		делянок, шт.	растений, тыс. шт.
						плюсовых	обычных	всего				
1	1988	Пермский горлесхоз	Пермское	35, 36	5,4	44	–	44	4	22	960	2,5
2	1991	Ильинское	Ильинское	41	11,0	453	72	525	28	6	2848	22,4
3	1991	Пермское	Юго - Камское	5	8,0	398	64	462	23	5	1711	16,1
4	1996	Пермский горлесхоз	Пермское	29	2,4	82	–	82	4	6-8	553	2,6
Итого:					26,8			1108	59		6072	43,6

Участок 1 заложен в 1988 г. на площади 5,4 га в кв. 35 и 36 Пермского лесничества Пермского лесхоза (ныне леса Пермского городского лесхоза). Культуры удалены от п. Голый Мыс (окраина г. Перми) 4 км на восток. В направлении от участка 2,5 км на юг проходит автодорога г. Пермь – п. Софроны. Участок расположен на возвышенной части территории с уклоном 1-2^0 на восток, на бывшей старой пашне. Почва среднесуглинистая с малым содержанием гумуса. (Схема участка дана далее, так как рядом размещается еще и участок испытательных культур №4)

В культурах представлено потомство 44 плюсовых деревьев из Левшинского лесничества Пермского лесхоза. Семена заготовила бригада верхолазов под контролем инженера ЛСПС Смирнова Ю.Б. осенью 1982 г. от 22 деревьев и еще от 22 деревьев попутно с заготовкой черенков весной 1983 г. Посадочный материал выращивали 2 года в орошаемом питомнике и 2 года в школе, в 4 повторностях. Саженцы высаживали на территорию будущей ЛСП линейными биогруппами из 2-3 растений, с расстоянием между ними 0,5 м и между биогруппами 8 м. Поэтому и количество повторностей в испытательных культурах составило 22 и более при объеме семьи от 44 до 70 растений. Лишние растения в биогруппах планировалось удалить после измерения растений в 10 лет и оставить только лучшие экземпляры. Однако в связи с закрытием семеноводческой станции в 1995 г. контроль за работами в селекционном семеноводстве прекратился и биогруппы так и остались без ухода. Измерения были проведены только один раз в 4-летнем возрасте в школе. В дальнейшем измерения культур не проводили. Сохранность растений в 2007 г. составила 76 %. В 2005 г. ЛСП передана в городские леса г. Перми.

Участок 2 заложен в мае 1991 г. на площади 11 га в кв.41 Ильинского лесничества потомством 525 деревьев. Представлены потомства: из естественных насаждений от 301 плюсового дерева, из лесных культур – от 224 деревьев, в том числе 152 – плюсовые и кандидаты в плюсовые и 72 – обычные (минусовые и нормальные по селекционной оценке). Для контроля взяты семена 30 случайных деревьев из всех ценопопуляций, где находились плюсовые деревья. Культуры удалены от населенных пунктов: п. Васильевское 5 км на север, п. Мухлыги 7 км на юг и п. Сюзи 2 км на северо-запад. В направлении 1, 2 км на запад от участка проходит автодорога г. Пермь – п. Ильинский (73-й км). Участок расположен на возвышенной части территории Верещагинско-Васильевских увалов с отметками высот 290-300 м с уклонами терррритории от 0 до 5^0.

Почва среднесуглинистая с малым содержанием гумуса, обедненная в результате сдвига верхних горизонтов в валы при корчевке.

Семена для культур заготовлены отстрелом шишек осенью 1986 г. при обязательном участии и под контролем Рогозина М.В., бывшего тогда старшим научным сотрудником ЕНИ ПГУ. Посадочный материал выращивали 2 года в теплице и 2 года в школе в Рождественском лесничестве Оханского лесхоза. В культуры высажено 22,4 тыс. растений в 6 повторностях на 2848 делянок.

Культуры заложены на раскорчеванной вырубке и представляют территорию из 6 полей, примыкающих друг к другу и разделенных валами раскорчеванных остатков (рис. 6.4). При планировании создания этих культур возникла ситуация, которая была типична при закладке такого рода полевых опытов. Производственники никак не шли навстречу просьбам о резервировании пригодных для испытательных культур площадей. Для этого моги бы подойти бывшие питомники, заброшенные поля, сенокосы, но тогда такие площади были в дефиците. Кроме того, в планы областного управления лесным хозяйством испытательные культуры не включались, несмотря на соответствующие предложения со стороны руководства Пермской ЛСПС. В те годы планировалась только аттестация и выделение плюсовых деревьев, закладка лесосеменных плантаций, архивных плантаций и семенных участков.

После обследования ряда вырубок с уже подготовленной для обычных лесных культур почвой мы убедились в их непригодности для закладки испытательных культур

главным образом по причине прерывистых борозд, подготовленных плугом ПКЛ-70 и захламленности площади порубочными остатками как на волоках, так и на пасеках, где эти борозды прокладывали. Поэтому было принято непростое решение о закладке испытательных культур на территории лесосеменной плантации Ильинского лесхоза, общая площадь которой в кв. 41 по проекту должна была достигнуть 200 га и на которой ежегодно в те годы закладывалось до 10 га семенных плантаций семейственного типа.

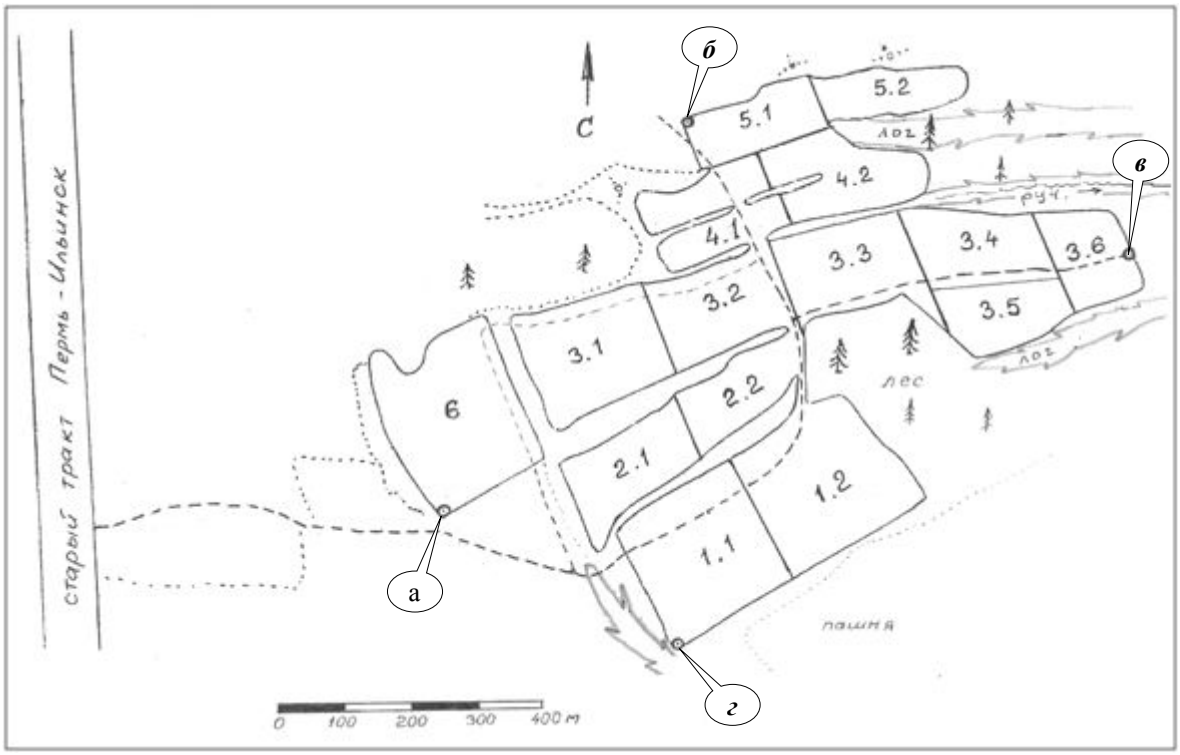


Рис. 6.4 – Схема испытательных культур ели на участке 2 в кв.41 Ильинского лесничества на площади 11,0 га, заложенных на 6 раскорчеванных участках потомством 525 деревьев: 1.1; 1.2 .... 5.2 – фрагменты участков, на которые составлены планы делянок и растений на них в масштабе 1:500 на листах формата А4. Координаты точек:
а) N 58°27′22,3′′ ***E*** 55°49′55,3′′**;** ***б) N*** 58°27′30,6′′ ***E*** 55°50′09,2′′
в) N 58°27′25,0′′ ***E*** 55°50′29,8′′ ***г) N*** 58°27′20,9′′ ***E*** 55°50′17,8′′

После измерений в 15-20 лет в таких испытательных культурах, заложенных на территории ЛСП, планировалось удалить контрольные варианты и семьи минусовых деревьев. Поэтому в схеме посадки были целые ряды, которые предполагалось вырубить и которые состояли из потомства контрольных (обычных) деревьев и вариантов специального популяционного контрольного сбора от 30 случайных деревьев.

Однако общая ситуация в стране была затем (1992-2000 гг.) настолько тяжелой, что работы по лесной селекции были прекращены совсем. Начиная с 2005 г. мы пытались найти целевое финансирование работ по детальной инвентаризации заложенных нами испытательных культур и подавали соответствующие заявки в течение 3 лет, однако в конечном счете только благодаря усилиям директора Ильинкого лесхоза Голева Владимира Васильевича и инженера Смертиной Агнии Сергеевны работы по измерению высот 21-летних культур были оплачены за счет собственных средств лесхоза по соответствующему договору в 2007 г. Культуры в этот же год после измерений были немедленно изрежены с удалением половины растений и более, однако семенные деревья уже не отвечали требованиям ЛСП по причине отмирания нижних ветвей кроны. Было принято решение учитывать далее этот участок как испытательные культуры; такое

решение было принято также и в связи с тем, что все заложенные в кв. 41 производственные участки плантации (138,2 га) не соответствовали новым требованиям к ЛСП по количеству клонов (клонов или семей на этих участках было всего по 20-30, тогда как требовалось 50 и более). Они были переведены в лесосеменные участки в 2006 г по причине малого количества клонов и отсутствия схемы смешения вариантов на плантациях семейственного типа, которые закладывались смесью семян.

Измерения в этом опыте проведены еще в школе в 4 года, затем в культурах в 8 лет и в возрасте 21 год. В последнем случае были измерены высоты у 16755 растений, в том числе 1435 шт. в контроле. Сохранность культур составила 74,8%. Изреживание культур проведено в 2007 г. и оставлено 7004 растения (42,0%), по 2-4 шт. на делянке с расстоянием между растениями 2-5 м (рис. 6.5).

Рис. 6.5 - Испытательные культуры ели сибирской в кв. 41 Ильинского лесничества в возрасте 21 года. Поле 1. Фото 2007 г.

Участок 3 создан в качестве страховочного на случай гибели второго участка в тот же год и теми же семенами, что и второй. Заложен в апреле-мае 1991 г. в кв. 5 Юго-Камского лесничества Оханского лесхоза (ныне Пермское лесничество) на площади 8 га потомством 462 деревьев. Представлены семьи 398 плюсовых и 64 обычных деревьев. Культуры удалены от ближайших населенных пунктов: п. Юго-Камский 18 км на север и п. Заречный 8 км на юго-восток. В 2 км в западном направлении от культур проходит грунтовая лесная дорога п. Заречный – п. Юго-Камск.

Участок расположен на древних наносах долины р. Кама, в верхней части склона большого холма с абсолютными отметками высот 190-210 м и общим уклоном на восток от 3до 15^0. В 60 м на восток от границы участка протекает р. Татарка, которая берет свое начало в 2 км севернее. Почва супесчаная, подстилаемая с 1,0-1,8 м прослойками плотного суглинка. Местами суглинок залегает от поверхности на глубине 0,3-0,5 м и на поверхность выходят родники. Почти в середине участка начинается большой лог

шириной до 120 м и глубиной 15 м с плоским наклонным дном и крутыми короткими склонами; по его дну протекают два ручья, которые соединяются в нижней более узкой части лога. Подготовка почвы проведена осенью 1990 г. трелевочным трактором ЛХТ-55 с раскорчевкой полос шириной 2 м и расстоянием между ними от 8 до 20 м, на которых и были высажены испытательные культуры (рис. 6.6).

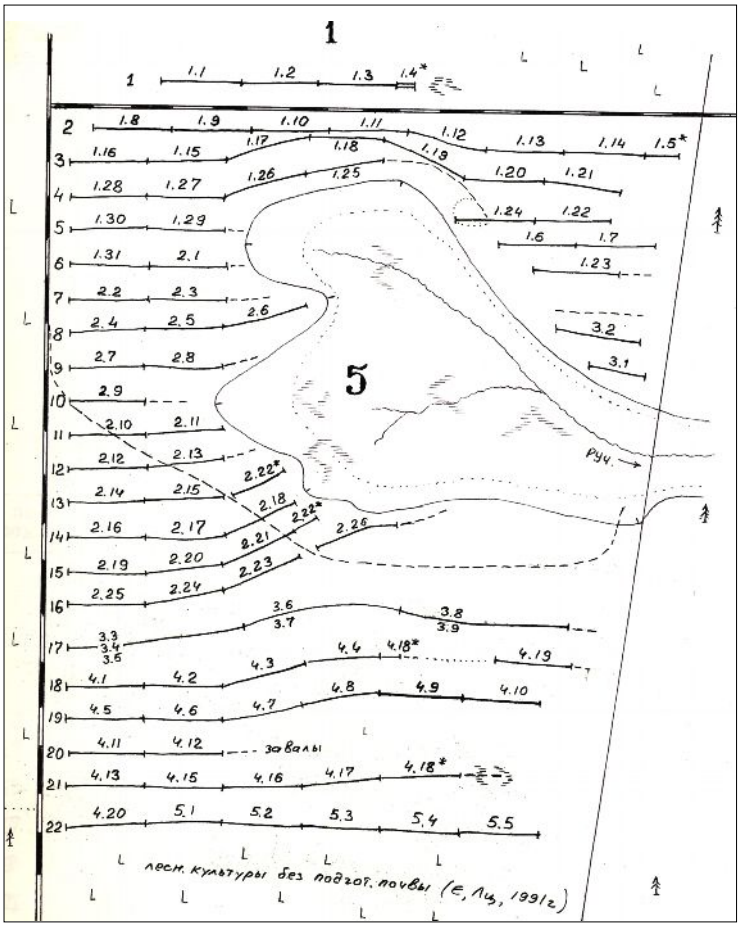


Рис. 6.6 - Схема расположения рядов с 1 по 22 в испытательных культурах ели в кв. 5 бывшего Юго-Камского лесничества (до 2007 г). Ныне это Рождественское участковое лесничество ГКУ «Пермское лесничество».

Номера от 1.1; 1.2 … до 5.4; 5.5 обозначают номер повторности (с 1 по 5) и номер группы из 15 делянок. В делянку высаживали 10 растений через 0,7 м. Группу из 15 делянок высаживали на отрезке раскорчеванной полосы длиной 35 м в 3 ряда по 5 делянок в каждом, с расстоянием между рядами также 0,7 м.

Координаты начала ряда № 2: *N* 57°48′39,3′′ *E* 55°33′10,7′′

Посадочный материал выращивали 3 года в орошаемом питомнике, в 4 повторностях. Из-за недостатка площади для размещения растений было принято решение о повышении густоты культур и посадке на одной полосе 3 рядов культур при расстоянии между рядами 0,7 м и растениями в рядах также 0,7 м. Такая уплотненная схема посадки мало подходит для выявления продуктивных семей, но позволит выяснить реакцию потомства разных деревьев и разных ценопопуляций на конкурентное давление.

Всего было высажено 16,1 тыс. растений в 2-8 повторностей на 1711 делянок. Измерения растений были проведены в 3-летнем возрасте в питомнике.

В 2010 г были проведены учеты и измерения диаметров и высот деревьев в 23-летних культурах. Сохранились повторности с 1 по 5. В этот же год были проведены осветления культур с вырубкой в среднем 15 м^3/га древесины лиственных пород. Способ рубки – коридорами, вдоль рядов культур полосами общей шириной 8 м. Растения в рядах культур испытывали постоянную конкуренцию со стороны березы и порослевой осины, которые местами превышали высоту ели на 1-5 м. То есть на этом участке культуры испытывали не только повышенную конкуренцию со стороны растений своего вида внутри рядов культур, но и конкуренцию со стороны более быстрорастущих лиственных растений.

Участок 4 заложен в 1996 г. на площади 2,4 га в кв. 29 Пермского лесничества Пермского лесхоза (ныне леса Пермского городского лесхоза). Культуры были включены в территорию ЛСП ели при составлении в этом же году «Рабочего проекта ЛСП ели

Пермского лесхоза», с условием последующего изреживания делянок. Почва среднесуглинистая с малым содержанием гумуса. Схема расположения участков 1 и 4 показана на рисунке 6.7.

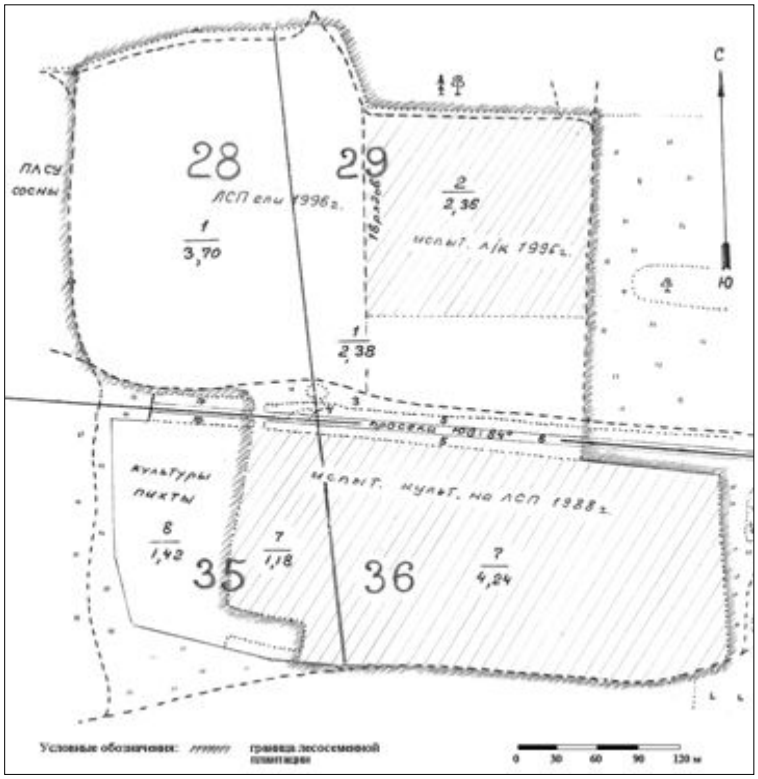


Рис. 6.7 - Схема расположения участков 1 и 4 испытательных культур ели в Пермском лесничестве:

участок 1 - в кв. 35 и 36, заложенный в 1988 г. потомством 44 плюсовых деревьев на общей площади 5,42 га;

участок 4 - в кв. 29, заложенный в 1996 г. потомством урожая-2 от 82 плюсовых деревьев, лучших по урожаю-1, площадь 2,36 га.

Данная территория передана в 2005 г. Пермскому городскому лесхозу. Координаты: место пересечения квартальных просек *N* 57˚57′29′′ *E* 56˚25′59,6′′ ; центр участка испытательных культур 1996 г. на площади 2,36 га *N* 57˚57′32,4′′ *E*56˚26′08,1′′.

На участке 4 представлено потомство вторым урожаем 82 плюсовых деревьев из 7 лучших популяций, которые были выбраны после расчета средних высот семей по 2 испытаниям урожая-1: в школе в 4 года и в орошаемом питомнике в 3 года. Для повторного испытания мы наметили 90 лучших по потомству плюсовых деревьев (20%).

Семена для культур заготовлены отстрелом шишек осенью 1992 г. ст. н. сотрудником ПГУ Рогозиным М.В. Урожай был средний, а на старых деревьях – слабый и удалось заготовить семена в достаточном количестве у 82 деревьев. Посадочный материал выращивали 3 года в орошаемом питомнике. В культуры высажено 2,6 тыс. растений в 6-8 повторностях на 553 делянки, по 30 - 80 растений в семье.

Сеянцы высаживали на территорию будущей ЛСП линейными биогруппами из 4 – 10 растений, с расстоянием между ними 0,5 м и между биогруппами 10 м. Расстояние между рядами составило 12 м. Лишние растения в биогруппах планировалось удалить после измерения растений в 10 лет и оставить только лучшие экземпляры. Однако в связи с передачей ЛСП в городские леса контроль за уходами на этой ЛСП прекратился и биогруппы так и остались без ухода точно так же, как и остальная и большая часть плантации, на которой не проводились даже осветления. Измерения высот растений не проводились и планируются в 2012 г. в возрасте культур 20 лет. Сохранность растений в 2007 г. составила 76 %. В 2007 г. проведено осветление культур с уборкой части лиственных пород. С 2005 г. ЛСП находится на территории Пермского городского лесхоза.

6.2. Массовый отбор (плюсовая селекция)

В вопросах массового отбора нами проверялись две выдвинутых рабочих гипотезы:

1. «У самых выдающихся по размерам плюсовых деревьев потомство должно быть самым продуктивным»;

2. « Потомство от плюсовых деревьев из культур будет более продуктивным, чем из естественных насаждений».

Оценка результатов массового отбора проведена по данным роста в высоту 15,3 тыс. растений, представляющих потомство (семьи) 453 плюсовых и 72 обычных деревьев в 3, 4, 8 и 21-летнем возрасте (Рогозин, 2005, 2008, 2010).

Как пример удачных результатов массового отбора рассмотрим отбор матерей в старых лесных культурах (рис. 6.8). На рисунке каждая точка – это семья одной матери (средняя высота растений в группе потомков из 30-60 растений). Нижняя линия тренда показывает высоту потомства контрольных (обычных по фенотипу) деревьев, а верхняя линия – высоту потомства плюсовых деревьев. Расстояние между ними указывает на результат массового отбора – превышение в росте потомства плюсовых деревьев, которое оказалось заметно выше и в среднем составляет 5,1%.

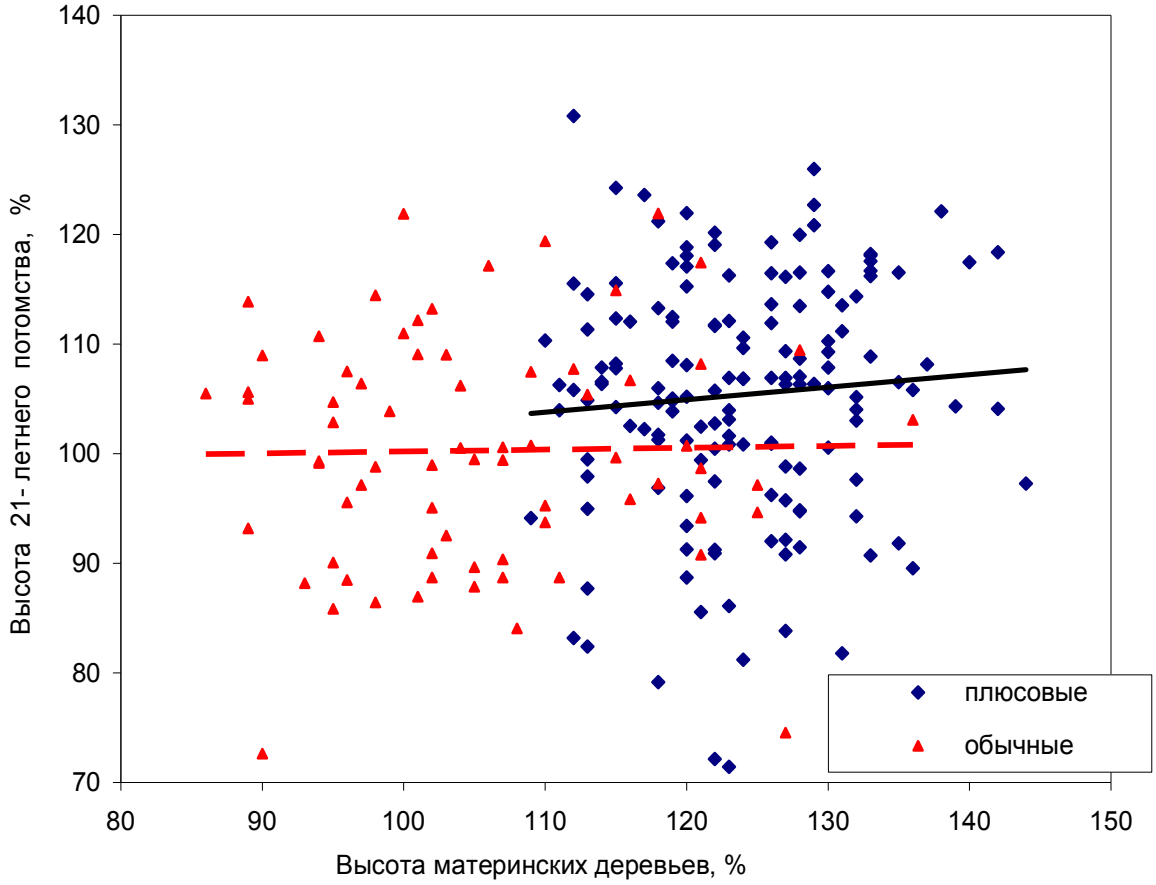


Рис. 6.8 – Высота 21-летнего потомства и высота материнских деревьев, отобранных в культурах ели в возрасте 51-88 лет.

Полученное улучшение на 5,1% является улучшением наследственным и называется также ***сдвигом при отборе.*** Его значение часто рассчитывают теоретически, если применяют массовый отбор и оценивают возможное улучшение в потомстве.

Теоретическое значение сдвига при отборе получают, используя произведение двух показателей: превышение родителей над среднепопуляционным значением селектируемого признака и наследуемость этого признака. Наследуемость чаще всего

рассчитывают через коэффициент корреляции r между высотами матерей и потомства, удваивая его значение (наследуемость в широком смысле, обозначаемую H^2).

По данным 224 пар высот родителей и их семей, помещенным выше на рисунке 6.8, наследуемость оказалось равной $H^2=2r=2\times0,186=0,37\pm0.13$. Превышение родителей над среднепопуляционным значением высоты, которое называется также ***селекционным дифференциалом,*** может быть принято или задано, как цель изысканий при их отборе или аттестации, и чем оно больше, тем значительнее будет ожидаемый сдвиг.

При отборе родителей с превышением высот, например, на 30% сдвиг высоты в потомстве составит 30×0,37=11,1%. Это произойдёт в том случае, если правильно взято превышение высоты у родителей. Однако это превышение нельзя определять по отношению к средней высоте древостоя, так как подавляющую часть урожая формируют деревья I, II и III классов Крафта, средняя высота которых у ели выше средней таксационной высоты примерно на 10-15%. Поэтому и превышение «плюсовой» группы родителей над средней высотой семеносящих деревьев в популяции составит не 30, а уже только 15-20%. Это снижает прогнозируемый сдвиг высоты до 5,5-7,4%. Реально полученный нами сдвиг (5,1%), равный расстоянию между трендами на рисунке 6.8, оказался как раз весьма близким к таким теоретическим расчетам с учтенной поправкой на репродуктивную неравнозначность деревьев разных классов роста по Крафту.

Ранее мы провели подобные расчеты по 8-летнему потомству тех же 224 деревьев (Рогозин, 2008) и с учетом вышеприведенной поправки теоретический сдвиг высоты у потомства составил 9-12%, то есть был выше почти в 2 раза. На каком уровне остановится падение величины наследственного улучшения с увеличением возраста потомства пока неясно. Возможно, сдвиг высоты у семей в 30-40 лет остановится на уровне, определенном нами в 21-летнем возрасте (5,1%), но ряд факторов среды могут как понизить, так и повысить его уровень. Наиболее сильным из таких факторов является густота древостоя и внутривидовая конкуренция между растениями и ее влияние на потомство будет исследовано ниже в специальных разделах.

При отборе плюсовых деревьев целевым назначением **для плантационного выращивания** потомства нам удалось значительно увеличить у них *селекционный дифференциал* **-** в среднем до 31% против 22% у плюсовых деревьев комплексного назначения (Рогозин, Созин, 1990). Такое увеличение было достигнуто при отборе 50 целевых плюс-деревьев в 1984 г. в ценопопуляции «Сепыч 1», на самом крупном участке культур 1913 года, причем в этих же культурах в предыдущий год мы отобрали вначале 50 плюсовых деревьев комплексного назначения. От большей части этих двух групп деревьев (86 шт.) удалось получить образцы семян и испытать потомство. При таком увеличении дифференциала мы ожидали и соответствующего увеличения высоты потомства – теоретически, в 1,4 раза.

В вопросах массового отбора это была наша ***первая рабочая гипотеза:*** «у самых-самых крупных деревьев и потомство должно быть самым продуктивным». Результаты выращивания их потомства показаны в таблице 6.2.

Потомства матерей группы 1 (плюсовые деревья комплексного назначения) и группы 2 (плюсовые деревья для плантационного выращивания) достоверно отличались по высоте, начиная с 4 летнего возраста. Преимущество второй группы появилось уже в 4 года в школе (+2,84%), но затем в 8 лет в культурах сменилось на отставание (- 4,76%); затем в 21 год преимущество опять оказалось на стороне плюсовых деревьев для плантационного выращивания (+2,51%, см. табл. 6.2).

Объяснить такие различия в темпах роста трудно. Причины их нам непонятны и могут быть самыми разными, в том числе вызванными различиями в физиологии, реакции на пересадку, конкуренцию и т.д. Не углубляясь в эти предположения отметим, что для селекции по-прежнему нужен ответ на весьма простой вопрос – как растет потомство от самых-самых крупных родителей и следует ли отдавать им предпочтение при массовом отборе?

Таблица 6.2 – Плюсовые деревья комплексного назначения и для плантационного выращивания и их потомство в 3, 4, 8 и 21 год

Показатели	Плюсовые деревья		Превышение, +, -	Достоверность превышения
	комплексного назначения	для плантационного выращивания		
Материнские деревья				
количество, шт.	38	48		
высота средняя, %	120,9±0,69	130,1±0,84	+ 9,2	8,4**
пределы высот матерей, % от - до	112-129	115-144		
изменчивость высот, %	3,5	4,5		
Потомство в 3 года, сеянцы в питомнике				
количество растений, шт.	1955	2402		
высота средняя, %	101,41±0,46	102,00±0,37	+ 0,59	0,65
пределы высот семей, % от – до	75-119	79-122		
изменчивость высот семей, %	10,5	10,9		
Потомство в 4 года, саженцы (теплица + питомник)				
количество растений, шт.	1850	2212		
высота средняя, %	100,47±0,43	103,31±0,36	+ 2,84	5,1**
пределы высот семей, % от – до	86-117	88-125		
изменчивость высот семей, %	6,3	7,8		
Потомство в 8 лет, культуры				
количество растений, шт.	1140	1560		
высота средняя, %	110,16±0,84	105,40±0,71	- 4,76	4,3**
пределы высот семей, % от – до	82-133	83-134		
изменчивость высот семей, %	11,0	11,1		
Потомство в 21 год, культуры				
количество растений, шт.	1114	1535		
высота средняя, %	105,83±0,87	108,34±0,74	+ 2,51	2,2*
пределы высот семей, % от – до	72-124	82-126		
изменчивость высот семей, %	11,6	10,5		

Примечание: ** - различия достоверны

Для выяснения этого вопроса мы исследовали потомство всех 224 деревьев из культур. Среди них из числа деревьев «нормальной» селекционной категории часть имела такие превышения по высоте и диаметру, что их можно было отнести к плюсовым для плантационного выращивания; во всяком случае, методика их отбора в культурах всегда предусматривала такую возможность. У них имелось только незначительное искривление ствола, толще были сучья и больше их количество, что вполне допускалось требованиями к таким плюс-деревьям. На рисунке они выглядят как вкрапления на территории облака точек плюсовых деревьев (см. рис. 6.8). Для анализа эта точечная диаграмма была разделена на 4 вертикальных сектора (рис. 6.9). Анализ по такой диаграмме покажет нам результаты отбора родителей, если его целью является использование для плантационного выращивания особенно крупных плюсовых деревьев.

Тенденция повышения высоты потомства с увеличением высоты родителей имеет место (r = 0,186), однако детальный анализ семей по 4 градациям высоты матерей позволил нам составить специальную таблицу (табл. 6.3) и выяснить следующее.

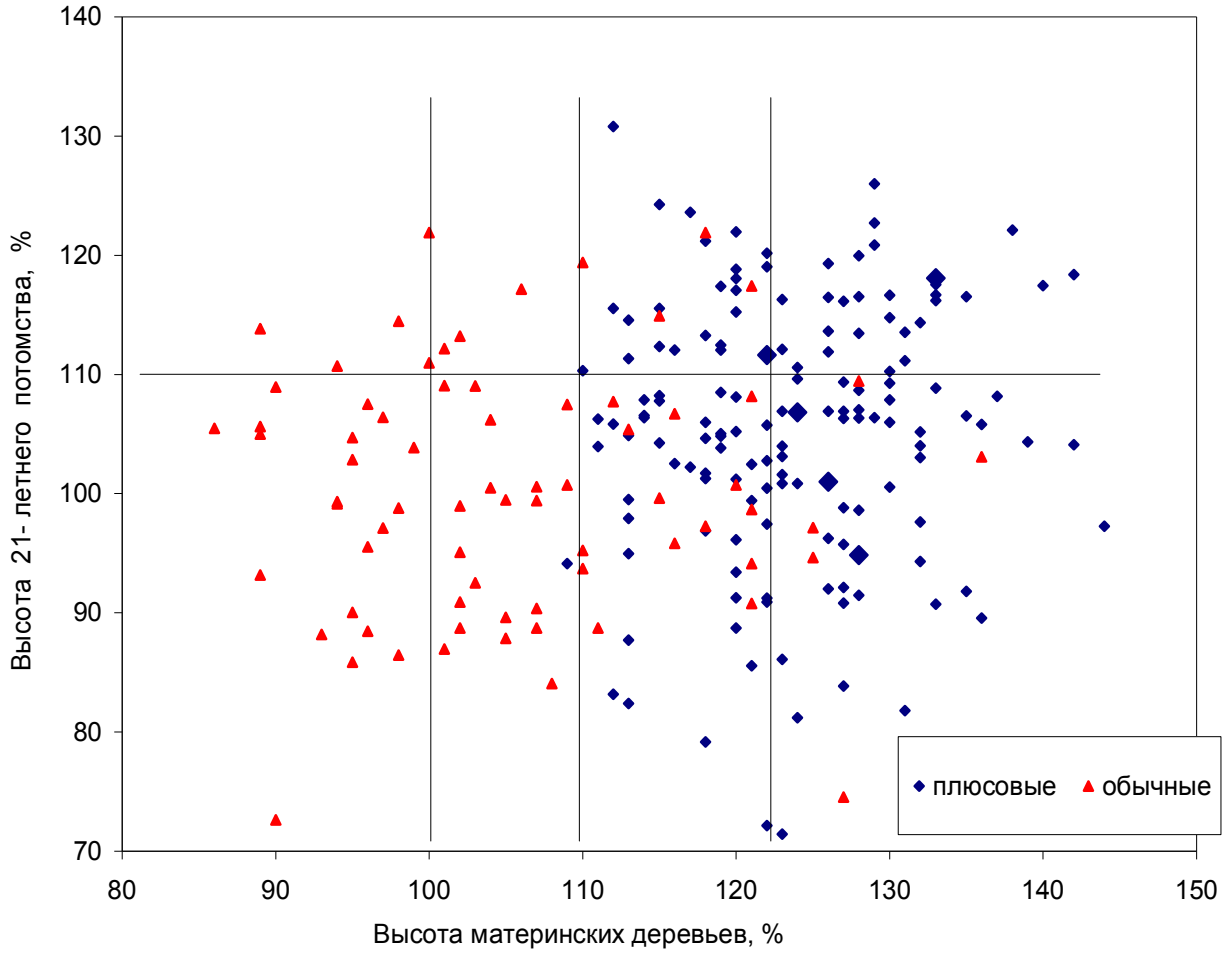


Рис.6.9 – Разделение высоты 21-летнего потомства ели и высоты их родителей из культур на градации высоты

Таблица 6.3 - Частота лучших семей в 21-летнем потомстве ели у низких, средних, высоких и самых высоких родителей, отобранных в лесных культурах в возрасте 51-88 лет

Показатели	Градации высот у матерей				Всего
	низкие	средние	высокие	самые высокие	
Пределы высот матерей, %	86-99	100-109	110-122	123-144	86-144
Всего в потомстве семей, шт.	22	26	87	89	224
в том числе с высотой 110% и более: шт. %	 3 13,6	 5 19,2	 28 32,2	 30 33,7	 66 29,5
в том числе с высотой 115% и более: шт. %	 0 0,0	 2 7,7	 18 20,7	 20 22,5	 40 17,9
Потомство от плюс-деревьев всего, шт. в том числе с высотой 110% и более, шт. %	-	1 0	67 24 35,3	84 30 36,1	152 54 35,5

При отнесении к лучшим семей с высотой от 110% их частота в градациях повышается от 13,6% у низких матерей и до 33,7% у самых высоких матерей. С повышением требований и отнесении к лучшим семей с высотой от 115% их частота в градациях увеличивается от 0,0% у низких матерей и до 22,5% у самых высоких матерей (см. табл. 6.3).

Казалось бы, доля лучших семей должна закономерно возрастать и чем больше деревья, тем больше и процент (доля) лучших семей в их потомстве. Однако у самых высоких матерей увеличение этой доли не столь значительно в сравнении с «просто

высокими», чтобы быть достоверным; при отнесении к лучшим семей от 110% процент лучших семей в этих градациях практически одинаков – 32,2 и 33,7%. При повышении критерия и отнесении к лучшим семей от 115% доля лучших семей в этих градациях также оказалась близкой: 20,7 и 22,5% соответственно (см. табл. 6.3).

Такая же картина наблюдается и в потомстве плюсовых деревьев: у самых высоких «плюсовых» матерей частота лучших семей практически такая же, как и у обычных (просто высоких) – 35,3 и 36,1% соответственно.

Из естественных насаждений в нашем распоряжении были только выборки из плюсовых деревьев, отбор которых проводился в 1980 гг. по упрощенным методикам экспедициями института «Союзгипролесхоз» и расчет превышений плюс-дерева проводили относительно окружающих дерево соседних деревьев той же породы (иногда всего по 4-6 деревьям). Такая техника отбора искажала их селекционный дифференциал и относительные высоты плюс-деревьев в естественных насаждениях достигали запредельных и нереальных для одноярусных насаждений величин в 160-180%. Поэтому для анализа мы использовали обычные абсолютные высоты матерей в метрах; выборки из разных ценопопуляций образовали одну большую выборку из 301 пары значений высот матерей и высот их потомства (рис. 6.10).

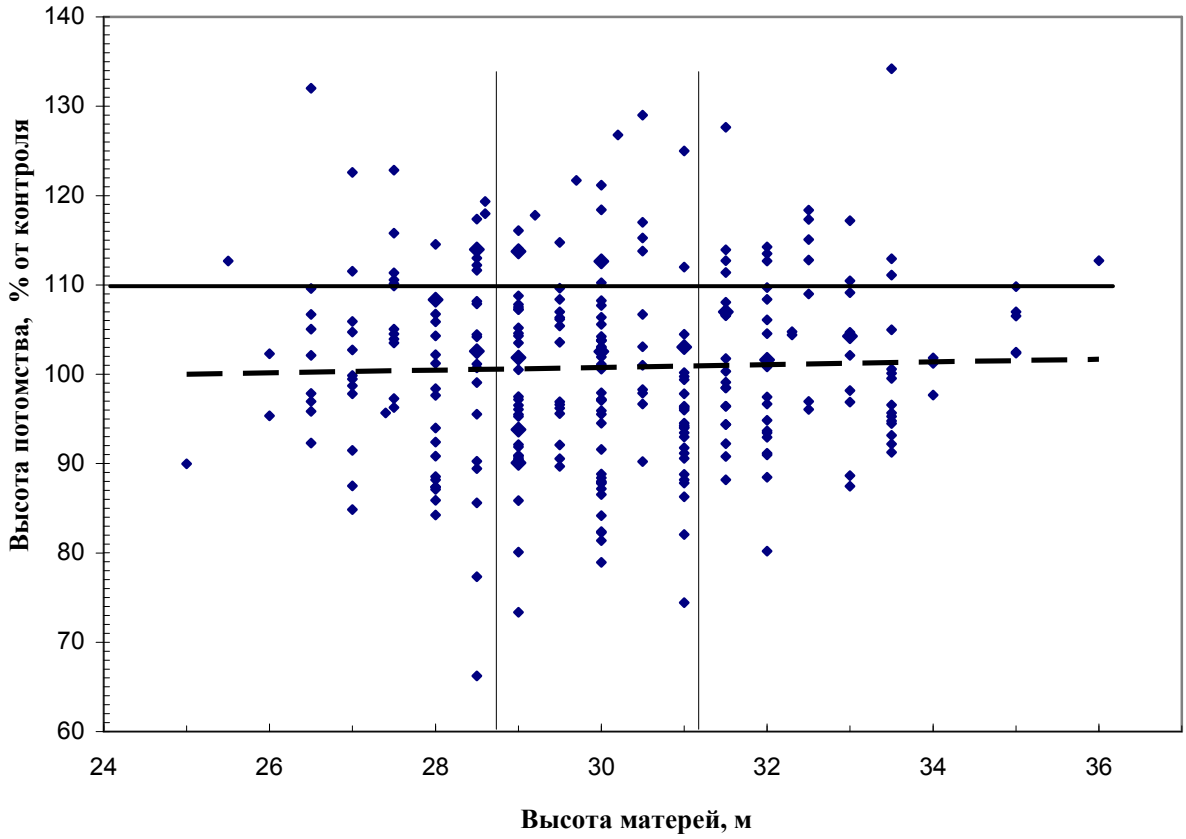


Рис. 6.10 – Высота плюсовых деревьев ели из естественных насаждений в возрасте 90-143 лет и высота 21-летнего потомства.

Деревья по высоте разделили на три градации – «средние» плюсовые деревья (на рисунке они в левом секторе), «высокие» (в центре) и «самые высокие» (правый сектор). Здесь мы наблюдаем практически отсутствие корреляции (r = + 0,03) размеров матери и потомства: линия тренда почти параллельна оси ***x*** и самые высокие матери не дают ощутимой прибавки в средней высоте потомства. Доля лучших семей у них не только не возрастает, но даже и несколько понижена в сравнении со «средними» по высоте плюсовыми деревьями (табл. 6.4).

Таблица 6.4 – Частота лучших семей в 21-летнем потомстве ели у средних, высоких и самых высоких родителей, отобранных в естественных популяциях

Показатели	Градации высот у матерей			Всего
	средние	высокие	самые высокие	
Пределы высот матерей, м	25 - 28,5	29 - 31	31,5 - 36	25 - 36
Всего в потомстве семей, шт.	81	132	88	301
в т. ч. лучших с высотой от 110%:				
шт.	17	19	17	53
%	21,0	14,4	19,3	17,6
в т. ч. лучших с высотой от 115%:				
шт.	7	10	6	23
%	8,6	7,6	6,8	7,6

Практически одинаковое количество быстрорастущих семей в потомстве у высоких и самых высоких плюсовых деревьев свидетельствует о действии в ценопопуляциях ели тенденций стабилизирующего естественного отбора в отношении высоты. Поэтому стремление к отбору «самых-самых» высоких родителей не оправдано – достаточен отбор просто высоких деревьев, в соответствии с нормативами выделения плюсовых деревьев (на 10% и более по высоте и на 30% по диаметру).

Второй рабочей гипотезой в отношении массового отбора было предположение, что по своим наследственным задаткам плюсовые деревья из культур окажутся более высокого качества и эти задатки будут переданы потомству. Предположение основывалось на недостатках отбора плюсовых деревьев в естественных лесах. Сравнивая их с плюсовыми деревьями в культурах, мы убедились в неискаженных и более высоких характеристиках последних.

Эта гипотеза подтвердилась. Высота 21-летнего потомства от плюсовых деревьев из естественных насаждений составила по отношению к контролю 102,4±0,35%, а высота потомства из культур – 105,1±0,47 %, то есть потомство из культур оказалось с лучшими задатками к быстрому росту и превышало по высоте потомство из естественных насаждений на 2,7%. Превышения отмечались и в 4-8-летнем возрасте (Рогозин, 2008).

В завершении этого раздела отметим, что различия в росте потомства по происхождениям и причины этих различий будут рассмотрены далее, при анализе влияния структуры насаждений и некоторых признаков деревьев. Пока лишь отметим, что эффект массового отбора в разных происхождениях и ценопопуляциях оказался различен и высоты потомства плюсовых деревьев изменялись от 95,4% до 110,7%.

Важно еще раз отметить, что самые крупные из деревьев не передают существенного увеличения высоты потомству, несмотря на некоторый наклон линий тренда на рисунках. По-видимому, стабилизирующий отбор характерен для популяций хвойных пород. Точно так же как и у сосны обыкновенной (Рогозин, 2010), у ели сибирской значимо хуже растет потомство только низких матерей. У них средняя высота потомства ниже на 5,1%, а частота лучших семей понижена в 2,4 раза.

Выводы.

1. В ценопопуляциях ели действует стабилизирующий естественный отбор в отношении высоты. Поэтому отбор самых крупных родителей (в том числе для плантационного выращивания потомства) не оправдан – достаточен отбор просто крупных деревьев, в соответствии с нормативами выделения плюсовых деревьев (на 10% и более по высоте и на 30% по диаметру).

2. Потомство всех 453 плюсовых деревьев в 21-летнем возрасте превышает по высоте контроль на 3,7%.

3. Потомство отобранных в культурах плюсовых деревьев развивается лучше потомства из естественных насаждений и превышает их по высоте на 2,7%.

4. Потомство матерей с высотой менее средней растет значимо хуже: по высоте на 5,1% и с частотой лучших семей (с высотами от 110%) в их потомстве меньше в 2,4 раза.

6.3. Естественный отбор и внутривидовая конкуренция

6.3.1. Конкуренция и типы простых древостоев

В каждом новом поколении в структуре насаждений складывается иная ситуация и она может быть уникальна. Если изменения значительны, то меняется и генофонд популяции. Генофонд может и не сохранится в следующем поколении в том виде, который обеспечивал наблюдаемый нами лучший результат. Поэтому нужно сохранять участки изучаемых популяций без вмешательства в их структуру разного рода рубками ухода.

Большая часть генетической изменчивости у многих видов древесных относится к внутрипопуляционной. Внутри популяции контрастные условия среды вызывают репродуктивную изоляцию и генетическую дифференциацию двух соседствующих сообществ вида (Петрова, Санников, 1996). Можно полагать, что и контрастные фитоценотические условия, например, различия в густоте на протяжении жизни древостоя, также могут привести к формированию сообществ, отличающихся физиологически и генетически. Можно предположить далее, что в таких сообществах формируется определенный генофонд, который передается следующему поколению. Возможны и другие гипотезы, однако для них недостает фактического материала. Подобных исследований для лесных видов пока нет, так как требуется разнообразный исходный материал и его потомство с выборками, состоящими из нескольких сотен семей.

У лесных пород нас интересует продуктивность. Однако цели человека и «цели» сообщества растений могут и не совпадать. Поэтому при вовлечении популяций в селекцию необходимо выяснить, какой же вид естественного отбора в популяции имеет место или, точнее, *какое движение и в сторону какого отбора* начинается и происходит, причем в течение длительного периода - от появления самосева до спелого древостоя. Если эти изменения сохраняются в потомстве, то их можно отнести к «микроэволюции», или «началу» эволюции, то есть изменению генофонда за одно поколение.

Желательный для человека естественный отбор на продуктивность в отношении отдельного растения возможен в комфортных условиях. Дискомфортные условия (например, высокая густота) меняют его направление в сторону сохранения толерантных к ним родителей, возможно, не сочетающих это качество с повышенной продуктивностью. Низкая густота, напротив, формирует желательный для плантационного выращивания генофонд. Этот вопрос относится к стратегии выведения новых сортов, а именно: в насаждениях с какой историей конкуренции отбирать исходный материал?

Градиент конкуренции и густоты формирует спелые одновозрастные древостои, отличающиеся историей формирования, размерами деревьев и качеством стволов, которые имеют определенный внешний облик и их можно свести к следующим специфическим типам:

1 - с высоким качеством стволов (хорошей очищенностью от сучьев);

2 - с максимальным запасом древесины;

3 - с максимальными по размерам деревьями и высоким запасом древесины;

4 - естественные и искусственные редкостойные леса.

Качество стволов в них снижается от 1 к 4 типу. Конечно, нельзя свести все многообразие спелых древостоев только к этим типам – история формирования насаждений разнообразна и рождает множество самых разных типов развития древостоев и деревьев в них в соответствии с законом, описанным нами выше (см. раздел 4). Однако для понимания существа результатов естественного отбора в таких типах насаждений и микроэволюции у ели сибирской такое упрощение необходимо.

Можно полагать, что желательный для плантационного выращивания генофонд формируют древостои со средней и пониженной густотой (2 и 3 типы), а неудачи плюсовой селекции объяснимы отбором родителей в насаждениях типа 1 - с высокой

густотой в молодом и среднем возрасте. Влияние густоты настолько велико, что она определяет всю историю развития и долговечность древостоев, о чем шла речь выше в разделах 3 и 4. Даже таблицы хода роста для таксации насаждений должны быть пересмотрены и разработаны вновь с учетом начальной густоты древостоев (Разин, Рогозин, 2009, 2010).

В 7 естественных ценопопуляциях, в отличие от культур, выяснить начальную густоту в местах отбора плюс-деревьев оказалось затруднительно из-за возраста, который достигал 90 -143 лет, а также выборочных рубок, причем с отрицательной селекцией и увеличением доли лиственных пород. Как следствие, конкуренция в естественных древостоях оказалась разнообразнее, чем в культурах.

6.3.2. Сбег ствола и рост потомства

Воздействие конкуренции в прошлом отражает и, если можно так сказать, «записывает на себя» сбег ствола. Чем выше была густота и напряженность конкуренции, тем меньше оказываются средние значения сбега стволов в насаждениях. Сбег ствола тонко реагирует на изменения этих фитоценотических условий и является индикатором и критерием, по которому для древостоев может быть реконструирована их история формирования, а именно густота в прошлом. Например, зная таксационные показатели и густоту какого-либо древостоя сейчас и 20 лет назад, можно использовать равенство в среднем сбеге ствола для определения густоты в прошлом у других древостоев, с близкими таксационными показателями. По этому принципу можно составить последовательные ряды для идентификации истории с определением неизвестной нам густоты у древостоев в еще более ранних возрастах и «добраться» до параметров начальной густоты даже у спелого древостоя на основе сравнения средних значений сбега ствола у модельных деревьев (используя при этом и другие таксационные показатели). По такому принципу подбирались «естественные возрастные ряды» при составлении новых (динамических) таблиц хода роста древостоев с разной первоначальной густотой (Разин, 1977; Разин, Рогозин, 2009).

Сбег ствола настолько важен для определения пределов положительной реакции древостоя на вмешательство рубками разреживания в случае излишней густоты, что в что в *формуле оптимальной густоты выращивания* одноярусных древостоев, в авторском свидетельстве на изобретение SU 1464970 A01.15.03.1989 (Разин, 1989.) сбег ствола является главным показателем.

Сбег ствола у плюсовых деревьев в естественных популяциях оказался больше и составил в среднем 1,43 см/м против 1,20 см/м в культурах (табл.6.5). Различия вызваны, во-первых, более высоким возрастом деревьев в естественных лесах, который несколько увеличивает сбег и, во-вторых, большей густотой культур, которая снижает величину сбега ствола у всех деревьев, в том числе и у плюсовых.

Между популяциями сбег ствола различается недостоверно; безусловно, насаждения и древостои в них различались историей формирования, но объемы выборок деревьев оказались недостаточны для выявления различий по этому показателю. Кроме того, выборка из плюсовых деревьев дает увеличенные значения сбега ствола по сравнению со средним значением данного показателя в древостое. Средний сбега ствола у деревьев можно отнести к показателю, характеризующему структуру древостоя в целом и его влияние на потомство будет рассмотрено в конце раздела.

При изучении в 12 ценопопуляциях влияния сбега ствола матери на рост потомства обнаружены низкие корреляции между ними, типичные для связей между такого рода показателями (Рогозин, 2008). Поэтому далее мы объединили плюсовые деревья в 2 группы: группу из естественных насаждений и группу из культур, в надежде на больших выборках из нескольких сотен наблюдений обнаружить какие-либо закономерности.

Таблица 6.5 – Ценопопуляции ели сибирской в Пермском крае и рост их потомства

Местонахождение (поселение, где размещалось лесничество)	Число деревьев, шт	Материнские деревья, средние значения					Потомство в возрасте 21 год					
		Возраст, лет	высота		диаметр, см	сбег ствола, см/м	число растений, шт.	средняя высота, %	достоверность различия $t_{0,05}$	изменчивость, %		
			м	%						внутри семей	между повторностями	всех растений
Плюсовые деревья, естественные насаждения												
Очер	13	130	30,3	116,2	45,3	1,50 ± 0,049	459	108,0 ± 1,66	4,05**	27,9	8,2	32,9
Нытва	29	95	29,1	120,3	40,8	1,40 ± 0,023	834	105,9 ± 1,17	3,73**	29,5	21,5	31,9
Гайва*	74	124	30,6	124,2	43,8	1,43 ± 0,018	1898	95,4 ± 0,65	3,71**	28,1	13,9	29,8
Ильинск	32	104	28,2	126,6	38,5	1,36 ± 0,027	1010	101,8 ± 1,06	1,17	28,8	21,6	33
Пермь	108	118	30,1	125,6	43,2	1,44 ± 0,015	2918	102,6 ± 0,57	2,19**	27,6	15,9	30,1
Кунгур	27	102	31,7	122,3	47,3	1,49 ± 0,032	785	102,7 ± 1,14	1,72	28,0	9,7	31,1
Чусовой	18	133	30,0	129,3	43,9	1,46 ± 0,023	515	100,2 ± 1,44	0,13	28,2	10,9	32,6
Всего; в среднем	***301***	***115***	***30,0***	***123,5***	***43,3***	***1,43 ± 0,009***	***8419***	***102,4 ± 0,35***	***2,12****	***28,3***	***14,5***	***31,6***
Плюсовые деревья, лесные культуры												
Сепыч-I	85	77	28,0	126,1	35,2	1,23 ± 0,012	2628	107,8 ± 0,62	6,35**	27,5	20,4	29,3
Сепыч-II	9	74	28,8	116,1	36,2	1,23 ± 0,041	239	110,4 ± 1,84	4,55**	24,5	6,5	25,5
Очер	16	88	31,4	122	36,2	1,16 ± 0,035	411	110,7 ± 1,53	5,78**	26,4	10,4	27,9
Верещагино	19	87	29,4	122,4	35,1	1,19 ± 0,024	474	97,3 ± 1,34	1,57	28,8	11,4	30,1
Нижняя Курья*	23	51	22,5	120,3	25,3	1,12 ± 0,027	595	100,0 ± 1,38	0,01	31,5	13,6	33,8
Всего; в среднем	***152***	***75,4***	***28,0***	***121,4***	***33,6***	***1,20 ± 0,010***	***4347***	***105,1 ± 0,47***	***4,40****	***27,8***	***13,0***	***29,4***
Нормальные и минусовые деревья из лесных культур												
Сепыч-I	19	77	24,3	109,6	22,4	0,90 ± 0,024	495	101,0 ± 1,43	0,56	28,2	25,2	31,5
Сепыч-II	15	74	24,5	98,8	25,7	1,07 ± 0,035	310	105,5 ± 1,65	2,80**	25,3	14,9	27,6
Очер	13	88	28,2	109,9	25,5	0,90 ± 0,031	319	103,3 ± 1,73	1,63	28,6	18,6	30,1
Верещагино	11	87	22,8	95,2	20,5	0,89 ± 0,060	278	97,7 ± 2,17	0,97	34,9	19,5	37,1
Нижняя Курья*	14	51	20,8	111,4	22,0	1,04 ± 0,045	409	95,6 ± 1,44	2,47**	29,6	5,3	30,4
Всего; в среднем	***72***	***75,4***	***24,2***	***104,98***	***23,2***	***0,95 ± 0,018***	***1811***	***100,8 ± 0,74***	***0,62***	***29,3***	***16,7***	***31,3***
Контроль, 12 ценозов							776	100,0 ± 1,06	0,0	27,75	9,4	29,5

* микрорайон г. Перми ** различие достоверно

Представление о влиянии сбега ствола матери на потомство дают 2 рисунка с разделением деревьев на три градации (рис. 6.11, 6.12). Полученные зависимости весьма интересны. У плюсовых деревьев из естественных ценозов со средним сбегом ствола (1,22-1,51) обнаружилось повышение в 1,9-2,4 раза частоты (доли) лучших семей по сравнению с деревьями с малым (1,0-1,21) и большим (1,52-1,9 см/м) сбегом ствола, при общем снижении высоты потомства от малого сбега к большому (см. рис. 6.11).

У плюсовых деревьев из культур зависимость аналогичная: повышение частоты лучших семей отмечено точно также у матерей со средним (1,1–1,3 см/м) сбегом – в 1,5-1,9 раза по сравнению с деревьями с большими или меньшими его значениями. При этом общая средняя высота потомства также оказалась выше у матерей со средним сбегом ствола. Для анализируемых двух совокупностей имеется совпадение параметров сбега, в пределах которых наблюдается наилучшее качество потомства и оно приходится на значения от 1,2 до 1,3 см/м.

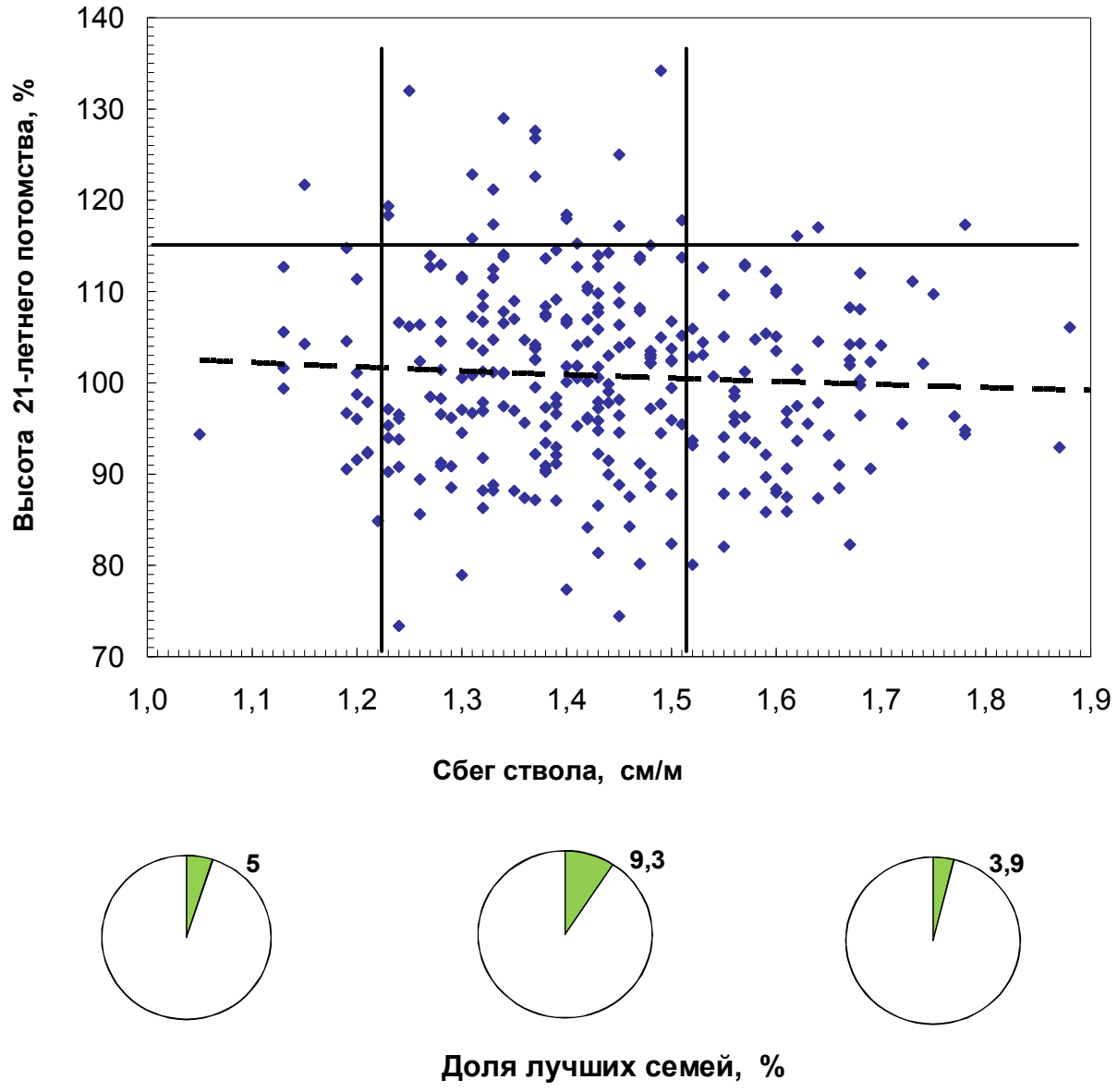


Рис. 6.11 – Разделение матерей из естественных популяций по сбегу ствола на три градации, высота их потомства и доля лучших семей (с высотами 115% и более) в них

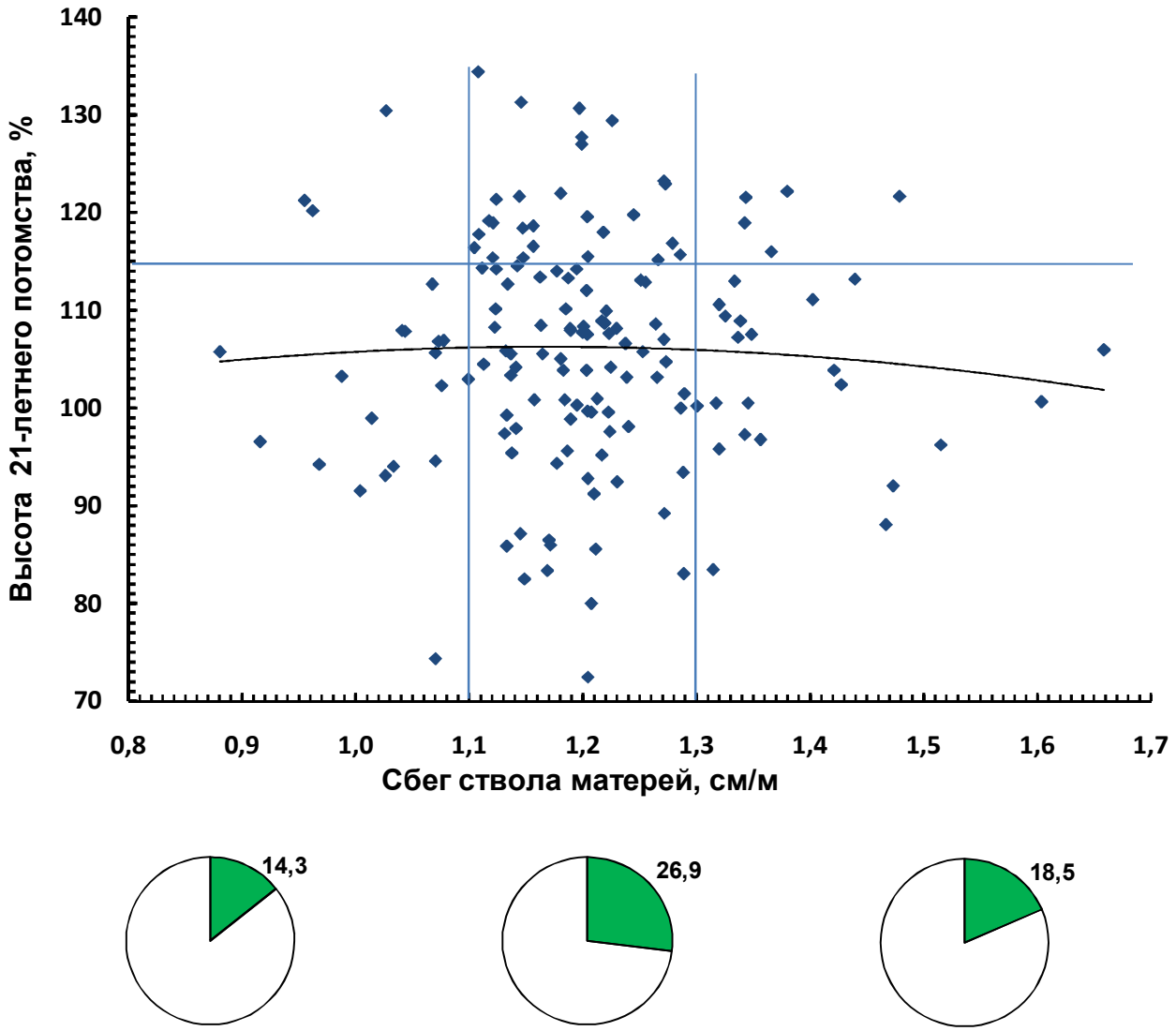


Рис. 6.12 – Разделение матерей из культур по сбегу ствола на три градации, высота их потомства и доля лучших семей (с высотами 115% и более) в этих градациях сбега

Данный параметр сбега ствола можно рекомендовать как общую придержку для предпочтительного отбора плюсовых деревьев ели сибирской в любых фитоценозах и эффект этой простой рекомендации весьма значителен: в потомствах доля лучших семей (с высотой от 115%) увеличивается в 1,5-2,4 раза.

Сбег ствола отражает коллизии конкуренции и характеризует, по-видимому, и некоторые генетические особенности ценоза. При естественном отборе в условиях высокой густоты в нем накапливаются родители, толерантные к конкуренции и генофонд такого фитоценоза можно назвать «конкурентным». Отбор в него происходит в течение жизни древостоя и решающим оказывается период сомкнутости. Именно в это время в иерархической структуре древостоя происходят наибольшие подвижки. В частности, вплоть до отсутствия корреляций между высотами деревьев в возрасте 4, 5, 7 лет и их размерами в 29-40 лет при сокращении расстояния между растениями в рядах культур у сосны с 0,69-0,75 до 0,55-0,60 м, то есть при повышении густоты (Рогозин, 1983).

У ели сибирской в густых культурах сопоставление размеров стволика в возрасте от 5 до 40 лет с объемом стволов в 70 лет показало, что лидирующая часть древостоя (деревья с объемом ствола выше среднего) может быть выделена со 100%-ной вероятностью только в 30-40 лет. До

этого возраста вероятность прогноза лидеров по размерам стволиков никак не повышается и «сидит» на уровне 80-90% начиная с возраста 7 лет и кончая 20 годами.

Об этих особенностях онтогенеза сосны и ели мы говорили выше в разделе 4. То есть в условиях высокой конкуренции отбор лидеров происходит позднее, по принципу их толерантности к давлению соседей и в лидеры выходят деревья с иной физиологией. Следовательно, в сообществе растений начинается движение в сторону отбора «конкурентных» генотипов. Возможно, именно поэтому у сосны обыкновенной, как породы-пионера, заселяющей с высокой густотой гари и открытые места, результаты такого движения закрепились и массовый отбор (плюсовая селекция) у нее часто неэффективен (Рогозин, Жекин, 2010; Видякин, 2010).

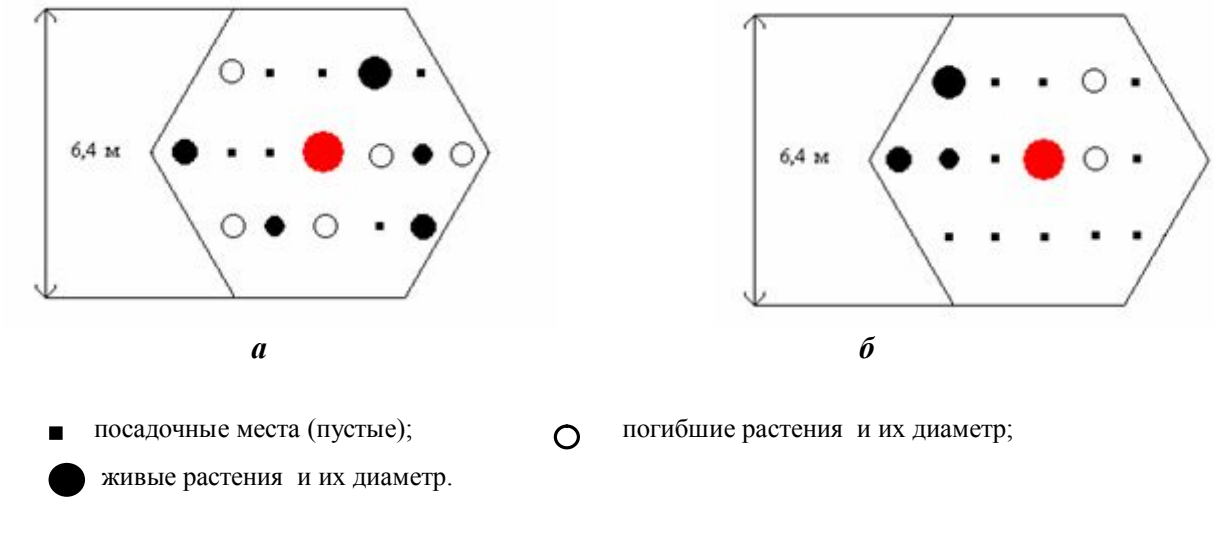
У ели сибирской оптимальная густота формирует некоторый «средний» сбег у стволов материнских деревьев и именно от них и было получено лучшее потомство.

6.3.3. Конкурентное давление на материнские деревья и рост потомства

Картирование соседних деревьев на площадке с радиусом 3,3 м вокруг 79 плюсовых деревьев в культурах происхождения «Сепыч-1» позволило оценить влияние конкурентного давления на родителей с весьма неожиданной стороны.

Культуры были созданы в 1913 г, на протяжении 70 лет не подвергались рубкам ухода и поэтому выпавшие деревья сохранились. Характеристика культур дана выше в таблице 4.2 для пробной площади 1 (см. табл. 4.2).

Площадки вокруг плюс-деревьев были разделены на две группы по густоте и таксационной полноте. В первой группе со слабой конкуренцией общее количество учтенных стволов на площадке (кроме плюсового дерева) составило в среднем 7,1 шт., а в группе с сильной конкуренцией – 10,9 шт. (рис 6.13). В первой группе с малой густотой и малой полнотой оказалось 36 плюсовых деревьев и в группе с большей густотой и полнотой - 43 плюсовых дерева. Уже по 4-летнему потомству (рис. 6.14) было обнаружено преимущество потомства матерей первой группы, которое сохранилось до 21 года (+4,6% по средней высоте семей); при этом доля лучших семей в группе, сформировавшейся при слабой конкуренции соседей, оказалась выше в 2 раза: 36,1% против 18,6% (рис 6.15).



а *б*

Рис. 6.13 – Примеры сильной (а) и слабой (б) конкуренции вокруг плюсового дерева в культурах на мини-пробной площади.

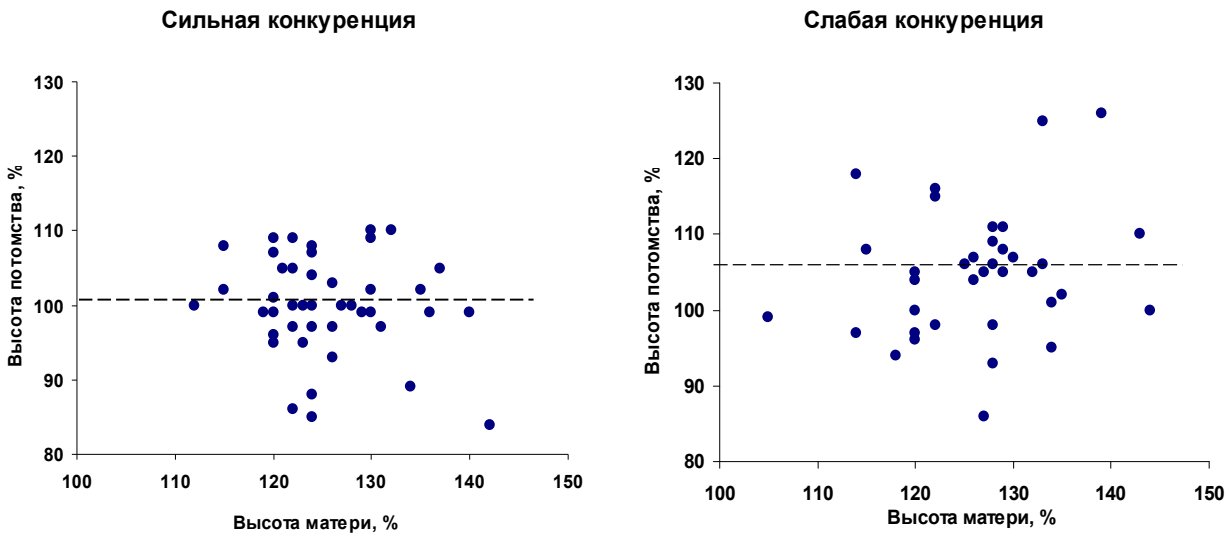
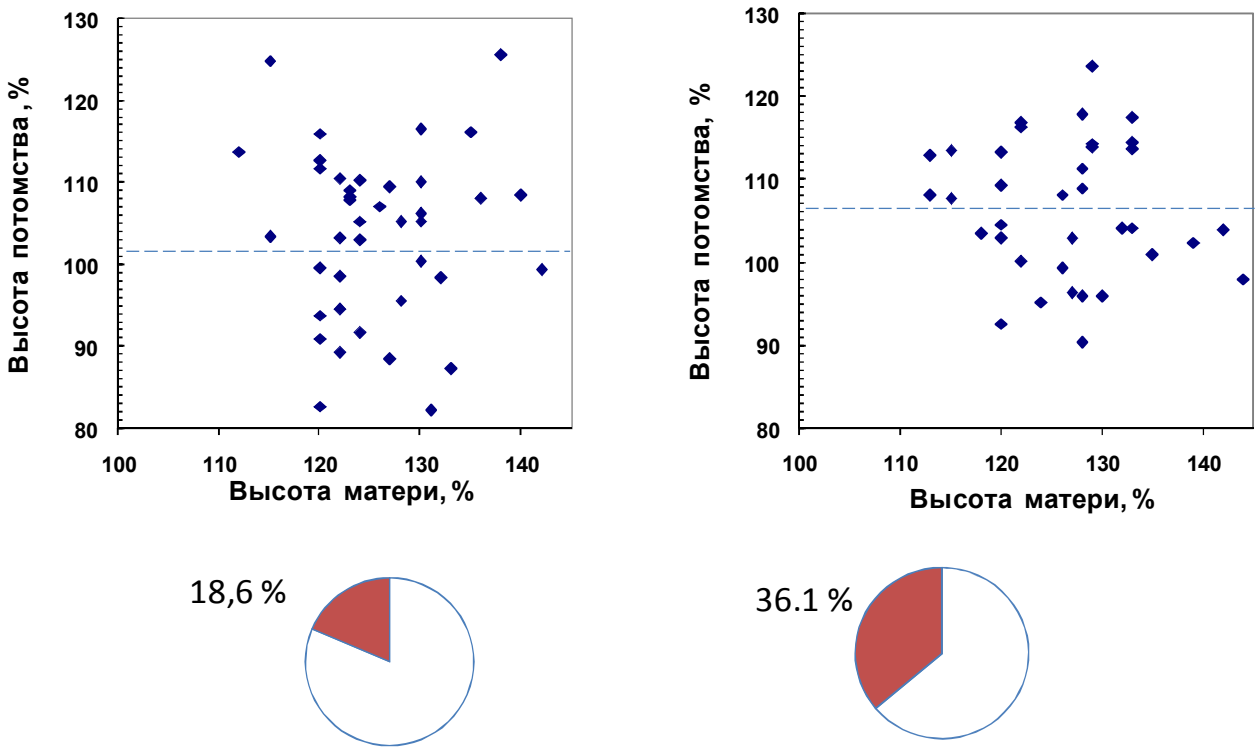


Рис. 6.14 – Высота потомства в 4 года у плюсовых деревьев, сформировавшихся в условиях сильной и слабой конкуренции: ------ средняя высота потомства.



а **б**

Рис.6.15 – Высота потомства в 21 год и доля лучших семей у плюсовых деревьев, сформировавшихся в условиях сильной (а) и слабой (б) конкуренции. К лучшим отнесены семьи с высотой 110% и более от контроля: ------ средняя высота потомства.

Представление о характере окружающего пространства вблизи плюсового дерева, сформировавшегося в условиях относительно слабого конкурентного давления, дает рисунок 6.16

Рис.6.16 – Культуры ели, заложенные по технологии Ф.А.Теплоухова в Сивинском лесничестве в 1913 г. на площади 42 га, где было выделено более 100 плюсовых деревьев и некоторые превышали средний диаметр древостоя в 1,7-2,1 раза. Слева от дерева виден просвет поперечного ряда культур.

Для потомства оказался решающим не размер матери, а формирование матери с раннего возраста в условиях ослабленной конкуренции, т.е. отсутствия деревьев в соседних посадочных местах, что хорошо видно на фотоснимке.

Таким образом, сильное конкурентное давление формирует материнские деревья, которые передают потомству пониженную способность быстро расти в условиях ослабленной конкуренции в испытательных культурах.

6.3.4. Густота материнских культур и рост их потомства

Культуры, в которых выделялись плюсовые деревья, имели разную историю создания и формировались при различной густоте. Отличались они как по схеме посадки, так и по текущей густоте.

В ценопопуляциях культур Сепыч-1, Сепыч-2, Очер, Верещагино посадки проводились по схеме 2,13×1,07 м (1 сажень на 0,5 сажени), а в Н-Курье – по схеме 2,0×0,6м. При одинаковой схеме посадки культуры Сепыч-1 формировались при большей густоте, так как в них провели дополнения, в отличие от культур Сепыч-2, созданных позднее (в 1916 г.), где такого дополнения уже не было (рис. 6.17). Это напрямую отразилось не только на высоте плюсовых деревьев, что и следовало ожидать, но и на потомстве, полученном от этих плюсовых деревьев.

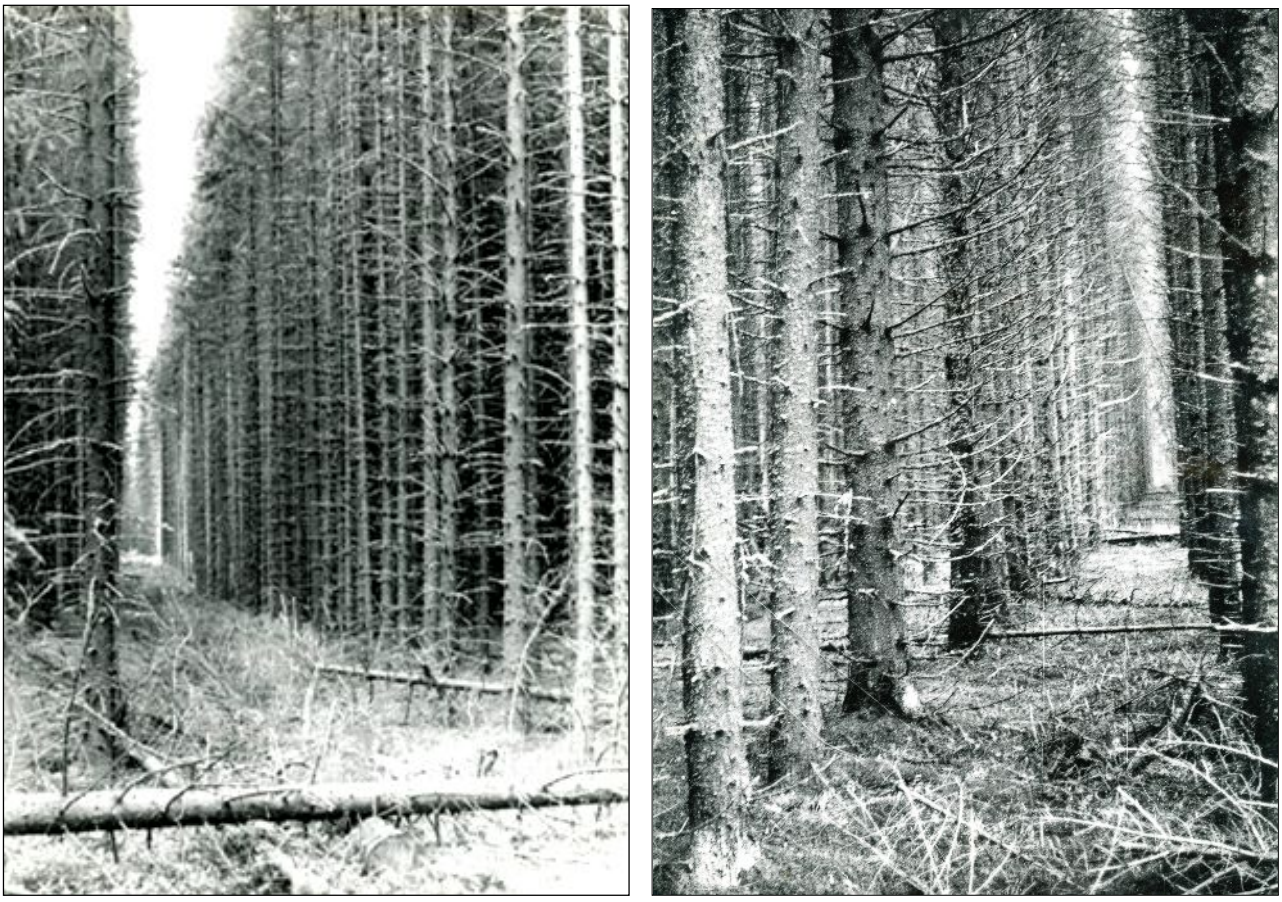


Рис. 6.17 – Культуры ели в ценопопуляции Сепыч-1 сформировались более густыми (фото слева) так как в них провели дополнения, в отличие от культур Сепыч-2, где такого дополнения не было (фото справа).

Если расположить культуры в порядке возрастания текущей густоты, то средние приросты по высоте и сбег ствола в культурах закономерно понижаются (табл.6.6). Повышение густоты культур привело к снижению высоты их потомства со 110,4% до 97,3-100% или на 8,3-13,6%. При этом ранги высот потомства почти совпадают с рангами густоты культур по возрастанию, различаясь не более чем на 1 значение.

Эти данные дополнительно подтверждают полученные выше результаты и свидетельствуют о том, что высокая конкуренция в насаждениях, где сформировались родители, не приносит пользы их потомкам – потомство у таких конкурентновыносливых родителей оказывается менее быстрорастущим. У такого потомства, однако, может быть лучшая приспособленность для роста в условиях конкуренции. Но в плантационном выращивании важна скорость роста и большие размеры растений, которых нам не дают выносливые к конкуренции потомства.

Таблица 6.6 – Влияние на рост потомства густоты культур, в которых отбирались плюсовые деревья

Происхождение	Возраст культур, лет	Схема посадки, м	Текущая густота		Средние		Сбег ствола		Прирост в высоту		Высота потомства в 21 год	
			шт./га	ранг *	высота, м	диаметр, см	см/м	ранг	см /в год	ранг	% от контроля	ранг
Сепыч-2	74	2,13×1,07	770	1	24,8	25,3	1,020	1	33,5	1	110,4	2
Очер	88	2,13×1,07	920	2	25,7	25,1	0,977	2	29,2	2	110,7	1
Сепыч-1	77	2,13×1,07	1200	3	22,2	21,1	0,950	3	28,8	3	107,8	3
Верещагино	87	2,13×1,07	1256	4	24,0	21,2	0,883	4	27,6	4	97,3	5
Нижняя Курья	51	2,0×0,60	1548	5	18,7	16,2	0,866	5	36,7	**	100,0	4

Примечание * - ранги идут по возрастанию, в других случаях - по убыванию; ** - прирост не ранжировали, так как культуры были намного моложе, чем на первых четырех участках.

Выводы.

1. В отличие от распространенного убеждения о пользе внутривидовой конкуренции для селекции получены противоположные результаты – высокая конкуренция не приносит пользы. Она формирует сообщество конкурентновыносливых родителей, которые и передают это свойство потомкам. При этом из густых культур потомки в 21-летнем возрасте растут медленнее на 8,3-13,6%. Напротив, при оптимальной конкуренции формируются материнские деревья, которые передают потомкам способность реализовать быстрый рост при снижении густоты их выращивания.

2. Для отбора таких родителей подходят естественные и искусственные древостои, редкие (или специально разреженные) в молодом возрасте и максимально сомкнутые в 50-60 лет. При этом придется смириться со слабой очищаемостью стволов от сучьев, которые у ели не опадают до 90 лет, и при отборе матерей по этому критерию в 50-60 лет вполне допустима средняя толщина сучьев.

3. В критерии отбора матерей следует включить параметры сбега ствола в пределах 1,2-1,3 см/м. При отборе в культурах эти параметры могут быть в более узких пределах (1,1-1,3 см/м), а в естественных насаждениях – в более широких (1,2-1,5 см/м). При меньшем и большем сбеге ствола у матерей в их потомстве резко уменьшается доля быстрорастущих семей (в 1,5-2,4 раза), Последнее, по-видимому, связано с тем, что такой сбег формируется при некотором оптимальном конкурентном давлении и густоте вблизи дерева, при которых в лидеры (в плюсовые деревья) выходят нужные нам матери, передающие потомству способность к быстрому росту при выращивании его в культурах с редкой посадкой (2,5×1,0м).

6.3.5. Сравнение потомства в густых и редких испытательных культурах

Испытательные культуры потомством 453 плюсовых деревьев мы создавали в двух местах. Первое и основное место было в Ильинском лесничестве и второе (страховочное) - в кв. 5 Юго-Камского лесничества (до 2007 г). Ныне это Рождественское участковое лесничество ГКУ «Пермское лесничество».. Во втором случае для закладки испытаний использовали обычную производственную подготовку почвы под культуры на вырубке. Из-за недостатка площади было принято решение о повышении густоты и посадке на одной раскорчеванной полосе 3 рядов культур при расстоянии между ними 0,7 м и между растениями в рядах также 0,7 м. Такая схема не оптимальна для выявления продуктивных семей, но она позволила нам выяснить реакцию потомства на конкуренцию.

На этом участке культуры в течение 20 лет испытывали не только повышенную конкуренцию со стороны растений своего вида внутри рядов культур, но и конкуренцию со стороны более быстрорастущих лиственных растений, которые местами превышали высоту ели на 1-5 м. (рис. 6. 18). Такого явления на предыдущем участке испытательных культур не наблюдалось (растения там высаживали по схеме 1,0×2,5 м) и это обстоятельство мы использовали для выяснения самых начальных тенденций эволюции ели в условиях конкуренции.

Рис. 6.18 – Удаление конкурирующих лиственных пород в густых испытательных культурах ели в кв.5 бывшего Юго-Камского лесничества. Фото 2010 г.

Анализ новых данных показал, что различия между высотами в испытательных культурах достоверны у 9 происхождений из 12 (табл. 6.7). Это свидетельствует о разной реакции происхождений на изменение как почвенных, так и фитоценотических условий. При этом незначительно и недостоверно изменили свои высоты всего 3 происхождения (Пермь, Кунгур, Чусовой), у которых высоты были близки к средним значениям. То есть эти происхождения устойчивы, но не имеют перспектив в селекции.

Таблица 6.7 – Рост потомства ели сибирской 12 ценопопуляций в испытательных культурах разной густоты в Ильинском и бывшем Юго-Камском лесничествах

Местонахождение (поселение, где размещалось лесничество)	Число деревьев, шт	Материнские деревья, средние значения				Потомство в кв. 41 Ильинского л-ва		Потомство в кв. 5 бывш. Юго-Камского л-ва		Различие в росте потомств на участках	
		Воз-раст, лет	высота		диаметр, см	число растений, шт	средняя высота, %	число растений, шт.	средняя высота, %	±, %	достоверность, t-критерий Стьюдента
			м	%							
Плюсовые деревья, естественные насаждения											
Очер	13	130	30,3	116,2	45,3	459	108,0 ± 1,66	136	97,6 ± 0,76	-10,4	5,69**
Нытва	29	95	29,1	120,3	40,8	834	105,9 ± 1,17	217	113,7 ± 1,04	7,8	4,98**
Гайва*	74	124	30,6	124,2	43,8	1898	95,4 ± 0,65	737	106,0 ± 0,50	10,6	12,93**
Ильинск	32	104	28,2	126,6	38,5	1010	101,8 ± 1,06	366	107,0 ± 0,78	5,2	3,95**
Пермь	108	118	30,1	125,6	43,2	2918	102,6 ± 0,57	1055	102,4 ± 0,40	-0,2	0,29
Кунгур	27	102	31,7	122,3	47,3	785	102,7 ± 1,14	195	101,6 ± 0,61	-1,1	0,85
Чусовой	18	133	30	129,3	43,9	515	100,2 ± 1,44	109	97,9 ± 1,12	-2,3	1,26
Всего; в среднем	***301***	***115***	***30***	***123,5***	***43,3***	***8419***	***102,4 ± 0,35***	***2815***	***104,4 ± 0,25***	***1,9***	***4,42****
Плюсовые деревья, лесные культуры											
Сепыч-I	85	77	28	126,1	35,2	2628	107,8 ± 0,62	1026	111,0 ± 0,38	3,2	4,40**
Сепыч-II	9	74	28,8	116,1	36,2	239	110,4 ± 1,84	79	99,8 ± 1,45	-10,6	4,52**
Очер	16	88	31,4	122	36,2	411	110,7 ± 1,53	173	106,2 ± 1,35	-4,5	2,21**
Верещагино	19	87	29,4	122,4	35,1	474	97,3 ± 1,34	259	118,9 ± 0,69	21,6	14,33**
Нижняя Курья*	23	51	22,5	120,3	25,3	595	100,0 ± 1,38	195	108,1 ± 1,07	8,1	4,63**
Всего; в среднем	***152***	***75,4***	***28***	***121,4***	***33,6***	***4347***	***105,1 ± 0,47***	***1732***	***110,9 ± 0,31***	***5,7***	***10,12****
Нормальные и минусовые деревья из лесных культур											
Сепыч-I	19	77	24,3	109,6	22,4	495	101,0 ± 1,43	230	108,0 ± 0,99	7,0	4,02**
Сепыч-II	15	74	24,5	98,8	25,7	310	105,5 ± 1,65	152	92,6 ± 0,79	-12,9	7,05**
Очер	13	88	28,2	109,9	25,5	319	103,3 ± 1,73	136	102,0 ± 0,79	-1,3	0,68
Верещагино	11	87	22,8	95,2	20,5	278	97,7 ± 2,17	73	104,1 ± 1,72	6,4	2,31**
Нижняя Курья*	14	51	20,8	111,4	22	409	95,6 ± 1,44	147	108,7 ± 1,11	13,1	7,21**
Всего; в среднем	***72***	***75,4***	***24,2***	***104,98***	***23,2***	***1811***	***100,8 ± 0,74***	***738***	***103,5 ± 0,47***	***2,60***	***2,97****
Контроль, 12 ценопопуляций						***776***	***100,0 ± 1,06***	***246***	***100,0 ± 0,43***	***0***	0
* микрорайон Перми						** различие достоверно					

В целом потомство естественных насаждений в условиях конкуренции повысило свой рост в среднем на 2,0%, а потомство культур - на 5,8% в сравнении с ростом в условиях более редких испытательных культур в Ильинском. Это может свидетельствовать о том, что материнские деревья в культурах сформировались в целом в более конкурентной среде. Поэтому они лучше переносят конкурентное давление соседей и даже повышают рост в высоту при более густой посадке в рядах культур (см. табл. 6.7).

К устойчиво сохраняющим быстрый рост популяциям можно отнести Нытву из естественных насаждений, имеющей высоты на участках 105,9 и 113,7%, а также Сепыч-1 и Очер из культур с высотами, соответственно, 107,8 и 111% и 110,7 и 106,2%.

Происхождения из культур во всех случаях достоверно изменили свой рост и это требует подробного анализа причин таких изменений. Для анализа используем таблицу 6.6, добавив в нее данные из таблицы 6.7 и поместив их в новую таблицу (табл. 6.8).

По мере увеличения текущей густоты, при которой сформировались плюсовые деревья, от ранга 1 к рангу 5, высота потомства в редких испытательных культурах падает со 110,4 до 97,3-100% и ранги высоты снижаются с 1-2 до 4-5, о чем уже говорилось в предыдущем разделе. В густых испытательных культурах все наоборот: высота потомства возрастает в соответствии с увеличением густоты в материнских древостоях (см.табл. 6.8).

Данное явление хорошо иллюстрирует рисунок (рис. 6.19), на котором в левой части подтверждаются выводы предыдущего раздела о лучшем росте потомства, если их матери сформировались при более свободном стоянии. Получается, что здесь уже потомства целых происхождений, как и потомства отдельных матерей ранее, сохранили приверженность к лучшему росту в более редких испытательных культурах, т.е. при совпадении конкурентных условий. Можно сказать и так, что как отдельная семья, так и потомство всего насаждения наследуют реакцию (память) своих матерей о конкурентном давлении соседей: потомство из густых насаждений лучше растет в густых, а потомство из редких древостоев – в редких культурах.

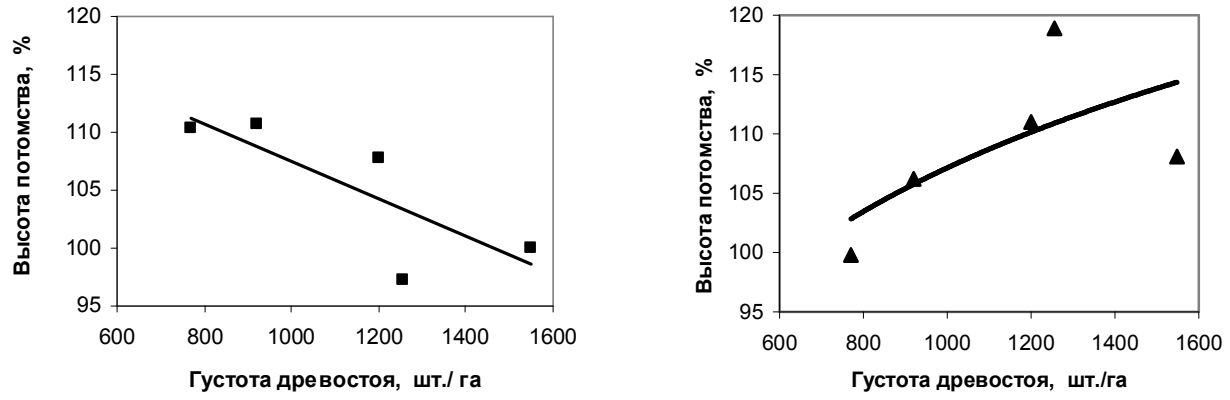


Рис. 6.19 – Влияние густоты материнских древостоев на рост потомства в испытательных культурах с редким размещением в рядах (слева) и с густым размещением (справа).

Таким образом, можно сделать заключение о том, что наследуется не только быстрота роста, но и память на условия конкурентной среды, в которой формировался древостой и плюсовые деревья в нем.

Эти условия для плюсовых деревьев можно либо формировать ранними разреживаниями и ждать, когда они в них вырастут, либо искать насаждения оптимальной густоты, причем желательны древостои с минимальной начальной густотой. И здесь поможет сбег ствола, который «записывает» историю конкурентного давления; напомним, что отбор плюсовых деревьев по оптимальному сбегу ствола до 2 раз повышает частоту лучших семей в потомстве при выращивании в культурах плантационного типа.

Таблица 6.8 – Густота, высота, сбег ствола и средний прирост в высоту в древостоях с плюсовыми деревьями и рост потомства этих плюсовых деревьев

Материнские ценопопуляции (культуры)											Рост потомства (высота) в испытательных культурах_			
Происхождение культур	Возраст культур, лет	Схема посадки, м	Текущая густота		Средние		Сбег ствола		Средний прирост в высоту		в 21 год на суглинистой почве с расстоянием между растениями в ряду 1,0 м		в 23 года на супесчаной почве с расстоянием между растениями в ряду 0,7 м	
			шт./га	ранг *	высота, м	диаметр, см	см/м	ранг	см /в год	ранг	% от контроля	ранг	% от контроля	ранг
Сепыч-2	74	2,13×1,07	770	1	24,8	25,3	1,020	1	33,5	1	110,4	2	99,8	5
Очер	88	2,13×1,07	920	2	25,7	25,1	0,977	2	29,2	2	110,7	1	106,2	4
Сепыч-1	77	2,13×1,07	1200	3	22,2	21,1	0,950	3	28,8	3	107,8	3	111,0	2
Верещагино	87	2,13×1,07	1256	4	24,0	21,2	0,883	4	27,6	4	97,3	5	118,9	1
Нижняя Курья	51	2,0×0,60	1548	5	18,7	16,2	0,866	5	36,7	**	100,0	4	108,1	3

Примечание * - ранги идут по возрастанию, в других случаях - по убыванию; ** - прирост не ранжировали, так как культуры были намного моложе, чем на первых четырех участках.

6.4. Селекция по косвенным признакам и естественный отбор

Отбор по косвенным признакам быстрорастущих потомков привлекателен из-за простоты. Если с ростом семей, потомств, происхождений связаны (коррелируют) какие-либо показатели внешнего облика материнских деревьев, формы и размеров шишек и семян, их окраски и другие показатели, то даже при слабом уровне связей они могут быть полезны в селекции матерей еще до начала испытаний. Между популяциями связи могут отличаться и если они слабые, то необходимы выборки большого объема для выявления различий или для простого ответа на вопрос о возможности их использования в сепарации матерей с желательными или нежелательными показателями.

Наиболее часто из косвенных признаков используют среднюю массу семени (вес 1 тыс. шт. семян), окраску семян, а также размеры и форму шишек. На 8-летнее потомство 525 плюсовых деревьев ели влияние массы семени было слабым: от r = 0,07 до r = 0,52, при средних значениях коэффициентов корреляции в 7 естественных ценопопуляциях r = 0,277 и в 5 ценопопуляциях из культур r = 0,224 (Рогозин, 2008) . Самое высокое значение этой связи в выборке из 27 значений в Кунгурской ценопопуляции (r = 0,52) спустя 13 лет (в 21 год) трансформировалось в отрицательную сторону до – 0,23; средние значения связей оказались в естественных ценопопуляциях r = – 0,017 и в культурах r = 0,072. То есть прямолинейное влияние массы семени на рост семей прекратилось.

Длина шишек является признаком, определяющим видовую принадлежность ели. На европейском Северо-Западе и Урале расположена зона естественной интрогрессивной гибридизации двух видов ели: европейской и сибирской. Исследования П.П.Попова (Попов, 1971, 1984) показали, что на обширной части ареала здесь образуется множество переходных форм с преобладанием признаков ели сибирской к северо-востоку и востоку от Урала и признаков ели европейской к западу. Обширность ареала зоны гибридизации даже позволила некоторым систематикам отнести эти формы к новому виду и назвать ее ель гибридная или ель финская (Правдин, 1975).

При анализе показателей шишек и семян мы обратили внимание на разную длину шишек в 3 совокупностях: плюсовых деревьев естественных популяций, плюсовых деревьев из лесных культур и обычных деревьев из лесных культур. При этом мы исключили из расчета средних значений ценопопуляцию «Нижняя Курья», так как культуры в ней были созданы гораздо позднее (в 1939 г.), должны рассматриваться отдельно и такие культуры не могли быть отнесены нами к культурам «Теплоуховского» типа (табл. 6.9).

Изменчивость длины шишек у плюсовых деревьев колеблется в 12 ценопопуляциях от 8 до 15,5%, составляя в среднем в естественных насаждениях 11,6% и в культурах 10,3%. Минимальные и максимальные длины отдельных шишек в естественных насаждениях составили от 60 до 111 мм и в культурах – от 65 до 106 мм. При этом в ценопопуляции «Нижняя Курья» эти колебания составили от 64 до 85 мм при средней длине в выборке плюсовых деревьев 76,1 мм и в выборке обычных деревьев 73,3 мм, что оказалось значительно меньше, чем в культурах Теплоухова (происхождения «Сепыч 1», «Сепыч 2», «Очер» и «Верещагино», см. табл. 6.9).

Средняя длина шишек у плюс-деревьев в 7 естественных популяциях оказалась 81,24 мм, а в 4 ценопопуляциях культур Теплоухова 87,92 мм или на 8,2% больше. В целом обе эти группы можно отнести к одному виду (подвиду) ели – ели гибридной, у которой средняя длина шишек определена 85±6,5 мм (Правдин, 1975). Средняя масса семени и число семян в шишках также оказались больше в культурах: на 8,5% и на 23,7% соответственно. Достоверности различий, рассчитанные по статистикам для совокупностей данных показателей, оказались выше стандартных при значениях $t_ф$= 7,1 для длины шишек, $t_ф$= 4,1 для массы семени и $t_ф$= 4,7 для числа семян.

Вероятно, при закладке культур под руководством Ф.А. Теплоухова были использованы семена, сознательно полученные от деревьев с более крупными шишками.

В свое время Федор Александрович Теплоухов интересовался этим вопросом и опубликовал первые сведения о морфологии шишек у ели в Европейской части России (Теплоухов, 1872).

Таблица 6.9 –Длина шишек, масса семени и число семян в шишках у плюсовых и обычных деревьев ели в естественных насаждениях и в культурах

Происхождение	Число деревьев, шт	Длина шишек, мм		Масса семени, 0,1 мг		Число семян в 1 шишке, шт	
		Средняя, мм	Вариация, %	Средняя, мм	Вариация, %	Средняя, мм	Вариация, %
Естественные насаждения, плюсовые деревья							
Очер	13	87,0±1,93	8,0	55,8±2,25	14,6	95,7±11,3	42,6
Нытва	29	84,4±2,15	13,7	51,4±1,67	17,5	80,7±7,5	49,9
Гайва*	74	82,2±1,16	12,2	53,3±0,93	15,1	110,0±4,0	31,2
Ильинск	32	82,3±1,93	13,3	53,8±1,85	19,5	96,6±6,5	37,9
Пермь	108	78,2±0,92	12,2	50,0±0,73	15,2	92,5±3,8	42,6
Кунгур	27	77,3±1,69	11,3	48,7±1,78	19,0	65,2±7,1	56,3
Чусовой	18	77,3±1,91	10,5	51,4±2,21	18,3	80,0±6,3	33,1
В среднем		81,24	11,6	52,07	17,0	88,7	42,0
Вся совокупность	***301***	***80,4±0,59***	***12,6***	***51,6±0,50***	***16,7***	***93,1±2,25***	***41,9***
Лесные культуры, плюсовые деревья							
Сепыч-I	85	87,6±0,94	9,9	54,9±0,86	14,3	112,6±4,5	36,9
Сепыч-II	9	92,3±2,85	9,2	61,8±3,01	14,6	100,0±11,3	33,9
Очер	16	84,3±2,54	12,0	54,3±1,59	11,7	109,3±8,3	30,4
Верещагино	19	87,5±2,01	10,0	55,0±2,24	17,7	116,8±6,4	23,7
Н. Курья*	*23*	*76,1±0,89*	*5,6*	*54,6±1,70*	*15,0*	*118,9±8,9*	*35,7*
В среднем без Н.Курьи		87,92	10,3	56,48	14,6	109,7	31,2
Вся совокупность без Н.Курьи	***129***	***87,46±0,79***	***10,2***	***55,24±0,72***	***14,9***	***112,0±3,37***	***34,2***
Лесные культуры, обычные деревья							
Сепыч-I	19	81,7±1,50	8,0	53,8±1,53	12,4	119,5±9,5	34,6
Сепыч-II	15	83,0±2,49	11,6	56,4±2,89	19,9	104,6±7,4	27,2
Очер	13	83,5±3,58	15,5	49,9±3,17	22,9	126,2±8,3	23,9
Верещагино	11	79,6±2,09	8,7	51,5±1,97	12,6	130,0±13,0	33,2
Н. Курья*	*14*	*73,3±2,20*	*11,2*	*51,7±1,95*	*14,1*	*130,9±12,5*	*35,6*
В среднем, без Н.Курьи		81,9	11,0	52,9	17,0	120,1	29,7
Вся совокупность без Н.Курьи	***58***	***82,23±1,19***	***11,0***	***53,05±1,21***	***17,4***	***116,8±42,0***	***27,3***

Распределение совокупности 129 плюсовых деревьев из культур по длине шишек заметно отличается общим сдвигом вправо и почти полным отсутствием деревьев со средней длиной шишек менее 70 мм, а также двумя модальными классами в пределах

от81 до 90 мм. Распределение 301 дерева естественных популяций имеет два модальных класса в совершенно других пределах – от 71 до 80 мм (рис. 6.20). Поэтому в культурах деревья по длине шишек можно отнести к форме с преобладанием признаков ели европейской, а в естественных популяциях – к форме с преобладанием признаков ели сибирской.

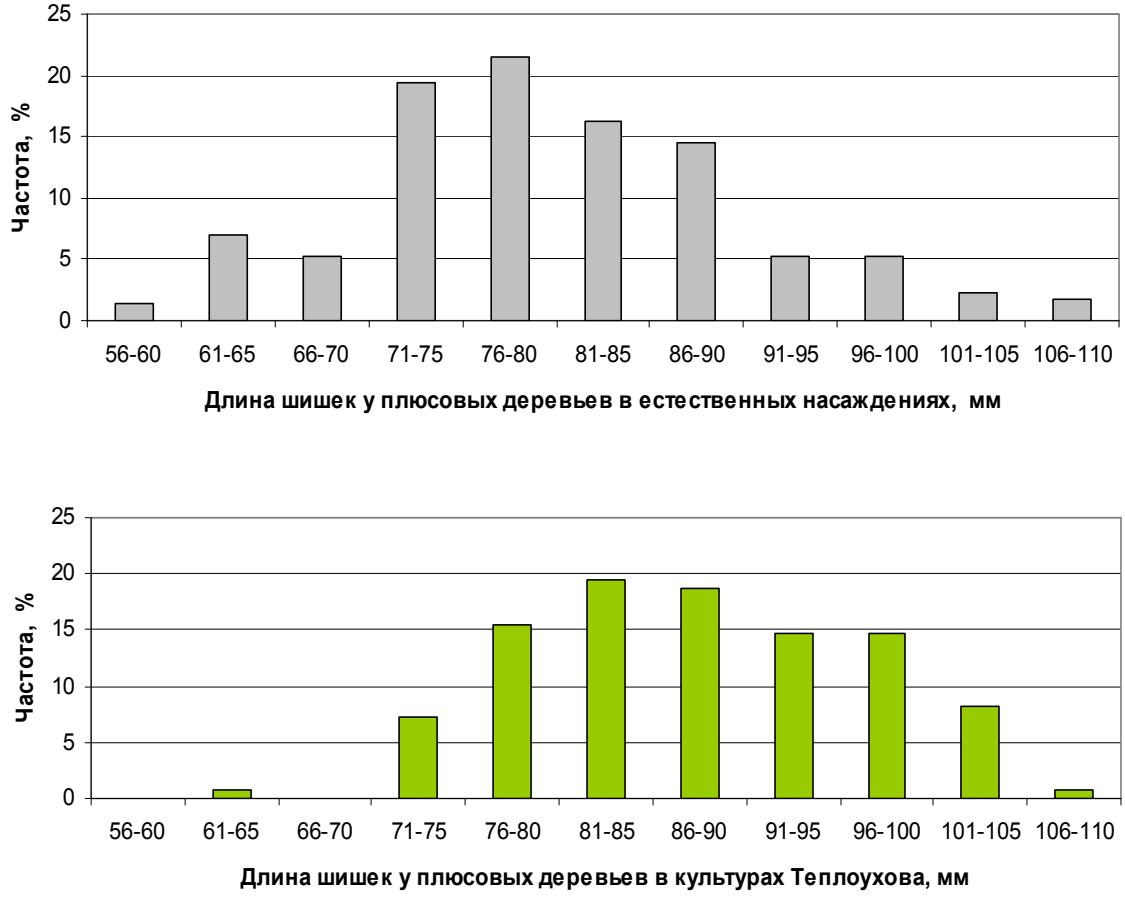


Рис. 6.20 – Распределение матерей по средней длине шишек в естественных насаждениях (301 плюсовое дерево) и культурах Ф.А.Теплоухова (129 плюсовых деревьев).

В культурах отмечены и другие особенности, которые можно отнести к критериям, по которым одна популяция отличается от другой. В частности, в ценопопуляциях «Сепыч 1» и «Очер» встретились 4 плюсовых дерева с гладкой корой (3,5% деревьев). Это своего рода «фен», который свидетельствует о том, что, по крайней мере, мы имеем дело с двумя группами популяций. К первой группе относятся культуры, где такой фен присутствует и ко второй – естественные насаждения, где такого фена совсем нет.

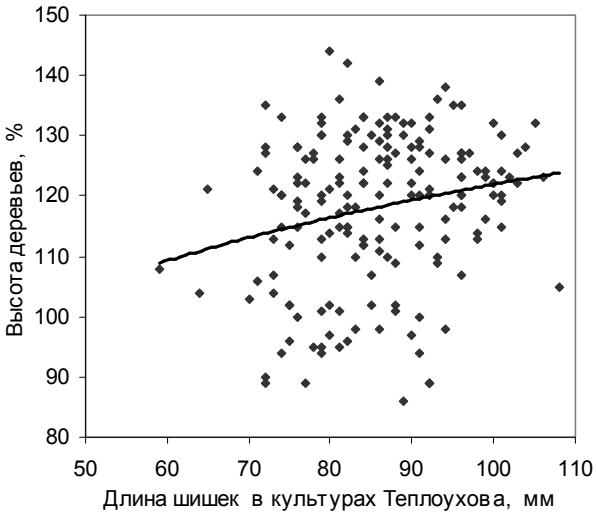
Наличие этого фена может говорить и о другом – он проявился только в связи с заготовкой семян в какой-то отдельно расположенной и, скорее всего, более юго-западной популяции (но в пределах бывшего Очерского окружного лесничества в имении графов Строгановых). Во всяком случае, есть все основания для выделения «культур Теплоухова» по этим признакам (длине шишек и форме коры) в отдельные ценопопуляции, которые были образованы искусственно в результате первого приема массового отбора деревьев (или насаждений) с крупными шишками.

Деревья с длинными шишкам можно считать носителями «европейских», а с короткими – «сибирских» генов ели. Тогда в случае группового расположения потомств (вицинизма) этих форм возможна эволюция с образованием ценопопуляций более «сибирских» и более «европейских», чем исходная популяция. Кроме того, пул генов

потомства формируют какие-то, возможно избирательные, сочетания особей при скрещивании, обусловленные высокой фертильностью и большим количеством пыльцы отдельных деревьев. Именно они формируют специфику генофонда ценопопуляций и являются причиной появления разных тенденций естественного отбора и эволюции вида.

По классификации Л.Ф.Правдина (Правдин, 1975), у ели европейской средняя длина шишек определена 100±10 мм, ели сибирской 62±10 и ели гибридной 85±6,5 мм. Если придерживаться этих параметров, хотя имеются и иные сведения (Попов, 2010), то частота встречаемости плюсовых деревьев с шишками европейского типа (от 90 мм и более) в изученных нами естественных насаждениях и в культурах составила, соответственно, 14,5 и 38,2% (в культурах в 2,6 раза больше). С другой стороны, встречаемость деревьев с шишками сибирского типа (до 72 мм) в естественных насаждениях была 18,9%, а в культурах – 5,7%. То есть «сибирских» плюсовых деревьев оказалось больше в 3,3 раза в естественных популяциях.

Возникает закономерный вопрос, а как же растут «более европейские» и «более сибирские» деревья в этих совокупностях? В естественных насаждениях мы имеем выборки только из плюсовых деревьев, но в совокупности, составленной из культур, есть выборки и из обычных деревьев, которые плодоносили в год заготовки шишек. Объединение выборок плюсовых и обычных деревьев из культур Ф.А.Теплоухова и дает нам ответ на поставленный вопрос.



В этой объединенной выборке из 129 плюсовых и 58 обычных деревьев корреляция между высотой деревьев и длиной шишек оказалась слабой (r=0,214±0,07), но достаточной для обнаружения регрессии. То есть более «европейские» деревья ели растут лучше и оказываются заметно выше (рис. 6.21).

Рис. 6.21 – Связь между длиной шишек у деревьев ели и их высотой в культурах Ф.А.Теплоухова.

В естественных популяциях такой связи не найдено (r=0,004), что объяснимо статистически, так как для расчета корреляции необходима выборка с охватом всей изменчивости. Такое правило соблюдено в культурах при включении в расчет обычных деревьев и отсутствует для естественных насаждений, где от обычных деревьев шишки не измерялись.

В таком случае можно полагать, что в генофонде культур в большей мере представлены гены ели европейской и обладатели этих генов развиваются в более крупные деревья.

Если принять во внимание некоторую пространственную изоляцию ценопопуляций культур и формирование пула семян при опылении пыльцой из этих же культур, то тогда после первого приема отбора «крупношишечных матерей», проведенного в начале 20 века, мы наблюдаем сейчас в потомствах F_1 и F_2 следующие результаты.

В потомстве F_1 получено увеличение: длины шишек на 8,2%, массы семени на 8,5% и высоты потомков примерно на 1 класс бонитета. При этом последнее увеличение произошло в результате комплекса причин, по которым культуры Ф.А.Теплоухова показали повышенную продуктивность в сравнении с естественными насаждениями (о которых мы говорили в разделе 3), однако и хорошее качество семян было одной из этих причин.

В потомстве F_2 (выращенные уже нами испытательные культуры) потомство культур Ф.А.Теплоухова показало преимущество в росте со средней высотой 106,6% при средней высоте потомства естественных насаждений 102,4% от контроля, причем преимущество получено и на потомстве обычных деревьев из культур, в виде среднего превышения высоты их семей на 1,0-5,5% для трех участков культур из четырех, относящихся к культурам Ф.А.Теплоухова (см. табл. 6.7).

Далее подробный анализ полей корреляции показал нам много интересного. В предыдущих разделах мы эффективно использовали метод анализа долей. Этот метод чувствительнее метода корреляции и часто дает хороший ответ на поставленные селекционные вопросы в случаях, когда в популяциях проявляется действие стабилизирующего отбора и коэффициенты корреляции близки к нулевым значениям.

Для потомства из культур Ф.А.Теплоухова (129 семей) градации массы семени матерей «легкие», «средние» и «тяжелые» оказались неравнозначны. При отнесении к лучшим семей с высотой 115% и более их доли по градациям оказались 18,4; 31,9 и 20,5% или, по отношению к средней доле (24,0%) 0,77; 1,33 и 0,85. То есть наблюдается преимущество матерей со средней массой семени, у которых лучших семей в потомстве оказалось больше в 1,6-1,7 раза в сравнении с матерями с тяжелыми и с легкими семенами. Следовательно, в отношении массы семени здесь действует стабилизирующий отбор.

Тенденции аналогичного отбора мы уже наблюдали выше в отношении высоты матерей и сбега ствола, однако для массы семени в естественных популяциях преимущество изменилось в пользу легких семян. У деревьев с легкими семенами, при отнесении к лучшим семьям семей с высотой 115% и более, доля лучших семей составила 12,1%, а у деревьев со средними и тяжелыми семенами только 6,7 и 5,8%. То есть у матерей с легкими семенами доля лучших семей в потомстве оказалась больше в 1,8-2,1 раза, чем у матерей со средними и тяжелыми семенами.

Аналогичные различия сохраняются и при снижении критерия отбора до 110% (рис. 6.22).

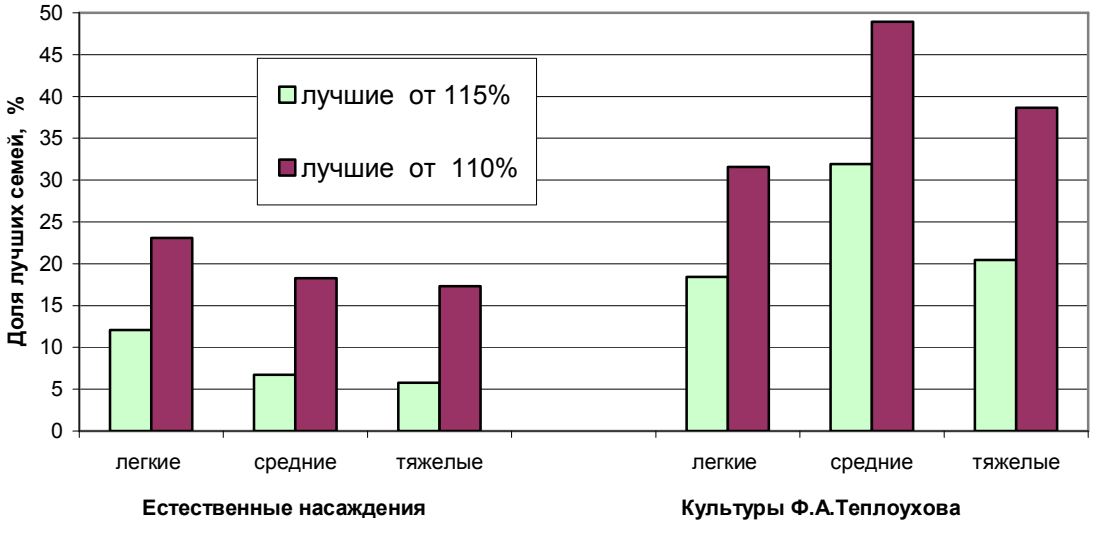


Рис. 6.22 – Доля лучших семей в градациях массы семени «легкие», «средние» и «тяжелые» в потомстве плюсовых деревьев ели из естественных насаждений и из культур Ф.А.Теплоухова.

Это оказалось настолько неожиданным, что мы долго не могли найти этому какое-либо объяснение. На поле корреляции в левом верхнем углу заметно выделяются 6 точек (рис. 6.23) и этот кластер образован деревьями, у которых легкие семена сочетаются с

короткими шишками (рис. 6.24). Кластер на рисунках выделен треугольными точками и включает матерей из происхождений Нытва, Ильинск, Кунгур и Пермь.

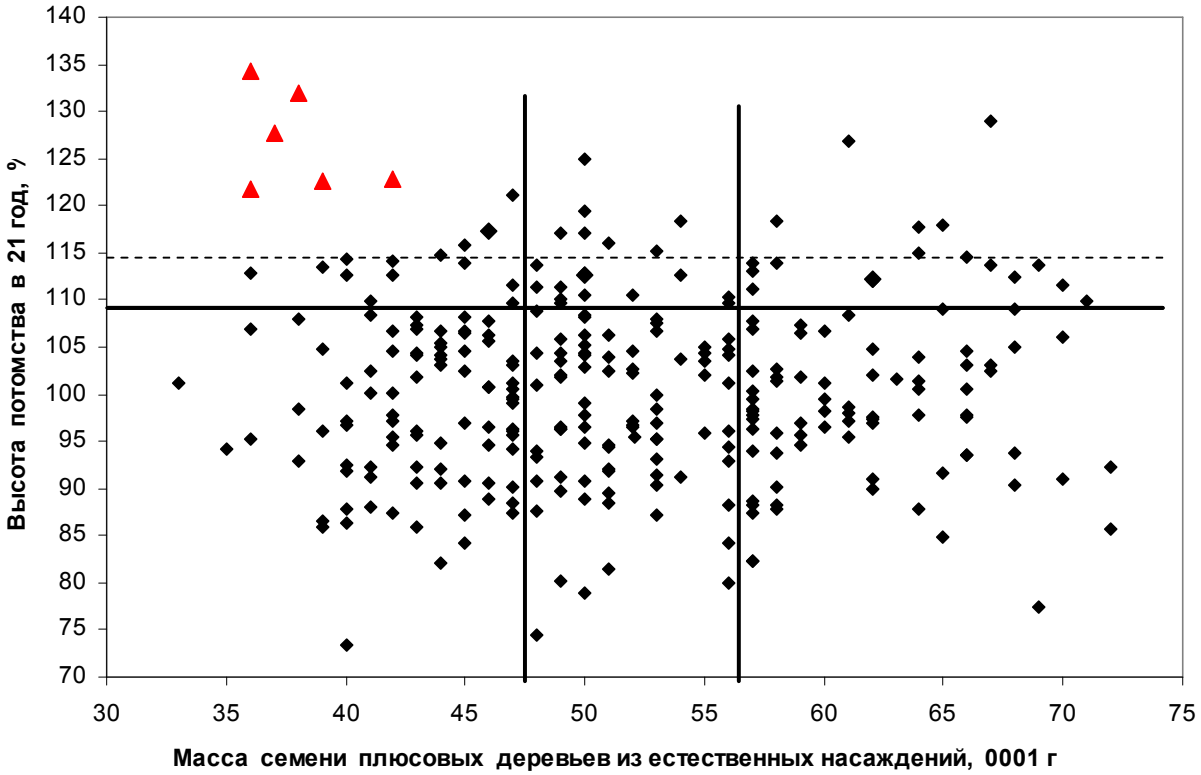


Рис. 6.23 – Масса семени и высота 21-летнего потомства у плюсовых деревьев ели из естественных насаждений. Пояснения в тексте.

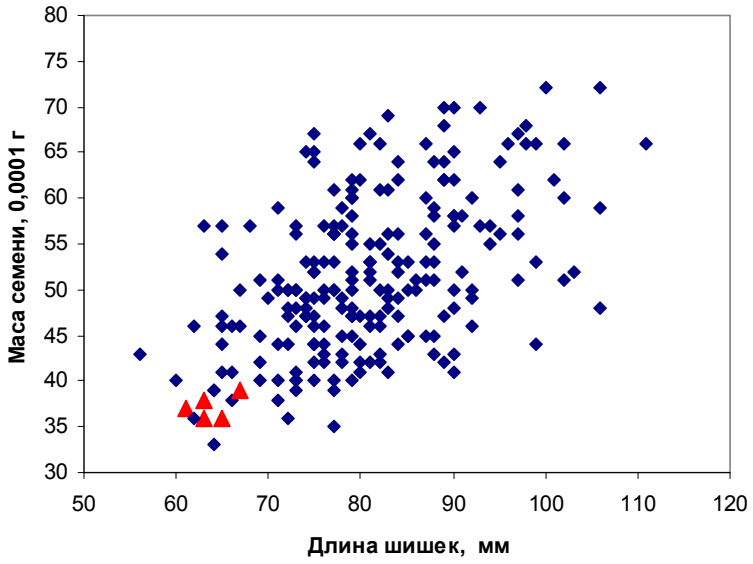


Рис. 6.24 – Связь средней длины шишек и средней массы семени у плюсовых деревьев ели из естественных насаждений. Пояснения в тексте.

Если обнаруженный кластер из выборки исключить, то на рисунке 6.22 доли лучших семей уравняются. В таком случае из трех известных видов естественного отбора – стабилизирующего, движущего и дизруптивного здесь мы имеем дело с нестабильной ситуацией. Во всяком случае, если для естественных популяций ели потребуется эволюция в сторону высокорослых семей, то можно ожидать появление самых разных тенденций эволюции, включая и появление в следующих поколениях все большего числа потомков с легкими семенами.

Подводя итог проведенному анализу, можно интерпретировать результаты в целом как положительный ответ ели гибридной, как вида, на первый сознательный отбор крупношишечных матерей.

С другой стороны, остаются и некоторые сомнения в части возможного положительного влияния на потомство более молодого возраста деревьев, который в культурах Ф.А.Теплоухова на момент сбора семян был в пределах 74-88 лет, а в естественных популяциях старше – в пределах 90-143 лет. Однако один из участков, не относящийся к «Теплоуховским» культурам (Нижне-Курьинский) был еще моложе их, создан в 1939 г. и на момент сбора семян имел возраст всего 51 год. Тем не менее, среди потомства культур потомство этого участка оказалось одним из самых низких (см. табл. 6.7). Одновременно у него же и длина шишек была меньше. Поэтому более молодой возраст деревьев не является фактором, увеличивающим размеры шишек.

На селекцию крупношишечных форм потомство F_2 реагировало стабилизацией, с преимуществом в росте у деревьев со средней массой семени и средними шишками. То есть популяция вернулась в устойчивое состояние и продолжение отбора матерей с крупными шишками бесперспективно. На такие результаты часто указывают классические примеры селекции на основе массового отбора, когда эффективен оказывается только самый первый его этап.

В потомстве естественных насаждений, как отмечалось выше, неожиданно проявилась слабая тенденция к движущему естественному отбору в отношении деревьев с малой массой семени и, как следствие, возможному появлению в следующих поколениях все большего числа потомков с легкими семенами; во всяком случае, даже при удалении кластера из 6 деревьев с легкими семенами и быстрорастущим потомством доли лучших семей по трем градациям массы семени выравниваются, но картина совсем не напоминает стабилизирующий отбор: у средних по массе семени деревьев нет никаких преимуществ.

При описании методики выделения плюсовых деревьев мы говорили выше о том, что на естественные популяции в прошлом было давление искусственным отбором с изъятием части продуктивных растений и это отразилось на качестве плюсовых деревьев, отобранных вблизи г. Перми (происхождения Пермь и Гайва). Однако в происхождениях Очер, Нытва и Ильинск такое давление мы не обнаружили, хотя в них также встречаются деревья, входящие в кластер (см. рис. 6.19). Поэтому дать объяснение движущего отбора в сторону деревьев с легкими семенами возможно на основе следующего предположения.

Можно предположить, что в изученных нами естественных популяциях преобладают формы ели сибирской с более мелкими шишками и семенами и протекающие в них процессы образования гамет идут другим образом, чем в ценопопуляциях культур с проведенным отбором крупношишечных форм. Поэтому, на основании полученных результатов, можно говорить о разных тенденциях микроэволюции этих двух форм ели.

У более «европейской» ели, в культурах Ф.А.Теплоухова в результате ее селекции по размеру шишек, в потомстве F_2 наблюдается стабилизирующий естественный отбор в отношении размеров семян и шишек и селекция на быстроту роста потомства более эффективна среди матерей, средних по длине шишек и со средней массой семени. У более «сибирской» формы ели в естественных насаждениях такой стабилизации нет и поэтому результаты селекции на быстроту роста потомства практически равнозначны как среди мелко- так и среди крупношишечных форм, а также среди матерей с мелкими, средними и крупными семенами.

Но даже если это не так и отбора крупношишечных форм при создании культур не было, то сама картина рассеяния точек на поле корреляции в группе потомков естественного происхождения с образованием кластера достаточна для вывода о наличии неких иных комбинаций аллелей в естественном генофонде в отличие от генофонда в культурах ели, прошедшего отбор через человека.

Часто высказываются опасения о сокращении генетического разнообразия (уровня гетерозиготности) в искусственных лесах. Однако селекция (массовый отбор) как раз и основана на изъятии из генофонда определенной его части, а часть никогда не может быть больше целого. Естественный отбор – это селекция силами природы. Рассматривая частоту лучших семей в градациях косвенного признака (а не среднее значение высоты семей, как в корреляционном и дисперсионном анализе), мы обнаружили некоторые ньюансы в картинах связи массы семени матери с высотой семей, которые резко отличают две сравниваемые группы – потомство из культур и потомство из естественных лесов. Если бы природе потребовались быстрорастущие семьи ели, то ее эволюция в сходных с испытательными культурами условиях была бы направлена на выживание матерей с мелкими семенами, а эволюция потомства из культур Ф.А.Теплоухова – на матерей со средними семенами. Именно такие семьи и потребовались человеку и необходимо использовать все многообразие связей для направления эволюции ели гибридной в нужное нам русло.

Выводы.

1. Средняя длина шишек у плюс-деревьев в культурах оказалась на 8,2% больше, чем в естественных популяциях и деревья в культурах можно отнести к форме ели с преобладанием признаков ели европейской, а в естественных популяциях – к форме с преобладанием признаков ели сибирской. Средняя масса семени также оказалась больше в культурах: 5,52 мг против 5,16 мг в естественных популяциях или больше на 7,0%.

2. Ценопопуляции из культур Ф.А. Теплоухова отличает наличие фена гладкой коры у 3,5% крупных деревьев, отсутствующего в естественных насаждениях. С учетом различий в длине шишек эти группы можно отнести к разным популяциям с инициацией разных тенденций естественного отбора.

3. Вероятно, при закладке культур под руководством Ф.А. Теплоухова использовали семена от деревьев или насаждений с крупными шишками. В потомстве F_1 получено увеличение: длины шишек на 8,2%, массы семени на 6,8% и высоты древостоев на 1 класс бонитета. В потомстве F_2 высота растений потомства плюсовых деревьев культур Теплоухова была 106,6% при высоте семей естественных популяций 102,4%, то есть преимущество потомства F_2 в 21 год составило 4,2%.

4. Из культур Ф.А.Теплоухова в потомстве плюсовых деревьев обнаружено преимущество матерей со средней массой семени. У них доля лучших семей (115% от высоты контроля и более) выше в 1,6-1,7 раза в сравнении с матерями с тяжелыми и с легкими семенами. Следовательно, в отношении массы семени действует стабилизирующий отбор.

5. В естественных насаждениях ели сибирской в потомстве плюсовых деревьев обнаружено преимущество матерей с малой массой семени. Они дают потомство, в котором доля лучших семей выше в 1,8-2,1 раза, чем у матерей со средними и тяжелыми семенами. Следовательно, здесь появляется тенденция к движущему отбору с предпочтением деревьям с легкими семенами.

6.5. Отбор лучших происхождений и лучших семей

В лесном семеноводстве отбор лучших географических происхождений главных пород-лесообразователей был первой большой задачей, решению которой посвятили свои усилия несколько поколений селекционеров. Усилия завершилась в 1982 г. разработкой лесосеменного районирования для большинства лесных пород, в котором были определены районы, из которых допускается переброска семян для лесовосстановления в случае нехватки местных семян. Из этих исследований следует, что лучшей сохранностью и продуктивностью отличаются почти всегда культуры из семян местного происхождения. Оказались близки к ним или превышали их культуры из семян близлежащих регионов, чаще всего расположенных западнее и юго-западнее в Европейской части России.

Казалось бы, дальнейшей работой в этом направлении должны были быть испытания в пределах выделенных лесосеменных районов более мелких единиц в иерархии вида – популяций и групп популяций а также отдельных выдающихся насаждений. Однако в семеноводстве возобладало прямое использование массового отбора в высокопродуктивных насаждениях. При этом в некоторых регионах плюсовая селекция совершенно не оправдала ожиданий и даже критикуется как бесперспективное направление в селекции (Авров, 2001, Видякин, 2010).

Возможно, неудачи массового отбора объясняются довольно просто и вызваны особенностями популяций, в которых проводился отбор плюс-деревьев. Причем на эти особенности просто не обратили внимания либо их не выясняли, так как для этого необходимы выборки достаточного объема и их сравнение из разных популяций, причем сравнения необходимы главным образом по потомству. Поэтому вполне возможно допущение, что в разных ценопопуляциях плюсовая селекция будет иметь разный успех. Если это так, то вначале необходима проверка всех плюсовых насаждений, для чего их испытывают по потомству, отбирая в каждом смешанный образец или раздельные образцы от 20-30 плюс-деревьев. После выяснения лучших происхождений уже только из них используют потомство для закладки ЛСП-1 и испытательных культур.

В предыдущих разделах нам удалось доказать, насколько сильно конкуренция в древостое и его структура влияют на потомство и тенденции естественного отбора и объяснить, почему усилия по отбору «самых-самых» крупных плюс-деревьев не оправдывают наших ожиданий.

Термин «происхождение семян» является достаточно общим понятием и под ним в данной работе мы понимаем естественные насаждения и культуры в разных лесничествах. Однако в культурах работы проводились на компактных участках и их вполне можно отнести к ценозам-популяциям (ценопопуляциям) в отличие от естественных древостоев, где участки были фрагментированы; для культур в качестве отличий в происхождении принимались также разные годы их создания и разные схемы размещения посадочных мест. Учитывая невыясненность границ популяций ели, термины «популяция» и «ценопопуляция» используются нами иногда вместо термина «происхождение», подразумевая при этом возможность существования отдельных популяций в одном происхождении.

В данном разделе исследованы потомства ели сибирской и гибридной 12 происхождений с измерениями культур в 4, 8 и 21 год. Сопоставление результатов измерения высот в происхождениях в 4 года и в 21 год показано на рисунке (рис. 6.25).

Чрезвычайный интерес представляет стабильность роста потомства разных происхождений. В нашем распоряжении имеются пока только три оценки скорости роста потомств – в возрасте 4, 8 и 21 год. Стабильность роста интересна для прогноза будущей продуктивности потомства. Однако выше при рассмотрении законов развития древостоев было показано, что в период сомкнутости крон решающим фактором для развития

деревьев является возникающая конкуренция между растениями и реакция на нее как отдельных растений и потомств, так и их больших совокупностей (происхождений) может быть разной. Эта реакция может понизить темпы роста у ранее быстрорастущих вариантов. Кроме того, стабильность не так уж и важна в конце испытаний, когда элита уже определена. Поэтому вопрос может быть весьма простым: в какой группе происхождений и в каком возрасте сформировались будущие происхождения-лидеры ?

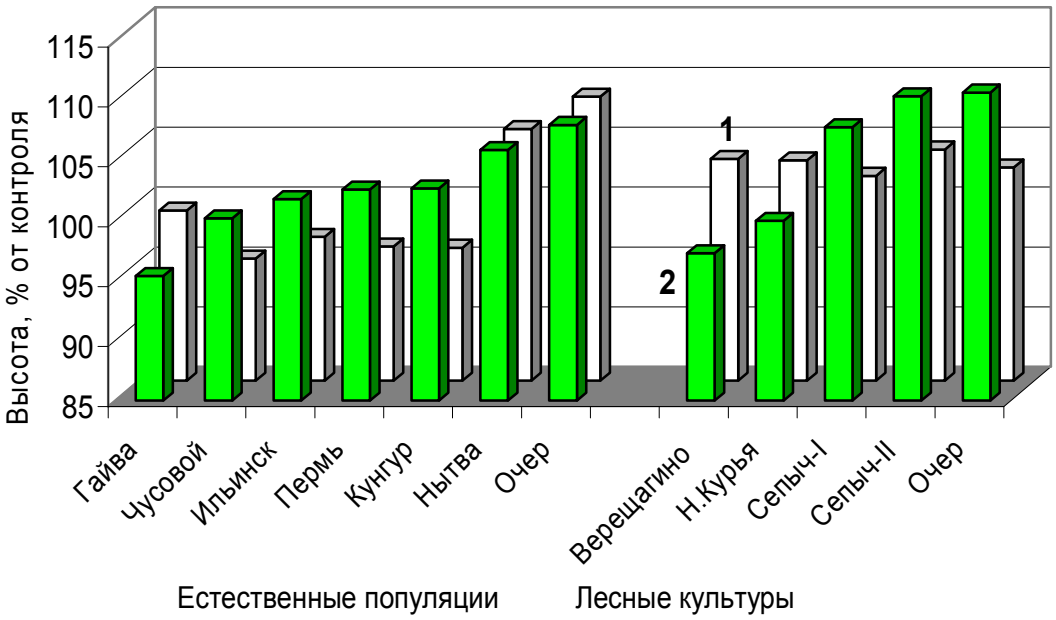


Рис.6.25 – Высота потомства плюсовых деревьев ели разных происхождений в 4 года (1) и в 21 год (2) в испытательных культурах в Ильинском лесничестве

В определенном смысле ответ на этот вопрос будет ранней диагностикой роста на макроуровне – на уровне больших общностей. В наших опытах различия в высотах потомств разных происхождений достигали 13.5–15.3 % (табл. 6.10). При этом имеет место определенное сохранение рангов высот с возрастом. Так, из первых 7 рангов в 4 года и в 8 лет сохранили высокий ранг до 21 года 5 происхождений.

Эти лидеры растут лучше контроля на 5.9–10.7% (в таблице они затемнены). Т. е. в 21 год группа этих 5 происхождений ранее, в 4 и 8 лет, входила в группу первых по высоте 7 происхождений. Эта группа включает в себя несколько более половины испытываемых вариантов (7 из 12 или около 60%) и внутри себя содержит будущих лидеров.

По приведенной таблице можно определить вероятность успеха плюсовой системы селекции. Получено три результата:

успешный – потомства достоверно превышают контроль по высоте на 5% и более: естественные популяции Очер и Нытва; культуры Сепыч-1, Сепыч-2 и Очер (около 42% случаев);

нейтральный – превышения потомства незначительны, недостоверны и колеблются в пределах от 0 до 2,7%: естественные популяции Ильинск, Пермь, Кунгур, Чусовой; культуры Нижняя Курья (около 42% случаев);

отрицательный – потомства растут ниже контроля по высоте на 2,7-4,6%: популяции Гайва и Верещагино (17% случаев).

Таблица 6.10 – Рост потомства ели сибирской и гибридной разного происхождения

Происхождение (поселение, где размещалось лесничество)	Количество, шт.		Средняя высота, % от контроля			Ранги средних высот		
	се-мей	рас-тений	4 года	8 лет	21 год	4 года	8 лет	21 год
Естественные насаждения								
Очер	13	459	108,7	108,7	108,0 **	1	1	3
Нытва	29	834	106	107,3	105,9 **	2	3	5
Гайва*	74	1898	99,2	95,9	95,4 **	8	11	12
Ильинск	32	1010	97	106,3	101,8	9	4	8
Пермь	108	2918	96,2	101,2	102,6 **	10	10	7
Кунгур	27	785	96,1	102,1	102,7	11	8	6
Чусовой	18	515	95,2	103,9	100,2	12	6	9
Итого; в среднем	***301***	***8419***	***98,4***	***103,6***	***102,4 ± 0,35****	***7,6***	***6,1***	***7,1***
Лесные культуры								
Сепыч-I	85	2628	102,1	107,7	107,8 **	7	2	4
Сепыч-II	9	239	104,3	104,3	110,4 **	3	5	2
Очер	16	411	102,8	103,8	110,7**	6	7	1
Верещагино	19	474	103,5	101,3	97,3	4	9	11
Нижняя Курья*	23	595	103,4	93,7	100,0	5	12	10
Итого; в среднем	***152***	***4347***	***102,7***	***104,2***	***105,1 ± 0,47****	***5***	***7***	***5,6***

* - микрорайон г. Перми; ** - отличие от контроля достоверно (см. табл. 6.5).

Если не знать или не учитывать различия между ценопопуляциями по качеству потомства и *случайно* использовать какое-либо происхождение для сбора семян, то вероятность получения депрессивного потомства составит 2 случая из 12 или 17%**.** В нашем случае одно из них (Гайва) оказалось с весьма большим количеством плюсовых деревьев – 74 шт. или 15 % всех плюсовых деревьев ели в Пермском крае. Близость к г. Перми предопределяет предпочтение её другим местам заготовки исходного материала, хотя с учетом наших данных о ее потомстве использовать ее крайне нежелательно.

Для исключения отрицательных результатов нужны испытания потомства разных ценопопуляций. По их результатам выбирают, где плюсовая селекция оправдывает себя и только там ее применяют. Для предварительного выделения происхождений-лидеров необходим «мягкий» отбор и отнесение к лидерам-кандидатам в раннем возрасте до 60% происхождений. Можно рекомендовать в связи с этим испытания в пределах лесосеменного района многих популяций и происхождений с их последовательным сокращением.

Сокращение объема испытаний возможно уже на этапе пересадки саженцев в испытательные культуры. Оценка по высоте в 4 года является для этого хорошим ориентиром: в наших опытах из первых 7 происхождений по высоте, измеренной у саженцев, высокий ранг высоты в 21-летних культурах сохранили 5 происхождений. При таком раннем отборе важно не упустить будущих лидеров и выполняет это условие браковка до 40% происхождений. Такой отбор поможет резко сократить затраты на испытательные культуры.

В развернутом виде результаты испытаний были показаны выше в разделе 6.3 (см. табл. 6.5). По этим подробным характеристикам потомства видно, что в качестве второго вида контроля использованы не только семена производственного сбора, но и семена, полученные от нормальных и минусовых (т.е. от обычных по размерам) деревьев. Особо отметим, что потомство этих обычных деревьев в популяциях-лидерах (Очер, Сепыч)

превышает высоту контроля на 1,0-5,5%, тогда как в популяциях-аутсайдерах (Верещагино, Нижняя Курья) оно растет ниже контроля на 2,3-4,4% (97,7-95,6%). То есть потомство обычных деревьев повторяет поведение потомства плюсовых деревьев своей ценопопуляции. Это дополнительно свидетельствует о стабильно высоком качестве потомства популяций-лидеров.

Эффект от селекции лучших происхождений ели сибирской можно существенно увеличить индивидуальным отбором матерей по потомству.

Индивидуальный отбор называют также семейным отбором. При этом испытывают потомство, для которого известна мать и неизвестен отец, так как используют потомство от свободного опыления. Для потомства одной матери от одного урожая семян чаще всего используют термин «семья»; семьи одной матери от нескольких урожаев, а также семьи нескольких матерей можно называть уже «потомство». Для расчета эффекта семейного отбора используем те же точечные диаграммы, на которых была показана связь между высотами матерей и ростом их семей (см. рис. 6.8 и 6.10). Верхние точки на этих рисунках и будут лучшими по потомству матерями.

Подход к выбору критериев семейного отбора может быть двояким.

Во-первых, к лучшим можно относить семьи с высотами 110% и более, как это принято в практике лесной селекции. В этом случае их количество в потомстве культур и естественных насаждений оказалось 52 (34,2%) и 72 шт. (23,9%) и результат в культурах оказался гораздо лучшим, так как доля лучших семей их потомстве оказалась больше в 1,43 раза, что вполне согласуется с общим лучшим ростом потомства из культур (на 2,7%), отмеченным выше в таблице.

Во-вторых, интенсивность отбора может быть задана. Например, отбор 1/3 лучших семей (33%), 1/7 (15%), 1/10 и т. д. В нашем случае 15%-ный отбор семей дает увеличение высоты 21-летних культур:

– на 18,4% в потомстве естественных насаждений;

– на 20,4% в потомстве из культур.

В целом семейный отбор дает увеличение высоты потомства на 18-20% и это *выше в 2 раза*, чем эффект плюсовой селекции в лучшем (Очерском) происхождении, где высота потомства из естественных насаждений и культур была, соответственно, только на 8,0 и на 10,7% выше контроля.

Было бы весьма перспективно использовать любые методы выявления корреляций и связей высоты лучших семей с какими-либо косвенными признаками и использовать эти связи для предварительного отбора по ним материнских деревьев. Некоторые из таких признаков нам выявить удалось и один из них (сбег ствола) оказался весьма и весьма эффективным и об этом признаке уже шла речь в разделе 6.3 (см. рис. 6.11, 6.12). Другие признаки, такие как масса семени и величина шишек, дают меньший эффект.

Кроме косвенных признаков большой интерес представляет использование ранних оценок роста семей, например, в 4-10 лет с тем, чтобы по результатам таких оценок проводить предварительную сепарацию материнских деревьев, от которых затем собирают повторные урожаи и закладывают новые испытания потомства. Испытания потомства весьма длительны и многоступенчаты и если бы удалось сократить сроки выявления элиты хотя бы на 10-15 лет, то это было бы весьма существенно. В этом могут помочь расчеты, проведенные ниже на основе сопоставления оценок роста семей в 4, 8 и 21 год.

Коэффициенты корреляции между высотами семей в 4 и 21 год оказались низкими (близкими к нулю) и в среднем по двум выборкам семей составили $r = 0,094$. При таком уровне связей прогнозы невозможны. Однако в 8 лет корреляции увеличились до уровня, достаточного для прогноза высоты семей и в потомстве естественных насаждений составили $r = 0,518$, а в потомстве культур $r = 0,446$ (табл. 6.11).

Таблица 6.11 – Коэффициенты корреляции между высотами семей плюсовых деревьев ели в ранних возрастах и в 21 год

Происхождение	Количество пар данных	Коэффициенты корреляции между высотами семей	
		в 4 и 21 год	в 8 и 21 год
Естественные насаждения	301	0,102	0,518
Лесные культуры	152	0,085	0,446
Всего	453	×	×
В среднем	×	0,094	0,482

При таком уровне связей в 8 лет уже возможна оценка быстроты роста семей в будущем и отбор группы перспективных вариантов. Например, на поле корреляции (рис. 6.26) при отборе по высоте 100% и более в левой части поля бракуется 36.2% семей. Но при этом захватываются и семьи, оказавшиеся лучшими в 21 год, и которые в 8 лет по высоте были менее 100%.

Количество утрачиваемых лучших семей определяет, в свою очередь, критерий их зачисления в категорию «лучшая семья» в 21 год, который может быть 110% (горизонтальная линия) или повышенный (115%, пунктирная линия). По первому критерию мы утрачиваем 7 лучших семей из 53 (13,2%), по второму – только 2 лучших семьи из 25 (8%).

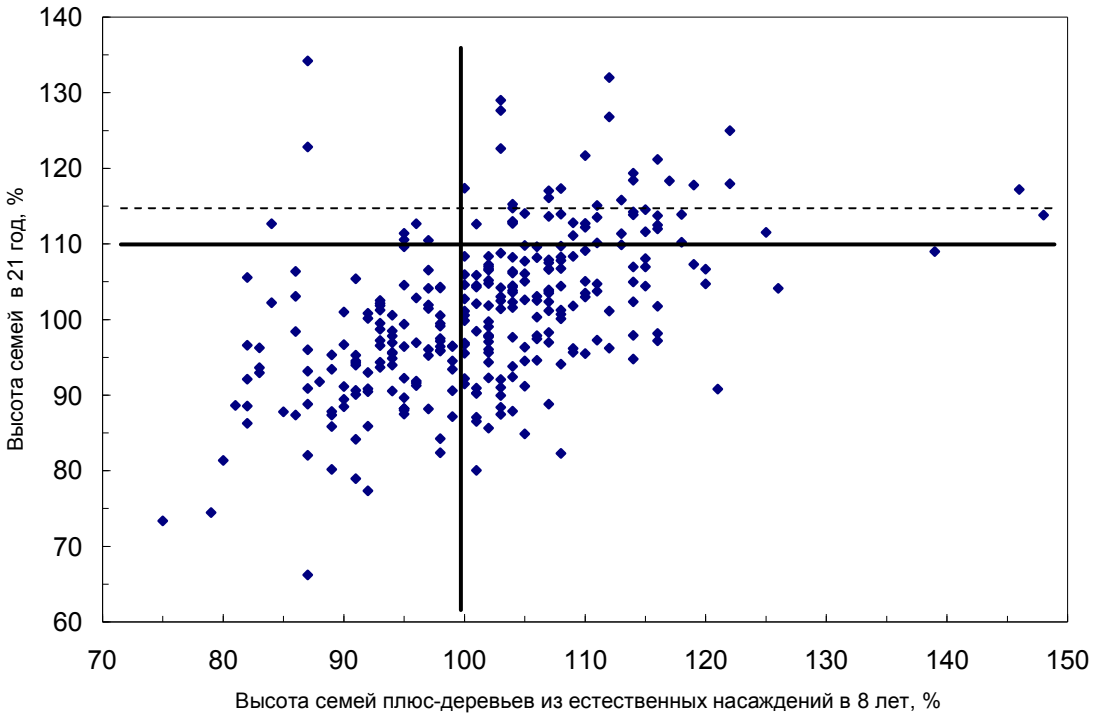


Рис. 6.26 – Автокорреляция высот семей ели сибирской в 8 и 21 год, пояснения в тексте.

Утрата лучших семей может быть временной, если это будет не включение потомства какого-либо дерева в повторные испытания, либо окончательной – при удалении семьи из текущего испытания. Последнее возможно, если цена качественно подготовленной для испытаний земли высока. Тогда и удаление из испытательных культур худших семей, при интенсивности браковки в 40% и освобождении соответствующей территории для новых культур не так уж неприемлемо, как это кажется на первый взгляд.

Решение по ранним оценкам семей может быть принято по соотношению допускаемых численных потерь лучших семей и интенсивности браковки семей. Чем больше браковка, тем больше потери (рис. 6.27, 6.28).

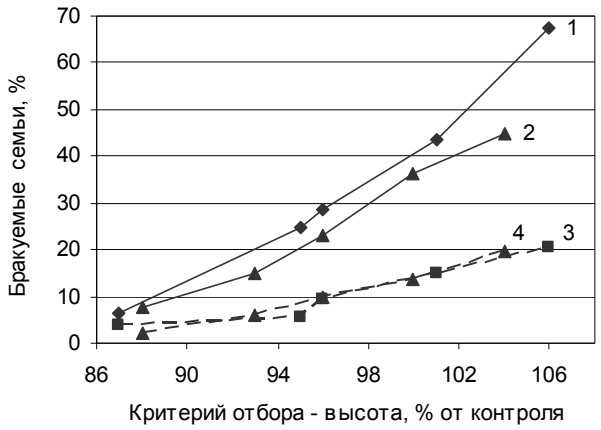


Рис. 6.27 – Отбор (браковка) семей в 8 лет и потери лучших семей в 21 год (лучшие семьи – от 110 %): 1 и 2 – бракуемые семьи в потомстве соответственно естественных насаждений и культур; 3 и 4 – потери лучших семей в потомстве соответственно естественных насаждений и культур.

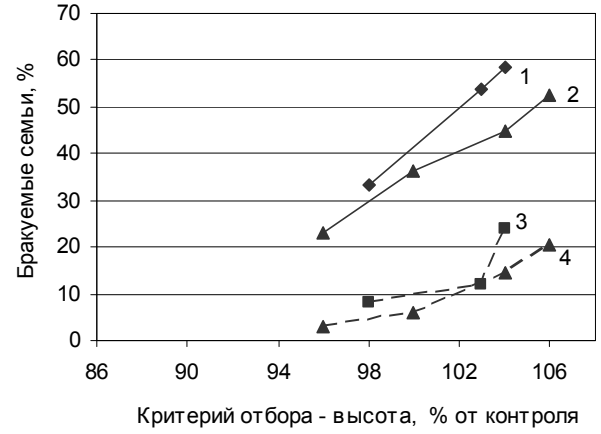


Рис. 6.28 Повышенные критерии браковки семей в 8 лет и потери лучших семей в 21 год (лучшие семьи – от 115 %): 1 и 2 – бракуемые семьи в потомстве соответственно естественных насаждений и культур; 3 и 4 – потери лучших семей в потомстве соответственно естественных насаждений и культур.

Если мы допускаем в 21 год потерю лучших семей с высотой от 110% не более чем 5%, то в 8 лет браковка семей должна быть всего 15% с критерием допуска потомства к следующим испытаниям 92% от контроля; при допускаемых потерях в 10% браковка семей увеличивается до 25% с критерием допуска потомства к следующим испытаниям 96% от контроля (см. рис. 6.27).

При повышенных требованиях к лучшим потомствам (высоте в 21 год 115% и более) и допускаемых потерях лучших семей в 10% браковка семей в 8 лет может быть увеличена до 40% с критерием допуска потомства к следующим испытаниям 101% от контроля (см. рис. 6.28).

Выводы.

Отбор быстрорастущих семей ели сибирской и гибридной возможен начиная с 8-летнего возраста при корреляции с высотами семей в 21 год по 453 парам данных r = 0.482. Отбор возможен с некоторыми потерями:

- если в 21 год к лучшим относить семьи с высотой от 110%, то их отбор возможен в 8 лет по критерию 96% от высоты контроля с интенсивностью 75% (бракуется 25% семей); при этом теряется до 10% лучших семей;
- если в 21 год к лучшим относить семьи с высотой от 115%, то их отбор на 90% возможен в 8 лет по критерию 101% от высоты контроля; интенсивность отбора возрастает до 60% (бракуется 40% с потерями до 10% лучших семей);
- при увеличении интенсивности отбора в 8 лет до 50% утрата будущих лучших семей увеличивается до 15-19%.

2. Для предварительного отбора быстрорастущих происхождений можно использовать их потомство уже в 4-летнем возрасте. Лучшие в 21 год происхождения диагностировались по высотам в 4 года и входили в группу 60% первых по высоте вариантов. Происхождения-лидеры превосходят аутсайдеров в 21 год на 6–15 %.

3. Плюсовая селекция ели сибирской и гибридной в целом оправдана, но в конкретных 12 ценопопуляциях ее эффект оказался успешен в 42% случаев; в остальных случаях эффект нейтральный (42%) и отрицательный (17% случаев).

4. Для исключения случайностей нужны испытания потомства популяций в пределах лесосеменного района. Поиск лучших происхождений ели необходим для северной части Пермского края, где ее оценка по потомству еще не проведена. Лучшие происхождения можно сразу же использовать, просто заготавливая в них семена, а также создавая ЛСП материалом из них. Это будет реальной инновацией результатов лесной селекции в семеноводство и лесопромышленный комплекс Пермского края.

6.6. Проблемы сохранения генетических ресурсов сосны и ели на ООПТ

Сохранение биоразнообразия лесных пород решается через сохранение их популяций. В климаксовых лесах таежной зоны обычно насчитывается от 100 до 300 способных к размножению деревьев на 1 га и для сохранения их популяций по правилу Франклина «50/500» необходимо от 2 до 5 га таких лесов, при этом эффективный размер их популяций может составить всего 11% (Примак, 2002). Поэтому для соблюдения вышеуказанного правила в целом минимальная площадь популяции должна быть увеличена примерно в 9 раз, то есть до 20-45 га, на которой и будут сохраняться длительное время не менее 500 растений, производящих гарантированно разнообразное потомство. Однако в фрагментах некогда больших по площади лесов действует так называемый краевой эффект, который распространяется в глубь участка леса до 200-250 м. С учетом данного эффекта минимальная площадь для сохранения популяции у лесных пород должна быть увеличена до 70-120 га.

Такие площади продуктивных лесов могут быть обнаружены на ООПТ, которые можно назвать «лесными» ООПТ, в отличие от других территорий, целевое назначение охраны в которых является иным (геологическим, гидрологическим, ландшафтным и т.д.). Покрытые лесом площади в них также есть, но они недостаточны для сохранения биоразнообразия лесных видов. Поэтому, в соответствии с иным целевым назначением, их можно отнести к «нелесным» типам ООПТ.

Критериями отнесения ООПТ к «лесному» типу были следующие его характеристики:

– земли, покрытые лесной растительностью, составляют не менее 70% площади;

– в составе растительности должны преобладать основные лесообразующие породы.

Среди некоторых ООПТ, на которых имеются значимые для охраны геологические образования, сохраняются иногда и большие массивы лесных насаждений, например, на ООПТ «Предуралье» (Кунгурскй и Кишертский районы), которые мы также относили к лесным типам ООПТ.

В постановлении Правительства Пермского края N 64-п, в редакции от 29.09.2008 N 465-п, от 21.07.2009 N 457-п общая площадь ООПТ регионального значения составляет 713723,3 га. Оказалось, что на этой площади «нелесные» типы занимают 514711,5 га или 72,1% и среди них ***явно доминируют болота*** (41,4%). Геологические ландшафты занимают 18,4% , а и участки степей и лугов занимают 12,3%.

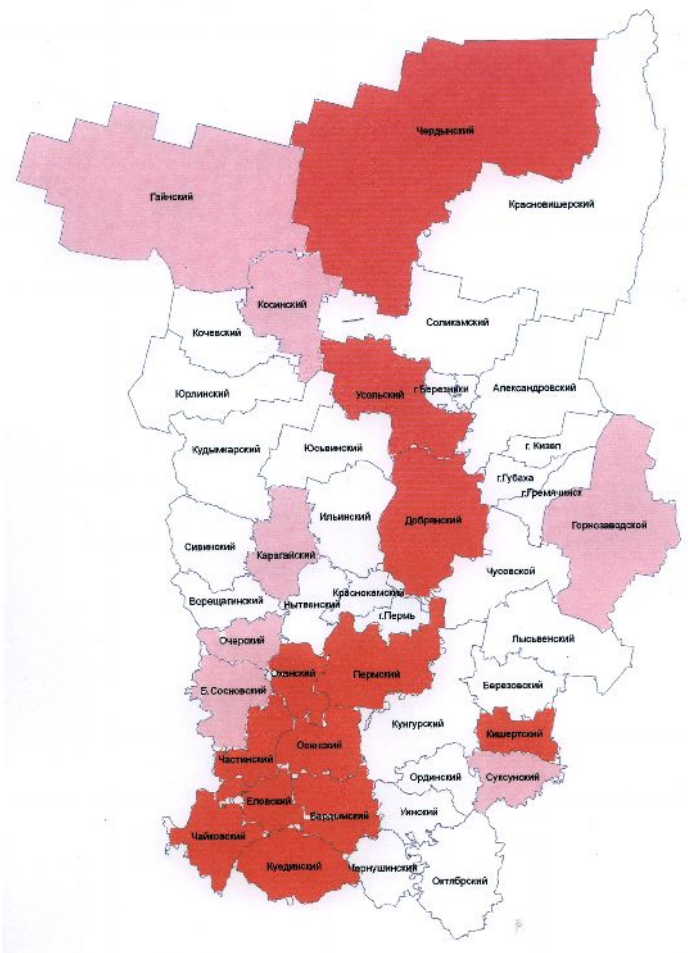
«Лесные» типы ООПТ, выделенные нами по вышеобозначенным критериям, оказались представлены на площади 201301,8 га (28,2% площади ООПТ регионального

значения). Они разделены нами на 3 группы: до 100 га, от 101 до 500 га и более 500 га. Распределение их по районам показано в таблице 6.12 и на рисунке 6.29.

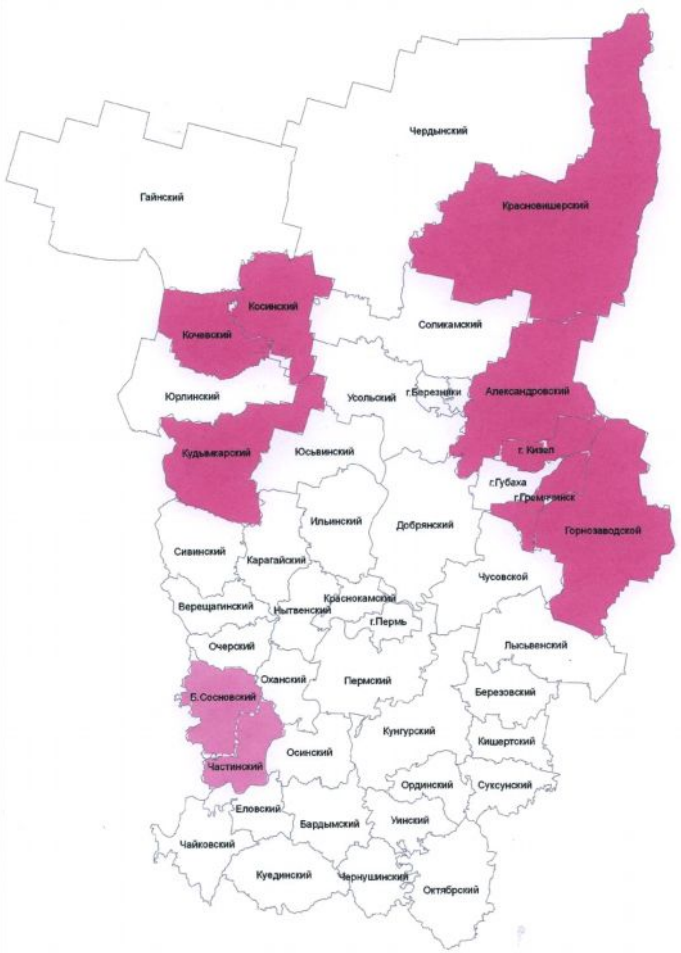
Таблица 6.12 – Распределение ООПТ регионального значения и «лесных» ООПТ по районам

Муниципальный район (городской округ)	Всего ООПТ		В том числе лесные типы ООПТ						Всего лесных типов ООПТ		
			до 100 га		от 101 до 500 га		от 500 га и более				
	шт.	га	шт.	га	шт.	га	шт.	га	шт.	га	%
Александровский	10	38513,8					1	35100	1	35100	17,44
Бардымский	2	2218	1	72			1	2146	2	2218	1,10
Березовский	3	213	1	95,5					1	95,5	0,05
Большесосновски	3	447	1	77	2	370			3	447	0,22
Гайнский	5	74430	1	50	1	180	1	582	3	812	0,40
Горнозаводский	12	648,5	2	32,5	3	583			5	615,5	0,31
Гремячинский	2	116	1	30					1	30	0,01
Губахинский	8	1651									0,00
Добрянский	12	20146,2					2	4674,1	2	4674,1	2,32
Еловский	1	689					1	689	1	689	0,34
Ильинский	3	5826,4	1	6,4					1	6,4	0,00
Карагайский	7	564,5	3	133,4	3	421,1			6	554,5	0,28
Кизеловский	1	35078,3					1	35078,3	1	35078,3	17,43
Кишертский	6	2593,8	1	14			1	2290	2	2304	1,14
Косинский	8	34200,5	2	54	3	4357,			5	4411,5	2,19
Кочевский	7	3725,5	1	46	1	396			2	442	0,22
Красновишерский	14	138989,			1	434			1	434	0,22
Краснокамский	1	458									0,00
Кудымкарский	3	1133,9	1	3,9	2	1130			3	1133,9	0,56
Куединский	3	25028,2	1	16,4			1	25000	2	25016,4	12,43
Кунгурский	8	2244,7			1	252			1	252	0,13
Лысьвенский	4	17639,6					1	16279	1	16279	8,09
Нытвенский	1	400									0,00
Октябрьский	2	14,3	2	14,3					2	14,3	0,01
Ординский	2	156,6									0,00
Осинский	4	12493,7			1	184	1	12168	2	12352	6,14
Оханский	1	9972					1	9972	1	9972	4,95
Очерский	10	826,5	5	68,4	3	647,4			8	715,8	0,36
Пермский	1	2039					1	2039	1	2039	1,01
Пермь	2	44,8	1	41					1	41	0,02
Сивинский	1	8	1	8					1	8	0,00
Соликамский	16	32865,4									0,00
Суксунский	5	263,8	2	41,3	1	215			3	256,3	0,13
Уинский	5	6141					1	5242	1	5242	2,60
Усольский	8	19859			1	835			1	835	0,41
Чайковский	2	1865					2	1865	2	1865	0,93
Частинский	6	2964			5	1730	1	1234	6	2964	1,47
Чердынский	43	196291,	1	28,8			1	34201	2	34229,8	17,00
Чернушинский	1	641									0,00
Чусовской	17	628,2	3	66					3	66	0,03
Юрлинский	5	16286									0,00
Юсьвинский	8	3408,5	4	108,5					4	108,5	0,05
Итого:	263	713723,3	36	1007,4	28	5866	18	188559,4	82	201301,8	100,0

*- площадь 4357,5 га (Маратовский кедровник) в двух районах: 4102 га в Косинском и 355,5 га - в Кочевском районе



	– по нормативам охраны популяций: 500 га и более
	– ниже норматива (101 - 500 га)



	– по нормативам охраны популяций: 500 га и более
	– ниже норматива (101 - 500 га)

Рис. 6.29 – Сохранение популяций сосны обыкновенной (слева) и ели сибирской (справа) в районах Пермского края

Нормативным показателем сохранения популяций основных лесообразующих пород является их площадь от 500 га и более (Положение о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР. М., Гослесхоз СССР. Приказ № 112 от 13.08.1982 г.). Этому нормативу отвечают 23 из 83 ООПТ лесного типа, включая леса еще двух заповедников (ООПТ федерального значения), которые расположены в 21 районе. Поэтому только в этих районах, примерно на 45% площади края, сохранение биоразнообразия лесных пород имеет место. При этом из 23 ООПТ только 8 были выделены специально как лесные и ботанические природные резерваты.

Лучше других защищены законом популяции второй по значению хвойной породы края – сосны обыкновенной, которые сохраняются в соответствии с вышеобозначенными нормативами в 14 районах. При отсутствии компактных территорий продуктивных сосновых лесов с нормативной площадью (500 га и более) для сохранения уникальных популяций допустимы и меньшие площади (от 200 га). Эти территории добавляют для сосны еще 8 районов и ее генетические ресурсы оказываются защищены надлежащим или близким к нему образом всего в 23 районах и 20 лесничествах или примерно на половине территории края.

Популяции главной по значимости хвойной породы края - ели сибирской сохраняются в соответствии с вышеобозначенными нормативами на ООПТ только в 6 районах края. При отсутствии в большинстве районов компактных территорий продуктивных ельников площадью 500 га и более для сохранения ее уникальных популяций также можно использовать ООПТ с площадью от 101 до 500 га; они добавляют для ели еще три района и ее генетические ресурсы оказываются защищенными надлежащим или приближающимся к нему образом всего в 9 районах или примерно на 1/5 территории края. При этом в интенсивно эксплуатирующих ее ресурсы северных районах как раз и нет надлежащего их сохранения (см. рис. 6.29).

Вышеприведенные сведения содержатся в разделе 1.1.7. «Информация о деятельности, направленной на сохранение окружающей среды и биоразнообразия в лесах» Лесного плана Пермского края на 2008-2017 годы с изменениями по состоянию на 01.01.2010 г. (МПР, 2011).

Таким образом, анализ площадей лесных насаждений в ООПТ регионального значения показал, что популяции сосны и ели защищены надлежащим или приближающимся к нему образом менее чем на половине территории Пермского края, в том числе генетические ресурсы ели сибирской в 9 районах или только на 1/5 территории края. Для сохранения биоразнообразия лесных древесных видов необходимо дополнительно выделить ООПТ категории «природные резерваты лесообразующих пород» в количестве до 40- 60 шт. на общей площади примерно 40 тыс. га.

6.8. Итоги исследований в селекции ели

Пермские леса оказались уникальными в отношении прошлого лесокультурного опыта. Здесь во владениях графов Строгановых в конце XIX – начале XX вв. культуры ели были заложены на площади более 1 тыс. га (культуры лесничих А.Е. и Ф.А.Теплоуховых). Многие участки сохранились в виде крупных массивов и в 60-80 лет имели запасы 500-620 $м^2$/га, (Прокопьев, 1978, 1981).

В этих культурах при нашем участии были выделены плюсовые деревья, с которых в 1986 г. мы заготовили семена и изучили в общей сложности потомство 224 деревьев, из них. 152 – плюсовые. Одновременно изучалось потомство 301 плюсового дерева из естественных насаждений. Представлялась уникальная возможность сравнить результаты массового искусственного отбора (плюсовой селекции), проведенной в искусственных и природных ценопопуляциях. Проверялись две рабочих гипотезы:

1.Потомство плюсовых деревьев из культур будет более продуктивным, чем из естественных насаждений, так как их отбор проведен с более высоким селекционным дифференциалом.

2. У самых выдающихся по размерам плюсовых деревьев потомство должно быть самым продуктивным (основная идея плюсовой селекции).

Планирование эксперимента показало, что в испытаниях потомства потребность в посадочном материале невелика и для закладки 2-х испытаний от каждого дерева достаточно 120–200 сеянцев, для чего необходимо заготовить от одного дерева 760 шт. семян.

Опыты по заготовке шишек путем сбивания их дробью из охотничьего ружья показали, их можно получить в достаточном количестве после 2–6 выстрелов. При оценке этого способа возник вопрос: значительны ли повреждения деревьев? Через год после заготовки шишек сбиванием дробью комиссией специалистов были осмотрены 39 деревьев, из которых на 23-х заготовку вели верхолазы, а на 16-ти шишки отстреливали. Оказалось, что из первых 23 деревьев 3 дерева имели по 3–5 полностью обломанных ветвей первого порядка. На 16 деревьях, с которых шишки сбивали дробью, повреждения ветвей не обнаружено. Они оказались незначительными, так как отстреливались только самые тонкие окончания веточек и черенки шишек, что не наносило ощутимого вреда кроне. Попадание дроби в ветви толщиной 3-6 мм можно считать, по-видимому, заметным повреждением, однако вероятность его мала. Расчеты показали, что в общей зоне рассеивания дроби площадь попадания в ветки при 5 выстрелах составит всего лишь 50 $см^2$, в которую попадет 5.5 шт. дробинок и половина из них только процарапает ветки. Так как число ветвей 3-го порядка в кроне ели насчитывает несколько сотен, то повреждение нескольких из них не нанесет ощутимого вреда дереву.

Общее количество материнских деревьев, от которых получены семена, составило 525 шт. От них испытывали потомство на суглинистых (ТУМ $С_3$) и на супесчаных (ТУМ $В_3$) почвах. Основной участок испытательных культур (ИК) заложен на площади 11 га в кв. 41 Ильинского лесничества. Представлены потомства: из естественных насаждений от 301 плюсового дерева и из лесных культур от 224 деревьев, в том числе 152 – плюсовые и кандидаты в плюсовые и 72 – обычные. Для контроля взяты семена 30 случайных деревьев из всех ценопопуляций. Посадочный материал выращивали 2 года в теплице и 2 года в школе в Рождественском лесничестве Оханского лесхоза. Высажено 22,4 тыс. растений в 6 повторностей на 2848 делянок. Культуры заложены на раскорчеванной вырубке и представлены шестью полями, разделенных валами раскорчеванных остатков. Измерения высот проведены еще в школе в 4 года, затем в культурах в 8 лет и в 21 год. В последнем случае были измерены высоты у 16755 растений, в том числе 1435 шт. в контроле. Сохранность культур составила 74.8%. Создание ИК было совмещено с закладкой ЛСП.

Страховочные ИК заложены в том же 1991 г. в кв. 5 Юго-Камского лесничества Оханского лесхоза на площади 8 га потомством 462 деревьев. Площадь – вырубка, с раскорчеванными для обычных культур полосами шириной 2 м. Посадочный материал выращивали 3 года в орошаемом питомнике, в 4 повторностях. Из-за недостатка площади было принято решение о повышении густоты ИК и посадке на одной раскорчеванной полосе 3 рядов культур по схеме 0.7×0.7 м. Такая схема не подходила для ИК, но позволила выяснить реакцию потомства на конкурентное давление. Высажено 16.1 тыс. растений в 2-8 повторностей на 1711 делянок. Измерения проведены в 3-летнем возрасте в питомнике, далее в 23-летних культурах. Культуры испытывали конкуренцию со стороны березы и осины в виде их бокового влияния.

Оценка результатов массового отбора на основном участке ИК проведена на 15.3 тыс. растений, представляющих потомство 453 плюсовых и 72 обычных деревьев, с измерениями высот растений в семьях в 3, 4, 8 и 21 год. Оказалось, что отбор по фенотипу в культурах ели приводит в потомствах плюсовых деревьев к сдвигу на 5.1±0.47%, а отбор

в естественных древостоях – к сдвигу только на 2.4±0.35%. Тем самым гипотеза о лучшем качестве потомства плюс-деревьев, отобранных в культурах, подтвердилась.

Наследуемость высоты у ели гибридной оказалась высокой. При r = 0.186±0.065 наследуемость составила 0.37±0.13 и мы рассчитывали на особенно высокие показатели в потомствах от самых высоких родителей. С этой целью ранее был проведен отбор 50 плюсовых деревьев целевым назначением *для плантационного выращивания* потомства, что увеличило у них селекционный дифференциал высот в среднем до 31% против 22% у плюс-деревьев комплексного назначения; ожидалось и соответствующее увеличение высоты их потомства – теоретически, в 1.4 раза. Однако в 8 лет их потомство оказалось достоверно ниже на 4.8%, а в 21 год – выше на 2.5%.

Для прояснения этого вопроса исследовано потомство всех 224 деревьев из культур (плюсовых, нормальных, минусовых) с разделением матерей на 4 градации: низкие, средние, высокие и самые высокие. Оказалось, что при отнесении к лучшим семей с высотами от 110%, у самых высоких матерей в сравнении с «просто высокими», частота этих лучших семей в потомстве отличается мало: 32.2 и 33.7%. При повышении критерия и отнесении к лучшим семей от 115% доля лучших семей в этих градациях также оказалась близкой: 20.7 и 22.5% соответственно.

При этом у нормальных (средних) и минусовых (низких) деревьев частота лучших семей в потомстве была намного меньше: соответственно 19.2 и 13.6% при отнесении к лучшим семей с высотой 110%; при отнесении к быстрорастущим семей с высотой 115% их частота составила, соответственно, 7.7 и 0.0%. У минусовых деревьев общая высота потомства оказалась ниже контроля на 5%. Т. е. в целом в популяциях культур ели массовый отбор (плюсовая селекция) имеет эффект и оправдан.

Однако практически одинаковое число быстрорастущих семей в потомствах высоких и самых высоких плюсовых деревьев свидетельствует о действии в ценопопуляциях ели тенденций стабилизирующего естественного отбора в отношении высоты. Поэтому стремление к отбору «самых-самых» высоких родителей не оправдано – достаточен отбор просто высоких деревьев, в соответствии с нормативами выделения плюсовых деревьев.

В естественных популяциях ели нормальные и минусовые деревья не изучались, но плюсовые деревья (301 шт.) имели размах высот от 25 до 36 м. Корреляция высот матерей и их потомства здесь отсутствовала (r = 0.03) и самые высокие матери не дали ощутимой прибавки в средней высоте потомства. Доля лучших семей у них не возрастала и была даже ниже в сравнении с низкими и средними плюсовыми деревьями.

Воздействие внутривидовой конкуренции на матерей изучалось по характеру роста их потомства. Для этого проводили подбор матерей в группы, отличавшиеся уровнем конкурентного давления, а также изучали ее последействие на потомства опосредованно, через отличия в сбеге стволов у матерей.

Предполагалось, что контрастные различия в густоте древостоя приводят к формированию сообществ, отличающихся физиологически и генетически и их генофонд передается следующему поколению. Воздействие конкуренции на дерево в прошлом отражает и «записывает на себя» сбег ствола. Чем выше густота, тем меньше его значения. Сбег ствола тонко реагирует на изменения конкуренции и является индикатором, по которому может быть реконструирована история густоты древостоя.

Сбег ствола у плюсовых деревьев в естественных популяциях составил в среднем 1.43 см/м против 1.20 см/м в культурах. Различия вызваны как более высоким возрастом деревьев в естественных лесах, увеличивающим сбег, так и большей густотой культур, снижающей сбега ствола у всех деревьев.

У плюсовых деревьев из естественных ценозов со средним сбегом ствола (1.22–1.51) обнаружено повышение в 1.9–2.4 раза частот лучших семей по сравнению с деревьями с малым (1.0–1.21) и большим (1.52–1.9 см/м) сбегом, при общем снижении высоты потомства от малого сбега к большому.

В потомстве из культур зависимость аналогичная: у матерей со средним сбегом ствола (1.1–1.3 см/м) обнаружено повышение частоты лучших семей в 1.5–1.9 раза по сравнению с деревьями с большими или меньшими его значениями. Общая средняя высота потомства также оказалась выше у матерей со средним сбегом ствола.

Для естественных и искусственных популяций есть совпадающие параметры, в которых наблюдается наилучшее качество потомства: значения сбега ствола от 1.2 до 1.3 см/м. Данный параметр рекомендуется как придержка для предпочтительного отбора плюсовых деревьев ели в любых фитоценозах. Эффект этой рекомендации весьма значителен: в их потомствах доля лучших семей (с высотой от 115%) увеличивается в 1.5–2.4 раза.

Сбег ствола отражает коллизии конкуренции и характеризует, по-видимому, и некоторые генетические особенности дендроценоза. При естественном отборе в условиях высокой густоты в нем накапливаются родители, толерантные к конкуренции и их генофонд можно назвать «конкурентным». В условиях высокой конкуренции отбор лидеров (плюсовых деревьев) задерживается и происходит позднее, по принципу их толерантности к давлению соседей и в лидеры выходят деревья с иной физиологией. Следовательно, в сообществе растений начинается движение в сторону отбора «конкурентных» генотипов. Оптимальная густота формирует «средний» сбег у стволов и именно от них было получено лучшее потомство.

Уровень конкурентного давления непосредственно на матерей определяли путем картирования расположения соседних деревьев на площадке с радиусом 3,3 м вокруг 79 плюсовых деревьев в культурах. Культуры были созданы в 1913 г, на протяжении 70 лет не подвергались рубкам ухода и выпавшие деревья сохранились. Площадки вокруг плюс-деревьев были разделены на две группы по густоте и таксационной полноте. В первой группе со слабой конкуренцией общее число стволов на площадке (кроме плюсового дерева) составило в среднем 7.1 шт., а в группе с сильной конкуренцией – 10,9 шт. В первой группе оказалось 36 плюсовых деревьев, во второй – 43. Уже по 4-летнему потомству было обнаружено преимущество потомства матерей первой группы, которое сохранилось и в 21 год (+4,6% по средней высоте семей); при этом доля лучших семей оказалась выше в 2 раза: 36.1% против 18.6%. Т.е. для быстроты роста потомства оказался решающим не размер матери, а ее формирование с раннего возраста в условиях ослабленной конкуренции.

Конкурентное давление на потомство изучалось в ИК с разной густотой. Сравнение высот семей и происхождений в ИК, созданных на основном участке по схеме плантационных культур (2.5×1.0 м) и на страховочном участке с уплотненной схемой посадки в полосах шириной 2 м тремя рядами по схеме 0.7×0.7 м (т.е. при сильной конкуренции) показало, что в целом потомство естественных насаждений в условиях сильной конкуренции повысило свой рост на 2.0%, а потомство культур – на 5.8% в сравнении с ростом в условиях более редких испытательных культур. Т.е. материнские деревья из культур, сформировавшиеся в более конкурентной среде, передают это свойство потомству, которое лучше переносит конкуренцию (густую посадку в ИК).

Происхождения из культур во всех случаях достоверно изменили свой рост при повышении густоты ИК и это потребовало анализа причин таких изменений. Оказалось, что по мере увеличения текущей густоты в материнских культурах, высота потомства в редких ИК падала на 8.3–13.6%. В густых ИК все было наоборот: высота потомства возрастала по мере увеличения густоты в материнских древостоях. Получается, что здесь уже потомства целых происхождений, как и потомства отдельных матерей выше, сохранили приверженность к лучшему росту при совпадении конкурентных условий. Можно сказать и так, что как отдельная семья, так и потомство всего насаждения наследуют реакцию матерей на конкурентное давление соседей: потомство группы матерей из густых насаждений лучше растет в густых, а потомство матерей из редких древостоев – в редких культурах. Реакция группы матерей может выражаться, вероятнее всего, в

перераспределении среди них частот энантиоморф (правых и левых форм). Формы эти прямо противоположно реагируют на конкуренцию: левые лучше растут при ее ослаблении, а правые формы – при повышении и передают эту реакцию потомству (Голиков, 2009, 2011).

Таким образом, можно сделать заключение о том, что потомства популяций наследуют не только быстроту роста, но и «память» об условиях конкурентной среды, в которой сформировался древостой, вероятно, через перераспределение частот правых и левых форм в группе матерей, выбранных из древостоя для испытаний потомства.

Поэтому, в отличие от распространенного убеждения о пользе внутривидовой конкуренции, для ели гибридной получены прямо противоположные результаты – высокая конкуренция не приносит пользы, если потомства выносливых к конкуренции матерей будут выращиваться в условиях плантаций быстрого прироста, т.е. в редких культурах. Напротив, при оптимальной конкуренции формируются материнские деревья, передающие потомкам быстрый рост при пониженной густоте их выращивания.

В качестве рекомендации для отбора лучших родителей, потомство которых будет выращиваться в плантационных культурах, нужны древостои с малой начальной густотой или специально разреженные в молодом возрасте и максимально сомкнутые в 50–60 лет. В критерии отбора матерей следует включить параметры сбега ствола в пределах 1.2–1.3 см/м. При отборе в культурах они могут быть в более узких пределах (1.1–1.3 см/м), а в естественных насаждениях – в более широких (1.2–1.5 см/м). Этот параметр связан с тем, что такой сбег формируется при некотором оптимальном конкурентном давлении и густоте вблизи дерева, при которых в плюсовые деревья выходят нужные нам матери, передающие потомству способность к быстрому росту при выращивании его в культурах с редкой посадкой (2.5×1.0м). При меньшем и большем сбеге ствола у матерей в их потомстве резко уменьшается доля быстрорастущих семей (в 1.5–2.4 раза).

При селекции по косвенным признакам часто используют среднюю массу семени, а также размеры и форму шишек. Длина шишек ели является признаком, определяющим видовую принадлежность ели. На европейском Северо-Западе и Урале расположена зона естественной интрогрессивной гибридизации двух видов ели: европейской и сибирской. Исследования показали (Попов, 1971, 1984), что здесь образуется множество переходных форм с преобладанием признаков ели сибирской к северо-востоку и востоку от Урала и признаков ели европейской – к западу.

В наших исследованиях изменчивость длины шишек у плюсовых деревьев колебалась в 12 ценопопуляциях от 8 до 15,5%, составляя в среднем в естественных насаждениях 11.6% и в культурах 10.3%. Средняя длина шишек у плюс-деревьев в 7 естественных популяциях оказалась 81.24 мм, а в 4-х ценопопуляциях культур Теплоухова 87.92 мм или на 8,2% больше. В целом обе эти группы можно отнести к одному виду (подвиду) ели – ели гибридной, у которой средняя длина шишек определена 85±6.5 мм (Правдин, 1975). Средняя масса семени и число семян в шишках также оказались больше в культурах на 8.5% и на 23.7% соответственно. Все различия достоверны.

Распределение совокупности образцов шишек 129 плюсовых деревьев из культур по их средней длине отличается общим сдвигом вправо, а также двумя модальными классами в пределах от 81 до 90 мм. Распределение 301 дерева естественных популяций имеет два модальных класса в других пределах – от 71 до 80 мм. Поэтому в культурах деревья можно отнести к форме с преобладанием признаков ели европейской, а в естественных популяциях – к форме с преобладанием признаков ели сибирской.

В культурах отмечены и другие особенности, которые можно отнести к критериям, по которым одна популяция отличается от другой. В них встретились 4 плюсовых дерева с гладкой корой (3.5% деревьев). Это своего рода «фен», который свидетельствует о том, что мы имеем дело с двумя группами популяций. К первой группе относятся культуры, где такой фен присутствует и ко второй – естественные насаждения, где такого фена нет.

Наличие этого фена может говорить и о том, что «культуры Теплоухова» (4 ценопопуляции) по этим признакам (длине шишек и форме коры) были образованы искусственно в результате первого приема массового отбора деревьев (или насаждений) с крупными шишками; Ф.А.Теплоухов еще в 1976 г. написал статью о различиях в длине и форме шишек у ели.

Деревья с длинными шишкам можно считать носителями «европейских», а с короткими – «сибирских» генов ели; они формируют специфику генофонда ценопопуляций и являются причиной появления разных тенденций естественного отбора. В культурах обнаружена корреляция между высотой деревьев и длиной шишек (r=0,21±0.07), и обладатели «европейских» генов ели оказываются несколько выше.

Вероятно, при закладке культур под руководством Ф.А. Теплоухова были использовали семена от деревьев или насаждений с крупными шишками. В первом потомстве (F_1) получено увеличение: длины шишек на 8.2%, массы семени на 6.8% и высоты древостоев на 1 класс бонитета. Во втором потомстве (F_2) высота потомства от плюсовых деревьев из культур Теплоухова была 106.6% при высоте семей естественных популяций 102.4%, то есть преимущество потомства F_2 в 21 год составило 4.2%.

Наиболее важные выводы в селекции ели финской (гибридной):

1. В ценопопуляциях ели самые крупные из деревьев не передают существенного увеличения высоты потомству; хуже растет потомство только низких матерей – на 5.1%. Поэтому отбор наиболее крупных родителей не оправдан – достаточен отбор просто крупных деревьев. Потомства из культур превышают по высоте потомства из естественных насаждений и на 2.7%.

2. Сбег ствола плюс-деревьев отражает историю их формирования и при параметрах 1.2–1.3 см/м, имеющих среднее значение, в их потомствах доля лучших семей (с высотой от 115%) увеличивается в 1.5–2.4 раза.

3. Ослабление конкуренции для матерей у ели способствует передаче потомству в культурах плантационного типа преимущества +4,6% по средней высоте; для быстрого роста потомства оказался решающим не размер матери, а ее формирование в условиях ослабленной конкуренции со стороны соседей.

4. Изучение конкурентного давления на потомство показало, что при увеличении густоты материнских культур потомства в редких испытательных культурах (ИК) снижали высоту на 8.3–13.6%. В густых ИК все было наоборот: высота потомства возрастала при увеличении густоты материнских древостоев.

5. Обнаружены разные тенденции отбора у ели гибридной: при преобладании признаков ели европейской в популяциях в отношении массы семени действует стабилизирующий отбор, а при преобладании признаков ели сибирской появляется тенденция к отбору в направлении деревьев с легкими семенами.

6. Определена вероятность эффективного применения системы плюсовой селекции в ценопопуляциях ели Верхне-предуральского лесоеменного района. Ее применение имело положительные и достоверные результаты только в 42% случаев, нейтральные – примерно в таком же числе случаев и отрицательные – в 17% случаев.

7. Теория естественной возрастной динамики одноярусных древостоев

«Нет ничего практичнее, чем хорошая теория»
Л. Больцман

7.1. Развитие естественных и искуственных дендроценозов

Лесное насаждение в зависимости от многообразия учитываемых связей называют по разному: биогеоценозом (связи внутри биоты и с внешней средой), биоценозом (связи между живыми компонентами), фитоценозом (связи между растительными компонентами сообщества), дендроценозом (связи между древесными растениями сообщества). Мы рассматриваем здесь дендроценозы, как сообщества древесных растений, называемые в лесоведении чаще всего «древостоями». Эти два термина мы будем употреблять как синонимы. В лесной таксации их естественную возрастную динамику называют также ходом роста древостоев.Знание теории естественной возрастной динамики древостоев важно для ведения лесного хозяйства с полным научным пониманием происходящих в лесах естественных процессов. Необходимо выяснить эти процессы в виде моделей поведения (т.е. функционирования) разнообразных древостоев, от простых до сложных по структуре и составу. В свою очередь, модели поведения можно построить лишь при наличии адекватной теории, взаимоувязанной с множеством внешних условий и изменяющейся внутренней среды насаждения.

Развитие древостоев необходимо проследить с момента их возникновения и до распада. Рассмотрим вначале самые простые древостои – одноярусные, чистые и однопородные. Естественную динамику их мы будем анализировать без учета влияния стихийных воздействий (пожары, ветровалы, засухи), воздействий человека и животных.

Известно, что возрастная динамика древостоев (далее просто динамика) зависит от географических, климатических и местных условий произрастания. Последние классифицируются в виде типов условий местообитания (ТУМ) либо как типы лесорастительных условий (ТЛУ). В пределах одинаковых ТУМ либо ТЛУ динамика зависит от параметров породного состава, густоты и равномерности расположения деревьев по площади: куртинами, группами, с наличием окон и прогалин. Рассмотрим простые случаи, когда расположение деревьев по площади достаточно равномерное; оно может быть в идеале по вершинам равносторонних шестиугольников, треугольников и квадратов. Такие древостои назвают *правильными*; иногда их называют нормальными, но такое название здесь не подходит, так как используется для другого случая.

Дендроценозы стихийно возникают с различной первоначальной густотой и различия эти вызваны множеством случайных причин – слабым или сильным урожаем семян, наличием влаги в почве, ее задернением и т.д. Причем даже в одинаковых условиях различия бывают огромны – от одной до сотен тысяч растений на 1 га площади. Конечно же, такие различия влияют на характер динамики и являются причиной ее разнообразия. В урожайные годы лесные породы производят семена в очень больших количествах и это важно для их сохранения как доминирующих видов растительности. Древостои изначально оказываются густыми и очень густыми гораздо чаще, чем редкими.

Поясним, что густоту в начале развития дендроценоза мы называем двумя терминами: «густота первичная» и «густота начальная». Различия между ними обусловлены временем их определения. Первичная относится ко времени возникновения дендроценоза (самая «первая» густота), а начальная - ко времени начала фиксации густоты в разрабатываемой модели его роста. Бывают случаи образования дендроценозов уже в возрасте 2-10 лет, например, при возобновлении гарей и первичная густота может быть определена в 2, 3, 4, и т. д. лет, тогда как начальная – в 5, в 10 либо даже в 20 лет (в зависимости от градаций возраста, принятой в составляемой таблице хода роста).

Анализ литературы в наших исследованиях показал (Разин, 1965, 1966, 1967), что первичная густота естественных древостоев кардинально влияет на их развитие. Между

ними существуют причинно – следственные связи даже более высокие, чем связи между условиями местообитания и развитием дендроценозов.

Все деревья дендроценоза изначально имеют свойство развиваться во все стороны пространства во времени и имеют в этом развитии естественное стремление к достижению своих индивидуально-возможных пределов в размерах – линейных, площадных и объемных. А древостои как сообщества деревьев приобретают такую же, но уже интегральную способность к достижению совокупных линейных, площадных и объемных пределов в развитии.

Корневую систему деревья развивают с некоторым опережением по отношению к развитию кроны (Терехов, Усольцев, 2008). Развитие корневой системы проследить весьма затруднительно и мы использовали динамику развития прежде всего крон деревьев а затем уже динамику других признаков, определяющих развитие дендроценоза в целом.

У деревьев ежегодно прирастает ствол в высоту, по диаметру, площади сечения и объему; крона – по протяженности, диаметру, площади и объему; листья (хвоя) – по количеству, объему и массе. Между указанными приростами имеется тесная корреляционная связь. Признаком, определяющим прирост биомассы в целом, является фотосинтезирующий аппарат (листья или хвоя). Его влияние можно определить опосредованно через размер кроны дерева. Поэтому диаметр, длина и объем кроны предопределяют все остальные размеры дерева, с высокими корреляционными связями (Разин, 1967).

С первых лет жизни в древостоях начинается дифференциация – качественное и количественное разделение растений по росту и развитию, которая является также следствием конкуренции деревьев и сильно зависит от первичной густоты: чем она больше, тем интенсивнее конкуренция, приводящая к непрерывному отмиранию деревьев. Конкурентная «борьба» среди древесных растений протекает как острейшее соревнование. В сообществе деревьев влияние особей друг на друга достигает предельных величин, приводящее к отпаду некоторой их части.

В зависимости от расположения деревьев по площади начальная сомкнутость крон (Скр) достигает разных величин: например, в *правильных* древостоях при квадратном расположении Скр=0,785, а при треугольном Скр=0,866. В этих идеальных случаях сомкнутость полога (Сп) равна сомкнутости крон Сп€кр . Далее эти показатели изменяются не синхронно.

Сомкнутость крон в правильных древостоях предопределяет величину сомкнутости полога, которая достигает своего предела (Сп = 1,0) при Скр ≥ 1,156 – при треугольном и при Скр ≥ 1,27 – при квадратном расположении деревьев. При дальнейшем увеличении Скр (иногда до 3,0) сомкнутость полога Сп никогда не повышается более своего предела, равного 1,0 и она совершенно не равнозначна сомкнутости крон. Коэффициент Скр для лучшего понимания его содержания можно было бы называть «коэффициентом перекрытия поверхности кронами деревьев».

Следует знать, что во многих случаях, когда мы имеем дело с *неправильными* древостоями (групповыми и куртинными, где деревья расположены неравномерно), показатель Сп=0,9 и менее тоже неоднозначен для диагностики состояния древостоя. Например, при Сп=0,7 часто не назначают рубки разреживания. Но при этом бывает Скр=1,27 и более, что означает перегущенность и потребность в разреживаниях внутри групп и куртин. В таком случае определение сомкнутости полога без одновременного определения Скр лишено смысла. Сомкнутость крон у любых древостоев с возрастом увеличивается и достигает индивидуального предела на короткое время, а потом уменьшается (Разин, 1975, 1977, 1979).

Зависимость предельных значений сомкнутости крон, текущей густоты и площади кроны среднего дерева от достигнутой древостоем средней высоты (высота - независимая переменная), можно записать и в виде знаково-числовой модели (табл. 7.1), понять которую можно быстрее, если представить ее как процесс поиска и нахождения

необходимых для нее предельных данных в натуре (в модели эти данные, конечно же, были затем выравнены).

Например, при достигнутой древостоем средней высоте 1 м была найдена предельная сомкнутость крон 2,60 $м^2/м^2$ (т.е. на 1 $м^2$ площади приходилось 2,6 $м^2$ площадей проекций крон деревьев); при этом древостой имел густоту 173 тыс. шт./га и рассчитанная для этого совсем еще маленького ельника площадь кроны среднего дерева составила 0,15 $м^2$. При такой сомкнутости напочвенный покров почти отсутствует и тип леса можно условно назвать мертвопокровным.

Следующая высота 3 м была найдена в другом мертвопокровном ельнике, где максимальная сомкнутость крон оказалась уже меньше и составила 1,95 $м^2/м^2$, где текущая густота оказалась 70 тыс.шт./га, а площадь кроны среднего дерева увеличилась до 0,28 $м^2$. Высоту 5 м мы нашли в следующем ельнике с почти полным отсутствием напочвенного покрова и у него опять-таки Скр. пр. и Nпр. оказались меньше, а Gкр. ср. – больше, чем в предыдущем случае.

Таблица 7.1 – Достижение предельных значений: сомкнутости крон (Скр.пр.), текущнй густоты (Nпр.), площади кроны среднего дерева (Gкр.ср.) в зависимости от достигнутой древостоями ели средней высоты (Нср), где Нср. является независимой переменной. Все значения даны в статике (по Разин, Рогозин, 2009)

Достигнутая древостоями ели средняя высота									
Нср, м	1	3	5	7	9	11	13	15	20
Предельные значения признаков									
Скр.пр., $м^2/м^2$	2,60	1,95	1,81	1,67	1,54	1,45	1,38	1,33	1,24
Nпр., тыс. шт./га	173	70	16	8,26	4,93	3,27	2,32	1,73	0,96
Gкр.ср., $м^2$	0,15	0,28	1,13	2,03	3,13	4,45	5,97	7,70	13,0

Нахождение предельных значений сомкнутости крон в древостоях в одинаковых условиях является самым первым шагом в нахождении различных *типов линий* возрастной динамики древостоев, имевших разную начальную густоту. Древостои с разной начальной густотой дают и разные типы динамики сомкнутости крон, и нахождение Скр.пр. является ключевым моментом поиска этих типов линий, их разграничения на полях корреляции Скр. с другими таксационными признаками. Эти линии, по существу, предопределяют динамику древостоев по всем другим таксационным признакам, которые оказываются ведомыми по отношению к сомкнутости. Об этом почему-то все забывают и считают ведущими высоту, полноту и диаметр. Но они менее связаны с массой фотосинтезирующего аппарата, чем параметры кроны дерева. Выше мы уже говорили о том, что диаметр, длина и объем кроны предопределяют все остальные размеры дерева. Поэтому сомкнутость крон и сумма объемов крон, как интегральные характеристики фотосинтезирующего аппарата всего древостоя, теснее связаны с приростом древесины, чем любые другие таксационные признаки. Более тесную связь, пожалуй, будет давать объем листвы и мелких веточек (биомасса листвы). Но этот показатель настолько труден для определения, что пока неизвестны даже простые попытки использовать его для первичной классификации древостоев для выяснения их динамики. Поэтому в целом таблица 7.1 нужна как «нить Ариадны», ведущая к выходу из лабиринта теоретических заблуждений на самом первом этапе работ.

В древостоях развитие деревьев зависит от их площади питания и, в целом, объема пространства, которое они занимают и которые определяются начальной густотой. Фотосинтезирующий аппарат (объем крон) у деревьев в более густых древостоях развит хуже и функционирует слабее.

В целом влияние густоты понятно, логически и физиологически объяснимо, но пока не найдены алгоритмы и функция влияния густоты на таксационные показатели древостоев основных лесных пород. Более того, мало изучена сама функция возрастной динамики числа деревьев (отпада и текущей густоты). Известные методы моделирования

динамики определяют текущую густоту по возрастам *в последнюю очередь*, тогда как именно она предопределяет показатели всех других признаков древостоев (Разин, 1979).

Исследования показали (Разин, 1975), что *правильные* древостои с начальной густотой в пределах от 1 до 200 тыс. экз./га проходят следующие периоды со скоростью тем более высокой, чем больше у них была начальная густота, со следующими показателями сомкнутости крон:

редколесье: до 0,2;
несомкнутые: 0,3-0,7;
сомкнутые: 0,8-1,0;
предельно-сомкнутые: 1,0-3,2;
разомкнутые: 0,7-0,9;
изреженные: 0,5-0,6;
распадающиеся: 0,3-0,4 и менее.

На основе этих исследований был сформулирован ***закон естественного морфогенеза древостоев***: сомкнутость крон деревьев любых простых древостоев (кроме абсолютно разновозрастных) с увеличением средней высоты и возраста повышается по кривой линии от минимума (0,1-0,2) до максимума, равного 1,0 и более, а затем уменьшается до минимума, равного 0,7-0,5 и менее, по кривой линии с интенсивностью, зависящей от породного состава, начальной и текущей густоты, равномерности всходов и посадок, режима ухода и условий местопроизрастания (Разин, 1975).

По динамике текущей густоты древостоев при естественном изреживании (авторегуляции густоты) выявлены следующие закономерности:

а) отпад деревьев происходит с первых лет жизни;

б) интенсивность отпада зависит от типов местообитания, но значительно больше она зависит от начальной густоты и чем она больше, тем больше отпад растений;

в) интенсивность отпада зависит от коэффициента взаимного перекрытия крон (сомкнутости крон), затем от сомкнутости полога и относительной полноты: с достижением предельных величин этих показателей отпад резко увеличивается; далее, с падением сомкнутости и полноты до 0,9 и менее интенсивность отпада уменьшается;

г) в отпад попадают в основном деревья, имеющие диаметры ствола менее 0,2-0,5 от среднего и неизбежно отмирают деревья с протяженностью кроны менее 10-12% высоты ствола;

д) изначально густые древостои остаются таковыми *только до возраста начала распада*; при этом перегущенность в них достигает 10-20 раз и более (Разин, 1977, Разин, Рогозин, 2009);

е) естественный отпад (авторегуляция густоты) долго не приводит древостои к оптимальной густоте с точки зрения здравого смысла хозяйствующего субъекта-человека. Дендроценозы же не имеют такой цели и задачи, так как у них имеется свое целеполагание – сохранить как можно большее число членов сообщества и как можно более длительное время. Такая цель складывается в виде интегрирования целей всех его членов, так как каждый член сообщества борется за жизнь до последних возможностей;

ж) авторегуляция густоты хотя и действует непрерывно, но запаздывает и перегущенные древостои всегда нуждаются в разреживании. Даже редкие смолоду древостои оказываются перегущенными из-за разрастания кроны и поэтому наиболее долголетними оказываются древостои, сформировавшиеся без взаимного угнетения деревьев (Разин, 1977, 1981, 1988, Разин, Рогозин, 2009).

Древостои достигают своего предела в первую очередь по сумме площадей горизонтальных проекций крон (по сомкнутости крон) и почти одновременно - по сомкнутости полога. Возраст (либо средняя высота) достижения этих пределов зависит от начальной густоты древостоя.

На основании полученных выше закономерностей были сформулированы **первые пять законов**, входящие в теорию естественной динамики древостоев.

1. Закон возрастной динамики ***сомкнутости крон*** можно сформулировать так: чем больше первичная густота дендроценоза, тем раньше он достигает своего индивидуального предела по сумме площадей горизонтальных проекций крон (до 1,0 – 2,0 и более) и тем раньше и скорее она уменьшается. И наоборот, чем меньше первичная густота, тем позже наступает предел и тем медленнее уменьшается сомкнутость крон.

2. Закон возрастной динамики ***сомкнутости полога*** действует почти одновременно с законом сомкнутости крон и формулируется следующим образом: чем больше первичная густота дендроценоза, тем раньше сомкнутость полога достигает предела, равного 0,9 – 1,0 и тем раньше и скорее уменьшается до 0,7 и менее. И наоборот, чем меньше первичная густота, тем позже достигается предел и тем медленнее уменьшается сомкнутость полога (Разин, 1979, 1990, 1988, Разин, Рогозин, 2009).

Следует особо отметить, что сомкнутость крон начинает влиять на размеры деревьев, начиная уже со значений 0,4; при 0,8-1,0 и выше ее влияние резко возрастает. Даже динамика средней высоты оказывается зависимой от нее.

Древостой находится на прогрессивной стадии развития до возраста достижения пределов показателей сомкнутости крон, сомкнутости полога и относительной полноты. Поэтому следует различать стадии прогресса и регресса древостоя, отмечая период до предельного состояния знаком плюс (+), а после перехода предела – знаком минус (-).

Указанная в этих двух законах причинно-следственная связь фиксируется уравнениями и используется при моделировании. Например, период предела сомкнутости крон и полога в натуре надежно и легко определяется по отсутствию напочвенного растительного покрова, когда тип леса можно назвать «мертвопокровным». Этот предел, например, в ельниках наступает, когда протяжение кроны сокращается примерно до 65% высоты ствола. После этого начинается период регресса. Задача лесовода заключается в недопущении этого состояния путем своевременных разреживаний.

3. Далее наступает очередь достижения предела суммы площадей поперечных сечений стволов деревьев. В таксации леса этот показатель называется «***абсолютная полнота***». Для него сформулирован **третий закон**, также входящий в теорию динамики древостоев: «чем больше первичная густота дендроценоза, тем раньше он становится лидером по абсолютной полноте и индивидуальному ее пределу и тем раньше он теряет ее. И наоборот, чем меньше первичная густота, тем позже древостой оказывается новым лидером по указанному показателю и тем дольше сохраняет свое лидерство» (Разин, 1977, 1988, Разин, Рогозин, 2009).

4. В четвертую очередь, через 10-20 лет после достижения предела по абсолютной полноте, каждый дендроценоз достигает своего индивидуального предела по ***сумме объемов крон деревьев*** и здесь мы получаем **четвертый закон** динамики: «чем больше первичная густота древостоя, тем раньше он становится лидером по сумме объемов крон деревьев и тем скорее он теряет свое лидерство, уступая его древостоям с меньшей густотой и, наоборот, тем меньше начальная густота, тем позже древостой становится лидером по указанному показателю и тем дольше сохраняет свое лидерство» (Разин, Рогозин, 2010). То есть древостои-лидеры меняются систематически.

5. Этот закон напрямую влияет на картину динамики ***запаса древесины*** (производительности) и ***общей производительности древостоев***, которые формулируют **пятый закон** естественной динамики древостоев: «чем больше начальная густота древостоя, тем раньше он становится лучшим по запасу древесины и общей производительности и тем скорее он теряют свое лидерство, уступая его дендроценозу с меньшей густотой. И наоборот, чем меньше начальная густота, тем позже дендроценоз оказывается лидером по указанным показателям и тем дольше сохраняет свое превосходство, устойчивость и долголетие (Разин, 1977, 1988, Разин, Рогозин, 2009, 2010).

Деревья адаптируются физиологически к состоянию перегущености и чем раньше она наступает, тем быстрее идет адаптация. Чем слабее развиты у деревьев кроны (и соответственно корневая система), тем интенсивнее идет процесс приспособления

деревьев к недостатку жизненно необходимых элементов питания, воды и особенно света. Интенсивная адаптация приводит к изменениям морфологического состояния деревьев: они становятся малокронными, тонкоствольными, малосбежистыми. У хвойных видов начинает преобладать хвоя теневого типа. Изменяется структура всего древостоя: увеличивается доля тонкомерных деревьев и уменьшается доля крупных стволов, сокращается амплитуда распределения по толщине. В период предельной сомкнутости полога в господствующую часть древостоя происходит отбор генотипов, хорошо переносящих конкуренцию соседей. Однако это свойство у них не всегда сочетается с крупными размерами и происходит потеря производительности древостоя в целом. По-видимому, именно в этот период С.Н.Сенновым и были начаты рубки ухода на большом количестве опытных участков, в результате которых получено парадоксальное заключение о том, что рубки ухода не повышают производительность древостоев (Сеннов, 1977, 1984).

После перехода через свой предел сомкнутость полога непрерывно уменьшается до 0,8-0,7-0,6 и менее; однако несмотря на увеличение освещенности у оставшихся живых деревьев крона увеличивается мало и адаптации деревьев к новым условиям почти не происходит – древостои переходят в состояние климакса. Это происходит вследствие действия законов естественной динамики дендроценозов, описанных выше и действие которых определяет первичная густота, а не потому, что древостои «стремятся» (как иногда пишут) к климаксу (Разин, 1990; Разин, Рогозин, 2009).

Продолжительность климакса дендроценозов также зависит от первичной густоты: чем она больше тем короче климакс и, наоборот, чем меньше первичная густота тем длительнее климакс. Например, очень густые искусственные ельники распадаются настолько быстро, что климаксовой стадии, как устойчивого состояния, у них практически не бывает (Разин, Рогозин, 2009).

Иногда встречаются очень густые хвойные молодняки или подрост со средней высотой около 3-5 метров, с некоторым количеством перестойных семенников, растущие долгое время очень медленно. Считается, что присутствие указанных семенников является причиной медленного роста молодняка-подроста. Однако в свете изложенных законов наиболее сильной причиной может быть только большая густота самого молодняка (подроста), что и приводит к задержке его роста, т.е. причина деградации нижнего яруса лежит в нем самом, а верхний ярус только усиливает ее действие.

В спелом и перестойных возрастах большинство одновозрастных простых древостоев оказываются низкосомкнутыми и малополнотными. Следственно-причинная связь такого состояния заключается в основном в том, что они смолоду были перегущенными и уже пережили состояния предельной сомкнутости и затем самоизредились, т.е. причина этого явления эндогенная (Разин,1979).

Отрицательные природные факторы: снеголомы, ветровалы, поражение насекомыми и грибными болезнями воздействуют в основном на физиологически ослабленные деревья и древостои. Значит, и здесь влияние внешних факторов происходит через предварительное ослабление сообщества растений факторами внутренними, эндогенными. Прервать или ослабить их воздействие можно путем исключения их действия разреживаниями и выращиванием при оптимальной густоте.

Если разреживания не проводят, то древостои ослабевают и появляются, например, очаги корневых гнилей. Первопричина разрастания очагов кроется в наличии деревьев, ослабленных длительной конкуренцией и повлиять на очаг удалением зараженных деревьев рубками уже невозможно, так как упущены и время, и место воздействия на первопричину ослабления. Поэтому всякого рода «меры борьбы» в уже появившихся очагах болезней в древостоях вносят лишь психологическое успокоение, но не реальное устранение причины заболевания. Удаляются последствия, но нет воздействия на комплекс причин ослабления. Причем последнюю из причин (очаги корневых гнилей) устранить к тому же и невозможно. Трудно представить, во что превратились бы наши

леса, если бы ослабленные деревья не погибали, а упавшие стволы не превращались бы в перегной многочисленными видами грибов. Надо не устранять заражение грибами (что невозможно в принципе без нарушения баланса биогеоценоза в целом), а *защищать леса* профилактикой и прежде всего выращиванием при оптимальных режимах густоты.

Очаги с выпавшими растениями образуют прогалины в пологе и древостой становится неустойчивым к ветровым нагрузкам. И опять-таки неустойчивость древостоя к сильным ветрам и навалам снега обусловлена действием цепочки более ранних причин, которые инициировались в раннем возрасте излишней или неравномерной густотой.

Можно выявить еще много факторов, ослабляющих дендроценоз, но нас должны интересовать те из них, на которые можно повлиять и поэтому густота древостоя всегда интересовала лесоводов.

На основании вышесформулированных пяти законов динамики можно сформулировать интегрированный ***общий закон возрастной динамики и функционирования простых одновозрастных древостоев***, чистых и смешанных, в следующем развернутом виде: «чем больше первичная густота дендроценоза (от 0,5–1,0 до 200 тыс. экз. на 1 га и более), тем он хуже растет и развивается, имеет худшие показатели большинства таксационных и морфометрических признаков, раньше достигает предела и раньше теряет лидерство по ним, а также устойчивость и долголетие в сравнении с древостоями с меньшей первичной густотой».

В главе 4 данный закон уже рассматривался и общим его следствием является влияние начальной густоты древостоев и возникающей конкуренции между растениями на ***всю последующую жизнь*** насаждения и чем больше густота, тем сильнее меняется рост и развитие как отдельных деревьев, так и древостоев в целом.

Закон действует до некоторых низших пределов густоты, менее которой деревья уже не образует со временем сомкнутого дендроценоза. В разных условиях и у разных пород это будет разная первичная густота и возраст формирования древостоя. Отметим, что знаменитая Линдуловская роща лиственницы европейской была сформирована из посадок с первичной густотой всего лишь 540 растений на 1 га. Действие данного закона особенно убедительно подтверждается при плантационном выращивании хвойных пород (Рябоконь, 1990; Плантационное…, 2007).

Заметим, что в разработке динамических моделей развития дендроценозов в первую очередь следует составить вначале *статичные* модели для древостоев по сомкнутости крон (коэффициенту перекрытия поверхности кронами деревьев), а также модели по объемам крон – ведущих признаков, определяющих динамику всех других (биологических и таксационных) показателей в динамике древостоев (Разин, 1977, 1979).

Отметим, что для южной тайги Пермского края только для одного типа условий местообитания $C_{2,}$ вместо обычного составления 1–2 моделей (ТХР нормальных древостоев и таблицы модальных древостоев) нами разработаны 15 моделей динамики естественных еловых древостоев с различной начальной густотой, в соответствии с изложенной выше теорией (Разин, Рогозин, 2009, 2010). Подобные им 4 модели разработаны и для лесных культур ели (Разин,1988), приведенные здесь выше в разделе 4.

Одним из аргументов в критике предложенного нами способа моделирования хода роста древостоев в частности и в целом теории естественной возрастной динамики одноярусных древостоев является апелляция к ТХР по ельникам в Пермском крае как к частному случаю, который не подтверждается на сосняках, например, в Сибири (Семечкин, Зиганшин, 2010). Поэтому для подтверждения наших законов и теории динамики на сосняках приведем данные наблюдений в Тимирязевской лесной опытной даче за культурами сосны, созданными М.К.Турским в 1879 г. (Итоги экспериментальных работ…, 1964, с. 318-320), которые в сокращенном виде помещены в табл. 7.2.

Таблица 7.2 – Данные перечислительной таксации на постоянных пробных площадях $Я_1$, $Я_2$, $Я_3$ в квартале 6 лесной опытной дачи Тимирязевской СХА в культурах сосны, созданных М.К.Турским. Посадка однолетками, квадратная, 1879 г.

Возраст, лет	ПП $Я_1$, начальная густота 9680 шт./га						ПП $Я_2$, начальная густота 4610 шт./га						ПП $Я_3$, начальная густота 2520 шт./га					
	Нср, м	Дср, см	Nтек, шт/га	∑g, $м^2$/га	Полнота*	Бонитет	Нср, м	Дср, см	Nтек, шт/га	∑g, $м^2$/га	Полнота*	Бонитет	Нср, м	Дср, см	Nтек, шт/га	∑g, $м^2$/га	Полнота*	Бонитет
5	-	-	9680	-	-	-		-	4610	-	-	-	-	-	2520	-	-	-
15	4,4	5,4	8874	22,0	0,88	3	5,5	7,0	4202	16,0	0,56	2	7,0	7,8	2312	9,43	0,29	1
26	7,0	8,4	7341	**41,1**	**1,28**	3	8,5	10,5	4028	35,0	1,03	2	10,3	12,1	2165	24,9	0,71	1
34	9,0	11,7	4183	40,2	1,16	3	11,0	13,5	3030	**44,1**	**1,24**	2	13,0	15,1	2017	32,3	0,89	1
47	12,8	13,8	2171	30,5	0,87	3	14,3	15,1	2091	39,7	1,06	2	16,9	17,0	1480	38,4	1,00	1
57	15,4	16,4	1360	30,1	0,80	3	17,0	17,0	1840	38,7	1,01	2	19,3	19,8	1389	**42,8**	**1,08**	1
67	17,5	17,9	960	28,2	0,73	3	18,5	19,0	1045	29,1	0,74	2	20,6	20,4	980	35,6	0,89	2
75	19,0	19,5	632	20,9	0,53	3	20,0	20,2	778	24,9	0,62	2	21,5	20,9	890	30,6	0,75	2
80	19,5	20,5	488	17,5	0,44	3	20,5	21,0	605	20,5	0,52	2	21,9	21,9	780	29,4	0,72	2

Примечания:
* – относительная полнота определена по ТХР полных древостоев лесных культур лесной опытной дачи ТСХА (Итоги экспериментальных работ…, 1964, с. 52);
41,1 – выделены жирным шрифтом и подчеркнуты наибольшие значения абсолютной и относительной полноты.

В таблице 7.2 хорошо видно, как от начальной густоты зависит высота культур сосны, быстрый или медленный набор и максимумы полноты. Все показатели взаимозависимы и подтверждают законы, сформулированные выше. Ранее мы уже приводили данные по моделированию искусственного выращивания в культурах сосны (Рябоконь, 1990), подтверждающими наши прогнозные модели выращивания еловых культур. Развитие естественных сосняков, конечно же, будет отличаться от развития сосны в культурах, и для выяснения динамики их развития необходим весь ряд наблюдений, от появления самосева и до распада, а не отдельные наблюдения в разных возрастах. Логика подсказывает, что в естественных древостоях и других лесных пород действие предложенных нами законов будет аналогичным.

7.2. Модели роста и константы в развитии древостоев

Раздел о биологических константах является новым; он отсутствовал в первой редакции данной книги, вышедшей в 2011 г. Понятие о константах появилось после анализа литературы, посвященной существованию у растений биологических полей.

Известная концепция конкуренции (Сукачев, 1953) на основе пространственного взаимодействия растений не объясняет все эффекты отношений внутри вида. В основе взаимоотношения растений со средой и между собой лежит материально-энергетический обмен, который чрезвычайно разнообразен – от обмена метаболитами и перераспределения элементов питания до взаимодействия электрических полей, генерируемых растениями (Титов, 1978). Эти поля дополняют концепцию фитогенного поля, предложенную еще в 1960-е гг. (Уранов, 1965).

Существует не только конкуренция, но и явление взаимного приспособления растений, обнаруженное в 180-летних древостоях ели и пихты на Урале, где деревья с разной динамикой образования прироста по диаметру образовали биогруппы, а деревья с близким типом прироста росли на значительном расстоянии (Горячев, 1999). Можно предположить в этом явлении настройку деревьев друг на друга внутренними регуляторами роста, а также отбор в эти группы правых и левых форм растений: левые формы предпочитают прямой свет и слабую конкуренцию, а правые – рассеянный и толерантны к ней (Голиков, 2011) и поэтому лучше сосуществуют вблизи друг друга.

Наличие экстремумов сомкнутости крон и пиков сомкнутости полога (Разин, 1979; Разин, Рогозин, 2009), а также совпадение максимумов текущего прироста и запасов хвои (Нагимов, Деменев, 1989) подтверждает действие основных законов экологии при заполнении пространства экосистемы растениями (Реймерс, 1994, с. 78). Эти законы обусловлены действием физических, химических и энергетических взаимодействий между растениями (часть которых мы знаем как конкурентные). Поэтому нет никаких противоречащих фактов и теорий для принятия гипотезы о том, что механизмом саморегуляции в сообществе растений могут быть их биополя, излучающие сигналы самой различной физической природы, еще не изученные и во многом неизвестные.

Концепция биополя активно обсуждалась в 1970-е годы и для древостоев были обнаружены доказательства его сильнейшего воздействия на прирост еловых культур. Воздействие выражалось в заблаговременном, за 2-3 года до смыкания крон, резком снижении в 2 раза прироста ветвей кроны, начавшееся еще при расстоянии между кронами в 0,4 м; далее, после прорастания крон друг в друга на расстояние до 1 м, прирост плавно увеличивался в 1,6 раза относительно достигнутого минимума. Причины таких колебаний и само это необычное явление, обнаруженное в опытных вариантах культур с разной густотой, сами авторы объяснили «сменой внутривидовой конкуренции на взаимную толерантность» (Кайрюкштис, Юодвалькис, 1976), однако описать обнаруженное явление – еще не значит объяснить его причины.

Если механизмом саморегуляции структуры древостоя является его биополе, выступающее как ведущий фактор естественного изреживания, то должны быть и соответствующие ему постоянные величины (константы), связанные с площадью клеток,

излучающих это биополе. Первая из них, обнаруженная И.С.Марченко (Марченко, 1995, с. 89) – это объем ветвей в 1 $м^3$ полога (насыщенность сучьями). Вторая из обнаруженных данным автором постоянных величин – это насыщение полога клетками камбия, измеряемая по связанной с ней площадью листьев в единице объема полога ($см^2/м^3$). Эта площадь стремится к пределу у каждой древесной породы, которая остается постоянной (Марченко, 1995, с. 86; с. 91). Открытые И.С. Марченко константы не проверялись другими исследователями, и мы выяснили их наличие в моделях роста еловых древостоев.

Для этого проведен анализ 13 табличных моделей хода роста и выращивания насаждений ели: шести моделей хода роста естественных древостоев с начальной густотой в диапазоне 1.0–14.0 тыс. шт./га по данным нашей работы (Разин Рогозин, 2009), четырех моделей хода роста культур с начальной густотой 3.6 – 8.5 тыс. шт./га. и трех моделей выращивания при регулировании густоты по материалам главы 3.

Наличие константных величин выясняли, анализируя развитие в пологе древостоя его основного показателя – суммы объемов крон. Для расчета использовали формулу

$$Vкр=H\times Скр\times Lкр\times 100k,$$

где: Vкр – сумма объемов крон в пологе древостоя, м3/га;

H – средняя высота, м;

Скр – сомкнутость крон, $м^2/м^2$;

Lкр – длина кроны в % от высоты ствола;

k – коэффициент, учитывающий форму кроны и плавно возрастающий от 0.332 в 10 лет до 0.354 в 120 лет.

Результаты расчетов суммы объемов крон (сокращенно, объем крон) в возрасте от 10 до 120 лет помещены в таблице 7.3, которые показывают, что в самых редких смолоду древостоях с начальной густотой 1.0 и 1.3 тыс. шт./га начиная с 40–45 лет объемы крон изменялись, соответственно, в пределах 50.6–52 и 46.4–47.5 тыс. $м^3$/га с колебаниями от среднего уровня в пределах ± 1.4%. Колебания объемов крон в этих моделях выглядят почти как прямая линия (рис. 7.1), их можно оценить как весьма незначительные и начиная с 45 лет объем крон в таких древостоях можно считать величиной постоянной, то есть, в некотором смысле, «индивидуальной константой» для каждой модели древостоя.

Таблица 7.3 – Сомкнутость крон (Скр) и сумма объемов крон (Vкр) в еловых древостоях в Пермском крае для типов условий местопроизрастания С2-С3

Возраст, лет	Начальная густота в моделях роста деревостоев в 10 лет, тыс. шт./га											
	1.0		1.3		1.65		2.9		5.1		7.9	
	Скр, $м^2/м^2$	Vкр, $м^3$/га	Скр, $м^2/м^2$	Vкр, $м^3$/га	Скр, $м^2/м^2$	Vкр, $м^3$/га	Скр, $м^2/м^2$	Vкр, $м^3$/га	Скр, $м^2/м^2$	Vкр, $м^3$/га	Скр, $м^2/м^2$	Vкр, $м^3$/га
10	0.07	0.4	0.08	0.4	0.10	0.6	0.19	1.1	0.32	1.8	0.50	2.8
15	0.20	2.3	0.24	2.8	0.31	3.6	0.54	6.2	0.89	10.1	1.18	12.1
20	0.36	6.3	0.45	7.9	0.56	9.7	0.94	15.9	1.39	22.0	1.66	22.7
25	0.58	13.8	0.70	16.5	0.87	20.2	1.30	28.0	1.59	29.3	-1.61	24.8
30	0.84	25.5	1.00	29.7	1.17	33.5	1.47	35.9	1.47	29.6	-1.45	25.6
35	1.08	38.6	1.21	41.4	1.33	42.5	-1.38	35.8	-1.33	29.7	-1.3	25.5
40	1.21	47.2	1.29	47.0	1.33	43.9	-1.27	35.6	-1.21	29.1	-1.18	24.8
45	1.25	50.6	-1.28	47.5	-1.27	43.5	-1.20	35.3	-1.13	28.4	-1.09	24.0
50	-1.24	51.1	-1.24	47.3	-1.21	43.2	-1.13	34.6	-1.05	27.4	-1.00	22.9
60	-1.17	50.7	-1.15	47.1	-1.11	42.6	-1.02	33.2	-0.93	25.6	-0.87	20.9
80	-1.09	51.3	-1.05	46.5	-1.01	41.6	-0.90	30.8	-0.8	22.8	-0.73	18.0
100	-1.05	51.7	-1.01	46.4	-0.97	41.3	-0.85	29.9	-0.75	21.8	-0.67	16.8
120	-1.03	52.0	-1.00	47.1	-0.95	41.2	-0.84	29.9	-0.73	21.5	-0.65	16.5
Примечание. Знак «минус» означает, что пик сомкнутости пройден и значения снижаются												

При увеличении начальной густоты до 1.6 тыс. шт./га объем крон уже не так постоянен и колеблется в пределах 41–43.9 тыс. м^3/га, при этом в 40 лет появляется слабый экстремум. При дальнейшем увеличении начальной густоты до 2.9–7.9 тыс. шт./га такой же слабый экстремум смещается к 30 годам, объемы неуклонно снижаются и достигают в 90–120 лет при начальной густоте 7.9 тыс. шт./га всего лишь 51% от объемов крон при начальной густоте 1.0 тыс. шт./га).

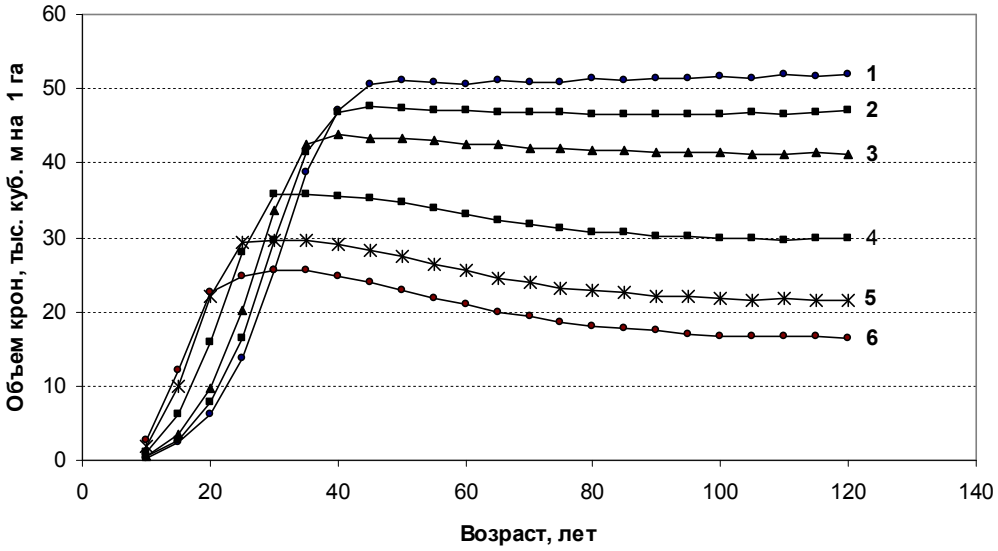


Рис. 7.1. –Динамика объема крон в еловых древостоях с начальной густотой в 10 лет: *1* – 1.0; *2* – 1.3; *3* – 1.6; *4* – 2.9; *5* – 5.1; *6* – 7.9 тыс. шт./га

Как видим, сумма объемов крон елового фитоценоза оказывается величиной постоянной только в пределах некоторых линий развития, определяемых начальной густотой и только для самых редких смолоду древостоев (см. рис. 7.1). Эти постоянные величины имеют ясный биологический смысл, как предел, больше которого полог уже не может заполняться биомассой и сохраняет ее на фоне изменения буквально всех таксационных показателей, включая даже класс бонитета, который у моделей с начальной густотой 1–1.3 тыс. шт./га с 40 до 120 лет меняется на 0.6 класса – от 1.2 до 1.8 (Разин, Рогозин, 2009).

Однако далее появились никак не ожидаемые закономерности. Если рассчитать производительность работы крон, измеряя ее текущим общим приростом древесины по десятилетиям, то на 1000 м^3 объема крон густые модели 5 и 6 производят в 20-30 лет на 7–21% больше древесины в сравнении с моделями 1–3 с малой густотой. Но в 40 лет во всех моделях она выравнивается, а далее меняется на обратную: в 60–110 лет кроны в более редких моделях 1–3 снижают производительность в 1.4–1.8 раза в сравнении с моделью 6; в 120 лет эти различия почти исчезают (рис 7.2). То есть в густых моделях до 40 лет производительность работы крон оказывается ниже, а после 40 лет – выше, чем в редких моделях. Данное явление тем более удивительно и необычно на фоне неуклонного снижения конечных показателей продуктивности в густых моделях.

Производительность работы крон как явление в динамике и в разных по густоте древостоях совершенно не изучалось ранее. Выравнивание данных мы не проводили, и на рис. 7.2 видны случайные пересечения линий в 90–110 лет у моделей 1 и 3, а также в 30 лет – у моделей 5 и 6, что было бы обязательно устранено аппроксимацией, если бы ранее при составлении моделей роста (Разин, Рогозин, 2009) этот показатель учитывали.

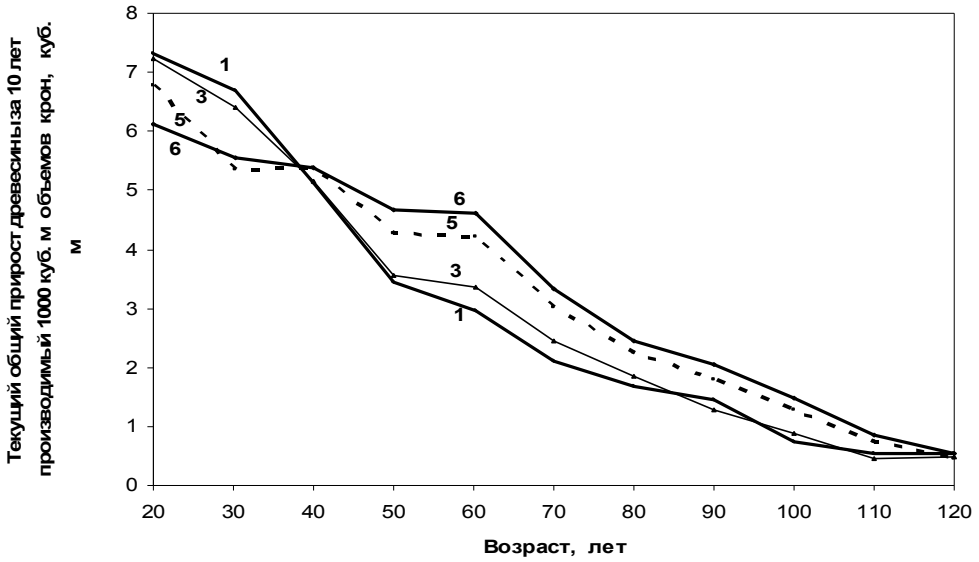


Рис.7.2. –Динамика производительности крон в моделях еловых древостоев с начальной густотой: *1* – 1.0; *3* – 1.65; *5* – 5.1; *6* – 7.9 тыс. шт./га

Мы можем только предполагать, почему наблюдаются такие разные линии динамики производительности крон. Их можно объяснить, например, отбором в густых ценозах правых форм растений, более продуктивных при повышении плотности популяции (Голиков, 2011), включением эпигенетических регуляторов роста и формированием биогрупп с разной динамикой прироста (Горячев, 1999), а также грузом старой теневой хвои, которая сохраняется у ели до 7–9 лет. В редких древостоях ее больше, тогда как в густых старая хвоя отмирает быстрее, и поэтому эффект работы фотосинтезирующего аппарата повышается. Возможна и гипотеза И.С. Марченко, совершенно по-новому объясняющая это явление, согласно которой крона имеет 4 слоя по активности клеток камбия и листвы; активность этих слоев определяет взаимодействие биополя дерева с соседями, а прирост ветвей зависит не только от нахождения кроны в тени или на свободе, но и от малоизученных пока явлений усиления и торможения роста клеток в этих слоях кроны (Марченко, 1995).

Какой из приведенных четырех весьма сложных процессов превалирует и в каком возрасте – пока совершенно неясно даже предположительно.

Среди других признаков, претендующих на название «биологическая константа», мы обнаружили еще один, известный как сбег ствола дерева (отношение диаметра на высоте 1.3 м к высоте дерева). Этот признак вполне предсказуем и если внести поправку и рассчитать сбег по отношению к высоте ствола с вычетом высоты 1.3 м, то его величина устойчива на протяжении 70–90 лет и поведение сбега ствола в моделях начиная с 45–50 лет выглядит как несомненно стабильное (рис. 7.3).

Следует отметить, что в специальных работах по изучению формы стволов (Кофман, 1986) подобных закономерностей не обнаружено, так как изучались не естественные ряды древостоев, а их предельные состояния в разном возрасте.

Сбег ствола имеет глубокий биологический смысл и характеризует историю развития. При сильном давлении (большой густоте) сбег мал, а в условиях свободы он увеличен. Его определяет развитие кроны – чем она больше, тем больше и сбег, и если мы говорим о типах роста и их изменении регулированием плотности стояния деревьев рубками, то быстрый «отклик» кроны и сбега ствола возможны до начала их стабилизации; если же сбег стабилизировался, то преодолеть его инерцию, имеющую физиологическую и эпигенетическую природу, будет, скорее всего, невозможно, так как генетическая программа развития деревьев уже наполовину реализована и кроны сформировали устойчивую форму.

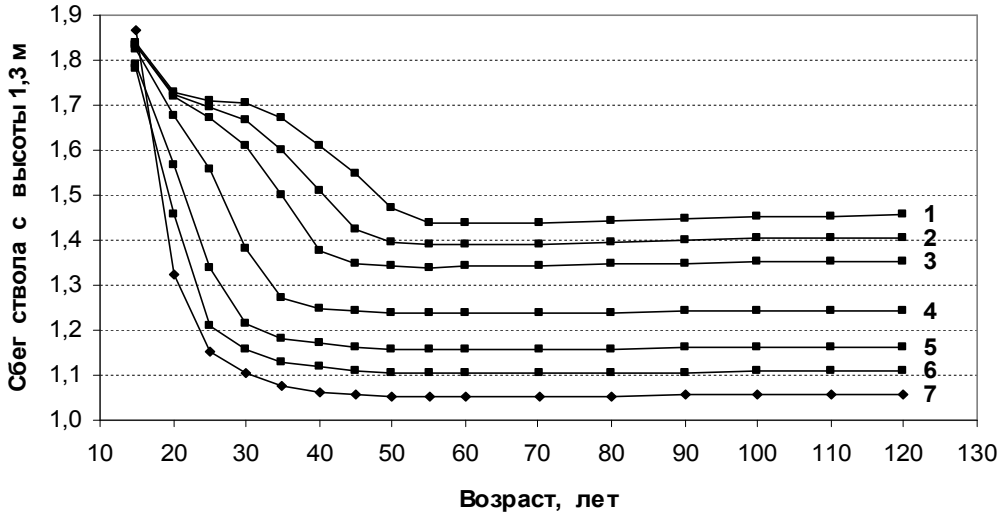


Рис. 7.3 – Сбег ствола с высоты 1.3 м в моделях еловых древостоев с начальной густотой: *1* – 1.0; *2* – 1.3; *3* – 1.65; *4* – 2.9; *5* – 5.1; *6* – 7.9; *7* – 14 тыс. шт./га

Кульминацию развития насаждения обычно связывают с максимумом текущего прироста по запасу. В наших моделях текущие приросты выглядят как серия пересекающихся кривых и каждая из них имеет максимум. В естественных древостоях максимумы наблюдаются в моделях с малой начальной густотой в 30-40, а в густых – в 25 лет (рис. 7.4).

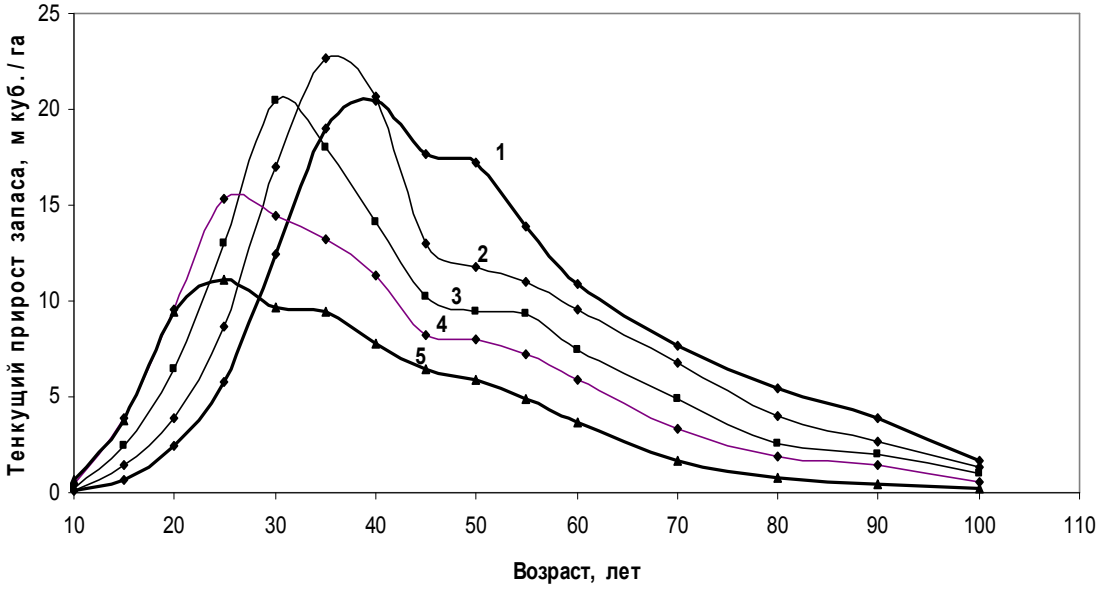


Рис 7.4 – Текущий прирост по запасу в моделях роста естественных еловых древостоев в типах условий местопроизрастания С2-С3 с начальной густотой: *1* – 1.0; *2* – 1.65; *3* – 2.9; *4* – 5.1; *5* – 14 тыс. шт./га

В культурах с малой густотой максимум начинается в 35 лет, а в модели с густотой 8.5 тыс. шт./га – в 25 лет (рис. 7.5). То есть пики в редких и густых естественных и искусственных древостоях приходятся примерно на один возраст.

Кульминация прироста по запасу обусловлена множеством причин, о которых мы говорили выше. Представляется обоснованным утверждение, что если ранги роста деревьев определились отбором в результате действия этих многих причин, то изменить и «переместить» развитие древостоя на более производительную линию (модель роста)

после кульминации прироста вмешательством разреживаниями трудно или почти невозможно. Деревья имеют инерцию в развитии по множеству признаков, определяющих их ранги. Ранги отражают их адаптацию именно для этой линии развития и адаптация эта в основном завершается на пике прироста по запасу.

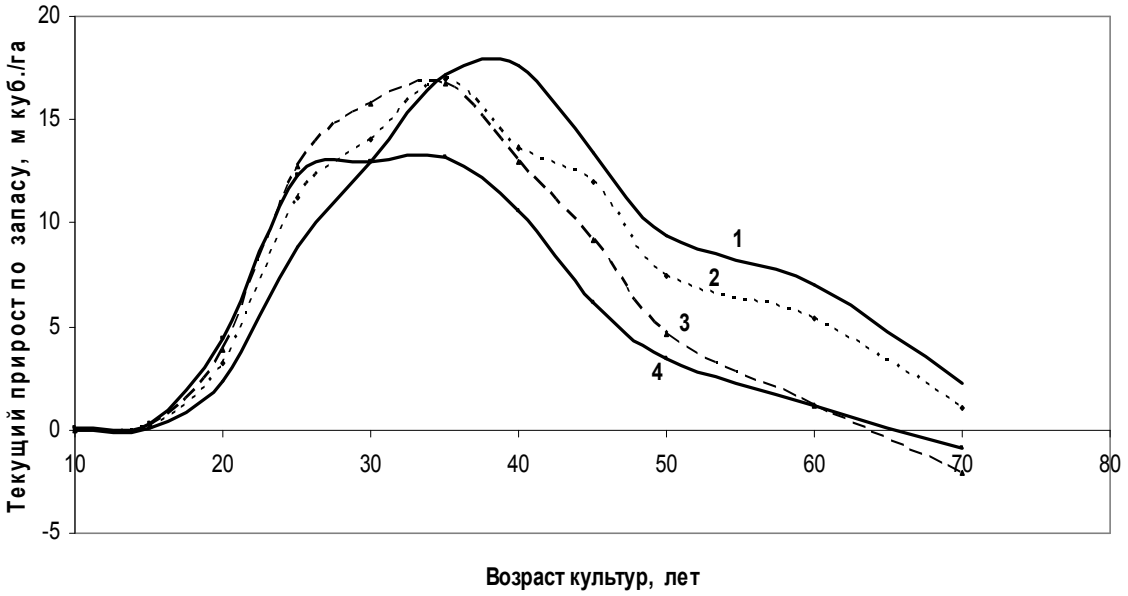


Рис. 7.5 – Текущий прирост по запасу в моделях еловых культур в типах условий местопроизрастания В3-С3 с начальной густотой в 10 лет: *1* – 3.6; *2* – 4.8; *3* – 6.0; *4* – 8.5 тыс. шт./га

Рекомендации по ускоренному выращиванию леса как раз и ориентированы на разреживания в самом раннем возрасте (Плантационное…, 2007). Период во время и после пика сомкнутости полога и кульминации прироста по запасу уже неэффективен для изменения динамики в положительную сторону, так как в господствующую часть древостоя уже произошел отбор конкурентновыносливых генотипов и это свойство у них не всегда сочетается с крупными размерами, о чем уже говорилось выше.

Но дело еще и в том, что если пик сомкнутости наступил, и растения адаптировались к дефициту питания путем формирования малообъемных крон, то древостой освобождается от предельной сомкнутости всегда с ущербом для производительности. Поэтому чем позднее рубка, тем слабее она меняет линии развития культур; данный вывод следует из хода роста *моделей выращивания культур,* построенных по данным культур ели Ф.А.Теплоухова с проведенным рубками ухода, помещенными выше в главе 3 (стр. 80, рис 3.5).

Из рассмотренных законов следует ряд правил, позволяющих использовать их с нужным эффектом. Укажем только на основные. Так, при выращивании леса активные регулирования густоты (рубки ухода «прочистки») должны быть завершены до кульминации текущего прироста по запасу. Для ельников это будет возраст 25 лет в густых (начальная густота 5 тыс. шт./га и более) и 30-35 лет – в редких древостоях (начальная густота 2.9 тыс. шт./га и менее).

Важные правила появляются и для лесной селекции.

История насаждений разнообразна и порождает отличающиеся типы их развития. Желательный для лесных плантаций генофонд формируют древостои с пониженной начальной густотой и в следствие этого плохой очищаемостью от сучьев. Возможно, неудачи плюсовой селекции в том числе объяснимы и отбором родителей в насаждениях с другой историей развития, а именно, с высокой густотой в молодом и среднем возрасте

и поэтому с хорошей очищенностью от сучьев, где формируется генофонд, более подходящий для выращивания в густом стоянии и непригодный для плантационного выращивания.

В интересах плантационного выращивания в критерии отбора плюсовых насаждений и деревьев необходимо включить не только историю их густоты, но и возраст не более 50-55 лет. Имеющийся же исходный материал, задействованный в конце 20 века в селекции хвойных, более подходит по своей истории формирования и возрасту выделения к генофонду для выращивания насаждений с высокой начальной густотой до возраста 80–120 лет и более.

В биологии существует представление о саморегуляции густоты в чистых древостоях. Однако растения не планирует свое будущее, а стремятся к заполнению пространства биомассой до предела, после чего начинается регресс, принимаемый за «саморегуляцию»; при этом социум как можно дольше сохраняет максимум деревьев с ущербом для их размеров. Укоренившийся миф искажает мышление и приводит к заблуждениям, мешающим принятию правильных решений при выращивании лесов.

Таким образом, теория возрастной динамики дендроценозов показывает, что в природе имеются только динамические естественно-гомогенные ряды – ряды конкретных древостоев с определенной первичной густотой. Эти динамические ряды обязательно состоят из следующих состояний (стадий), наступающих в порядке увеличения возраста: малосомкнутые, среднесомкнутые, высокосомкнутые, предельносомкнутые, затем идет их повторение в обратном порядке. Отсюда следует, что все имеющиеся в природе так называемые модальные древостои – со средними показателями признаков сомкнутости и полноты, а также нормальные, полные, сомкнутые древостои входят в состав вышеуказанных естественных динамических рядов в виде их обязательных стадий и поэтому *они не могут самостоятельно составить какой-либо иной естественный ряд*. Поэтому широко используемые и давно известные таблицы хода роста полных и модальных древостоев являются квази-динамическими, не имеющими эвристической ценности для познания сущности развития древостоев. Они статичны по изначально выбранному методу их составления и это признают их сторонники и разработчики.

Поведение реальных древостоев не совпадает с показателями таблиц хода роста полных древостоев, применяемых в настоящее время. Они не пригодны для прогноза развития конкретных древостоев даже на 10 лет. Поэтому предлагается переименовать ныне существующие старые таблицы хода роста нормальных древостоев на «Таблицы таксационных показателей в статике» (ТТПС) для понимания сущности показателей, в них представленных. Текущий прирост, отпад и общая продуктивность в них ошибочны. Для новых таблиц таксационных показателей в динамике (ТТПД), а также динамических моделей роста (ДМР), динамических моделей выращивания древостоев (ДМВД) необходима иная методика моделирования с учетом действия обнаруженного закона. Здесь есть над чем поработать пытливым и упорным исследователям.

Таблицы хода роста, построенные по классам бонитета на основе статичных шкал М.М. Орлова и других авторов, также не адекватны действительному ходу роста реальных древостоев. Причина в том, что бонитетная шкала отображает древостои в статике. Но некоторые считают, что древостои одного бонитета в совокупности остаются в течение жизни в среднем в пределах своего класса бонитета, признавая, что конкретные древостои и переходят из одного класса в другой. При этом понятие «совокупость древостоев» становится аргументом защиты ТХР полных древостоев (Швиденко и др., 2008; Багинский, 2011). По поводу развернувшейся дискуссии можно отметить следующее.

Что такое совокупность, авторы (Швиденко и др., 2008; Багинский, 2011) не поясняют, считая это излишним. Тогда можно полагать следующее. Известно, что таксация леса представляет собой фиксацию состояния древостоев по выделам, и именно для этого и проводится лесоустройство; далее *совокупность выделов* объединяют в хозсекции: сосновая высших бонитетов, сосновая низших бонитетов, еловая, березовая и

т. д. Устойчивость бонитета в таких хозсекциях выше, но для прогноза роста хозсекций эту устойчивость, в общем-то, не просчитывают. Часть древостоев (выделов) при повторном лесоустройстве перемещается, перетекает из одной совокупности в другую: например, из секции высших бонитетов (2 и выше) в секцию низших (3 и ниже).

Эти перемещения лесоустройство не анализирует – для товаризации поступающих в рубку насаждений такие перемещения не важны. Но для оценки выделов после рубок ухода указанные изменения были бы весьма показательны и не надо объяснять, что при изъятии лучших деревьев при нарушении правил таких рубок бонитет понизится. Поэтому знать и признавать неустойчивость бонитетов можно сколько угодно, а вот фиксировать эту самую неустойчивость в учетах лесного фонда очень не хочется.

Неустойчивость бонитетов затрагивает интересы множества самых разных людей, как ученых, так и производственников и поэтому ее не афишируют, считают чем-то несущественным в глобальном учете лесов. Учет лесов ведется в статике и статичные шкалы бонитетов для единовременного (здесь и сейчас) знания о лесах подходят, «задачу свою выполняют и на большее не претендуют» (Багинский, 2011). Это один из моментов, затрагивающих жизненные интересы. Известно из философии, что если бы геометрические аксиомы затрагивали жизненные интересы людей, то они бы постоянно опровергались (например, что у треугольника может быть не три угла, а два или четыре).

Совокупности выделов в виде хозсекций имеют значение в учете лесов, но в них нет прогноза их будущего. Поэтому и ТХР по классам бонитета, применяемые ныне в таких совокупностях для их актуализации дают неверный прогноз развития как для этих совокупностей, так и для отдельных древостоев (выделов). Ссылки на приемлемость ошибок в актуализации данных таксации при «лаге прогнозов в 5 лет» (Багинский, 2011) не убеждают, если лесоустройство, например, в Пермском крае на 2012 г. не проводилось уже 19 лет в 11 лесничествах из 33-х.

Если от учета лесов не требовать прогноза развития ситуации, ограничиваясь общими сведениями о движении показателей и не давать прогноза на будущее – то тогда, действительно, в трактовке В.Ф.Багинского (2011) «не надо ломать ни копья, ни стулья»; выращиванием лесов пусть занимаются другие, а задача таксации и лесоустройства – только отслеживать их движение и состояние (вести учет лесного фонда и мониторинг).

Мы придерживаемся другой точки зрения. Поведенное лесоустройство должно не только оценивать, но и давать прогноз развития древостоев. Предложенная нами теория естественной возрастной динамики древостоев ориентирует на правильное их выращивание продуктивными, производительными, устойчивыми и долгоживущими. Она показывает, что наилучшие древостои можно вырастить только при своевременных и оптимальных разреживаниях, так как почти любой дендроценоз однажды становится предельно сомкнутым и нуждающимся в них.

И не стоит защищаться тезисом о невмешательстве в естественный ход развития леса. Человек вмешался в его развитие на громадных территориях рубками с последующей сменой хвойных пород на лиственные, и если потом он все бросает с надеждой на естественное возобновление и саморегуляцию густоты, то это уход от этических и нравственных норм, от правила «***мы в ответе за природу, которую мы изменили***». Не стоит искать и некие «научные» аргументы и проводить исследования с поиском якобы естественных циклов смены хвойных пород на лиственные, которые улучшают почвенное плодородие для хвойных, для оправдания бездействия с уходом в тихую гавань поражения с признанием бессилия в управлении природными процессами.

Обязательные ранние рубки ухода в выращивании лесов продуктивными и долгоживущими будут наиболее результативным мероприятием. Именно о таких рубках ухода, нацеленных на конечный результат, мечтали классики лесоводства и один из виднейших его представителей – Александр Ефимович Теплоухов.

8. Заключение

8.1. Общие выводы

Изучение культур хвойных пород, созданных в конце 19 – начале 20 века А.Е. и Ф.А.Теплоуховыми, анализ их продуктивности, развития и старения, а также анализ перспектив селекции ели в естественных насаждениях и в культурах позволяют прогнозировать развитие различных лесных экосистем. На примере этой породы показано, что развитие и старение ее древостоев могут быть как ускорены, так и замедлены. Обнаружена долговечность культур сосны и лиственницы, их адаптация к факторам стресса и устойчивость к ветровалам. Культуры ели сильнее подвержены влиянию этих факторов, менее устойчивы, менее долговечны и срок их жизни ограничен 70-80 годами; рубеж 100-летнего возраста преодолели только некоторые участки ее культур с пониженной начальной густотой и при смешивании с другими породами (искусственном или естественном подселении) от 50% и более по количеству растений – с сосной, лиственницей, березой, осиной.

Лесные культуры 1890-1914 годов находятся в периоде стагнации полноты и запаса древесины с накоплением сухостоя и валежа. Однако поражение стволовыми гнилями и болезнями живых деревьев сосны и лиственницы единичное. В биологическом отношении культуры относятся к климаксовым лесам, и поэтому активное воздействие на древостой (рубки среди живых деревьев) нарушит сложившиеся взаимоотношения между элементами фитоценоза. Ветровая устойчивость культур напрямую зависит от наличия в массивах открытых пространств и прогалов, где крайние деревья испытывают максимальные ветровые нагрузки. Культуры сосны и лиственницы при ветровалах 1991-1993 годов уцелели не только из-за особенностей корневых систем этих видов, но прежде всего благодаря именно однородности и компактности участков.

По степени продуктивности хвойные породы в культурах располагаются в следующем порядке: лиственница Сукачева, сосна обыкновенная, ель гибридная, ель сибирская. Сроки жизни культур сосны превысили 150 лет, лиственницы – 110 лет. Долговечность культур ели оказалась 70-90 лет, и наши выводы о слабой устойчивости ели подтвердились массовым усыханием еловых лесов в начале 21 века на более чем 1,6 млн. га на Северо-Западе Европейской части России. Отсюда следует, что на фоне изменений климата последних десятилетий, выращивание еловых лесов в России становится весьма проблематичным.

Поэтому в данной работе мы сосредоточили усилия на изучении именно этой лесной породы, как наиболее чувствительного звена в экосистеме.

Выяснено, что большая начальная густота культур ели является первопричиной распада культур и причиной, формирующей и выдвигающей в верхний ярус генотипы, выносливые к конкуренции, но менее быстрорастущие как сами по себе, так и в потомстве. Снижение общей производительности культур при высокой начальной густоте (8500 шт./га) достигает в 50 и 70 лет 11 и 15% соответственно, а снижение быстроты роста потомства, полученного от плюсовых деревьев из густых культур, достигает 8,3-13,6% в 21-летнем возрасте.

Приведены 4 модели хода роста древостоев культур ели от 10 до 110 лет для наиболее распространенных типов условий с начальной густотой 3550, 4800, 6000 и 8500 шт./га, а также модели выращивания ее культур с начальной густотой 3550 с разным возрастом начала рубок разреживания (в 25-50 лет).

Модели отражают **закон развития одноярусных древостоев**, который утверждает: чем больше начальная густота древостоев, тем меньше по размерам и объему в них деревья; такие древостои хуже растут и с возрастом оказываются менее полными и низкопроизводительными по сравнению с древостоями с меньшей начальной густотой.

Густые древостои плохо противостоят факторам стресса и быстрее распадаются по сравнению с менее густыми по своим внутренним причинам. Следствием закона являются постоянные изменения рангов таксационных показателей по мере развития древостоев. Изменения приводят к тому, что динамика абсолютной и относительной полноты также зависит от густоты: чем больше начальная густота, тем раньше достигает своих пределов полнота, тем быстрее она снижается и остается далее всегда меньшей, чем в более редких древостоях. И наоборот, древостои с меньшей густотой медленнее и позднее достигают ее предельных значений, длительное время сохраняют ее и остаются устойчивыми до преклонного возраста. Выращивание культур ели по разработанным прогнозным моделям, с начальной густотой 3550 шт./га и ее регулировании начиная с 25 лет, позволит получать древостои с запасами в 70 лет 530 $м^3$/га и в 110 лет 798 $м^3$/га.

В главе 7 приведено описание еще 4 частных законов развития древостоев, входящих в разработанную Г.С.Разиным ***теорию естественной возрастной динамики одноярусных древостоев.*** Данная теория раскрывает их развитие как взаимозависимый процесс изменения всех таксационных показателей во времени, начиная с появления самосева и заканчивая началом распада древостоя.

Необходимо сохранение генофонда культур Теплоуховых, обладающих рекордной продуктивностью, а также естественных происхождений, лидирующих по быстроте роста потомства. Данная задача частично решается для ели сибирской и гибридной на лесосеменной плантации ели в Ильинском лесничестве, где представлены (собраны как живая коллекция) растущие здесь потомства 5 ценопопуляций культур (в т. ч. 4 – от культур Ф.А.Теплоухова) и потомства 7 естественных происхождений ели.

Лиственница Сукачева может быть сохранена и вовлечена в селекционный процесс на участках культур в Кудымкарском районе в ООПТ «Кувинский бор», в Очерском районе в ООПТ «Парковый», «Урочище Соломатка», а также на других участках, например в кв. 83 в. 8 (1,4 га) Кипринского участкового лесничества, в которых возможно выделение до 30-40 плюсовых деревьев.

Сосна обыкновенная может быть вовлечена в селекцию в Очерском районе в ООПТ «Морозовский», «Спешковский» и «Лужковский», где возможно выделение до 100 плюсовых деревьев, а также вблизи п. Карагай одноименного района, в кв. 74 Карагайского лесничества, где плюсовые деревья уже выделены. Однако в свете полученных нами данных при испытаниях потомства сосны от 604 деревьев четырех ценопопуляций (Рогозин, 2010) и выводов других авторов для популяций сосны в Кировской области и Удмуртии (Видякин, 2010), есть основания полагать, что положительный эффект «плюсовой» селекции у сосны будет незначителен и составит лишь 1-3%. Более результативным будет отбор ценопопуляций после испытания их потомства. При этом используются семена от любых 30-50 деревьев. Не исключено, что лидерами будут потомства насаждений, сформировавшихся в условиях оптимальной (пониженной) густоты и лесные культуры Ф.А.Теплоухова и его последователей в этом плане могут быть весьма перспективны. Первая оценка быстроты роста возможна уже в возрасте 4-7 лет с отбором примерно 60% происхождений. После этого только в лучших происхождениях отбирают деревья-маточники для семеноводства. Далее, при испытании их потомства и отборе до 15% лучших маточных деревьев, эффект использования их семян при создании культур составит уже 18% (Рогозин, 2010).

Ель сибирская (гибридная) была вовлечена нами в селекцию в 7 естественных ценопопуляциях, на 4 участках культур Ф.А.Теплоухова и на 1 участке культур, заложенных в 1939 г. На европейском Северо-Западе и Урале расположена зона естественной интрогрессивной гибридизации двух видов ели: европейской и сибирской. Исследования (Попов, 1971, 1984) показали, что на обширной части ареала здесь образуется множество переходных форм с преобладанием признаков ели сибирской к северо-востоку и востоку от Урала и признаков ели европейской к западу. Обширность

ареала зоны гибридизации даже позволила отнести эти формы к новому виду и назвать ее ель гибридная или ель финская (Правдин, 1975).

Средняя длина шишек у плюсовых деревьев в 7 естественных популяциях оказалась 81,24 мм, а в 4 ценопопуляциях культур Теплоухова 87,92 мм или на 8,2% больше. В целом обе эти группы можно отнести к одному виду (подвиду) ели – ели гибридной, у которой средняя длина шишек определена 85±6,5 мм (Правдин, 1975). Необходимо использовать это гибридное многообразие. Исследования 21-23-летнего потомства 7 естественных и 5 искусственных ценопопуляций ели в Пермском крае в испытательных культурах разной густоты позволяют сделать следующие выводы.

1. В ценопопуляциях ели действует стабилизирующий естественный отбор в отношении высоты. Потомство самых высоких плюсовых деревьев не было достоверно выше, чем потомство обычных плюсовых деревьев. Поэтому отбор самых крупных родителей (в том числе для плантационного выращивания потомства) не оправдан – достаточен отбор просто крупных деревьев, в соответствии с нормативами выделения плюсовых деревьев.

2. Потомство 301 плюсового дерева из естественных насаждений в 21-23-летнем возрасте превышает по высоте контроль на 2,4-4,4%. Потомство 152 плюсовых деревьев из культур развивается лучше потомства из естественных насаждений и превышает контроль по высоте на 5,1-10,9%.

3. Потомство матерей с высотой менее средней растет значимо хуже: по высоте на 5,1% и с частотой встречаемости лучших семей (с высотами от 110%) меньше в 2,4 раза.

4. Для селекции ели на продуктивность высокий уровень внутривидовой конкуренции нежелателен. Конкуренция формирует сообщество конкурентновыносливых родителей, которые передают это свойство потомкам. При этом из густых культур потомки в 21-летнем возрасте растут медленнее на 8,3-13,6%. Напротив, при оптимальной конкуренции формируются деревья, которые передают потомкам способность к быстрому росту при размещении их в рядах культур через 1,0 м; при более густом выращивании (через 0,7 м) преимущество получает потомство матерей из густых культур. В определенном смысле можно говорить о том, что «наследуется» не только быстрота роста плюсовых деревьев и популяций, но и их реакция на условия конкурентной среды, в которой сформировалась популяция и древостои, где выросли плюсовые деревья.

5. Для отбора родителей с потомством, предназначенным для выращивания плантационных культур с размещение растений в рядах не менее чем через 1,0 м подходят естественные и искусственные древостои, редкие (или специально разреженные) в молодом возрасте и максимально сомкнутые в 50-60 лет. При этом придется смириться со слабой очищаемостью стволов от сучьев, которые у ели в этом возрасте еще не опадают; у плюсовых деревьев ели вполне допустимы неопавшие сучья средней толщины.

6. В критерии отбора плюсовых деревьев ели следует включить параметры сбега ствола в пределах 1,1-1,3 см/м при отборе в культурах. При отборе в естественных насаждениях параметры сбега ствола несколько больше: 1,2-1,5 см/м. При меньшем и большем значениях сбега ствола у матерей в их потомстве резко уменьшается доля быстрорастущих семей (в 1,5-2,4 раза).

7. Отбор быстрорастущих семей ели сибирской возможен начиная с 8-летнего возраста. При этом корреляция высот семей в 8 и 21 год по 453 парам данных составляет 0,482. Отбор в 8 лет возможен с некоторыми потерями:

- если в 21 год к лучшим относить семьи с высотой от 110% и более, то их отбор возможен в 8 лет по критерию 96% от высоты контроля с интенсивностью 75% (бракуется 25% семей); при этом теряется до 10% лучших семей;

- если в 21 год к лучшим относить семьи с высотой от 115% и более, то их отбор возможен также в 8 лет по критерию 101% от высоты контроля; интенсивность отбора возрастает до 60% (бракуется 40% семей с потерями до 10% лучших семей);

- при увеличении интенсивности сепарации семей в 8 лет до 50% утрата будущих лучших семей увеличивается до 15-19%.

8. Для поиска (предварительного отбора) быстрорастущих происхождений можно использовать их потомство уже в 4-летнем возрасте. Лучшие в 21 год происхождения диагностировались по высотам в 4 года и входили в группу 60% первых по высоте вариантов. Происхождения-лидеры превосходят аутсайдеров в 21 год на 5,9-15,3 %.

9. Средняя длина шишек у плюсовых деревьев в культурах Ф.А.Теплоухова оказалась на 8,2% больше, чем в естественных популяциях и ель в культурах можно отнести к форме с преобладанием признаков ели европейской, а естественные популяции ели – к форме с преобладанием признаков ели сибирской. Средняя масса семени также оказалась больше в культурах: 5,52 мг против 5,16 мг в естественных популяциях или больше на 7,0%. Кроме того, в культурах обнаружена гладкая кора у 3,5% крупных деревьев. С учетом этих различий эти группы плюсовых деревьев можно отнести к разным популяциям, в которых инициируются разные тенденции естественного отбора.

10. Вероятно, при закладке культур Ф.А. Теплоухова использовали семена от деревьев или из насаждений с крупными шишками. В потомстве F_1 в возрасте 74-87 лет получено увеличение: длины шишек на 8,2%, массы семени на 6,8% и высоты древостоев на 1 класс бонитета. В потомстве F_2 в возрасте 21 год высота растений была 106,6% при высоте семей естественных популяций 102,4%, то есть преимущество составило 4,2%.

11. В естественных насаждениях ели финской в Пермском крае в пределах *N* 57°23′-58°20′ и *E* 54°02′-57°35′ плюсовые деревья в возрасте 90-143 лет с легкими семенами дают потомство, в котором доля лучших семей (с высотами от 115%) увеличена в 1,6 раза, а деревья со средними и тяжелыми семенами имеют эту долю равной, соответственно, 0,49 и 0,99. Поэтому можно предполагать здесь появление тенденции к движущему отбору с предпочтением деревьям с легкими семенами.

12. В потомстве плюсовых деревьев ели из культур Ф.А. Теплоухова обнаружено преимущество матерей со средней массой семени. У них доля лучших семей повышена в 1,39 раза, тогда как у деревьев с легкими и тяжелыми семенами эта доля понижена, соответственно, до 0,68 и 0,91. Поэтому можно говорить о тенденции к естественному стабилизирующему отбору с предпочтением деревьям со средней массой семени.

13. В целом результаты селекции, проведенной Ф.А.Теплоуховым, могут быть интерпретированы как положительный ответ новых ценопопуляций ели (лесных культур) на сознательный отбор матерей с крупными шишками. На такую селекцию потомство F_2 реагировало стабилизацией, с преимуществом для деревьев со средними массой семени и шишками.

14. Плюсовая селекция ели финской в целом оправдана, но в конкретных 12 ценопопуляциях ее эффект успешен в 42% случаев; в остальных случаях эффект нейтральный (около 42%) и отрицательный (17%).

15. Для исключения случайных неудач в семеноводстве ели ***нужны испытания потомства популяций в пределах лесосеменного района***. Поиск лучших происхождений ели необходим для северной части Пермского края, где ее оценка по потомству еще не проведена. Лучшие происхождения можно сразу же использовать, просто заготавливая в них семена, а также создавая ЛСП материалом из них. Это будет реальной инновацией результатов лесной селекции в семеноводство и лесопромышленный комплекс Пермского края. Генетические ресурсы ели охраняются надлежащим образом всего лишь на 1/5 территории Пермского края.

8.1. Что делать с информацией из данной книги

Во-первых, все приводимые данные о местоположении старых культур А.Е. и Ф.А.Теплоуховых, их учеников и последователей готовы для использования в

экологическом (познавательном) туризме – есть сведения для навигации и ориентиры на приводимых картах. Авторы книги приветствуют любые усилия в этом направлении и включение описанных объектов в перечень исторических достопримечательностей и природных феноменов Пермского края. В том числе для этого и написана данная книга. Если появится интерес к дальнейшему изучению лесных культур у молодежи – в добрый путь. Тогда задачу популяризации научных знаний мы будем считать выполненной.

Во-вторых, что делать с информацией о пяти законах, входящих в теорию естественной динамики древостоев. Просто так от нее не отмахнуться – слишком многие факты поведения реальных древостоев находят в ней свое логическое объяснение, а новая теория может быть мощным инструментом в управлении процессами развития лесов.

Но если новую информацию не признавать, то нужны опровержения найденных законов на основе подобных же подходов и методик моделирования динамики, изложенных выше, либо опровержение этих методик. Последнего пока не происходит, а возражения и сомнения в правильности действия предложенных нами законов, например в условиях Сибири в сосняках (Семечкин, Зиганшин, 2010) носят декларативный характер. Спорить с нашими выводами необходимо на таком же уровне, т.е. с приведением, в качестве аргументов спора, подобных или более точных моделей динамики, разработанных с учетом начальной густоты древостоев и обеспеченных достаточным объемом наблюдений, в том числе на пробах длительного наблюдения. Нужен весь ряд наблюдений, от появления самосева и до распада дендроценоза. Фрагменты такого ряда, а также отдельные факты сравнительных наблюдений за отрезками рядов динамики разных древостоев, не оформленные в модели и естественные ряды (т. е. не систематизированные наблюдения) являются слабым основанием для высказывания сомнений и тем более аргументами для отрицания найденных нами зависимостей, закономерностей и законов. Нами предложены модели динамики пока только для ели и разработать аналогичные модели для всех пород России – это сверхзадача и решать ее надо сообща.

Критика – весьма трудное для выполнения дело и можно просто игнорировать предложенную теорию естественной динамики древостоев, оставаясь на старых позициях о правильности существующих таблиц хода роста. Мы разослали во все ведущие ВУЗы России на кафедры таксации предложения рассмотреть найденные законы и закономерности и высказать замечания к ним. Спустя год имеется переписка пока только с Сибирским технологическим институтом (г. Красноярск), издающим международный журнал «Лесная таксация и лесоустройство» и за это редакции журнала мы выражаем свою признательность и благодарность.

Вместе с тем имеются и примеры иного плана. Так, в защиту авторов изданного на 886 страницах последнего справочника по моделям и таблицам хода роста основных лесообразующих пород Северной Евразии (Швиденко и др., 2008) выступил член-корреспондент НАН Беларуси В.Ф.Багинский. На вопрос зачем нужно такое множество таблиц следует простой ответ: они нужны опосредованно для лесоучета, так как на их основе составляются (выводятся) стандартные таблицы запасов, применяемые при инвентаризации лесного фонда. Бонитетеные шкалы и ТХР на их основе нужны для целей учета леса в статике, свою задачу они выполняют, а на большее не претендуют. Зачем же копья ломать (Багинский, 2011)?

А дело в том, что вместо детального анализа давно существующих старых ТХР и их проверки по опытным данным длительных наблюдений, эти таблицы просто переизданы почти без изменений, с аргументацией обилия и вероятного дальнейшего увеличения их числа цитатой (далее по Багинскому, 2011) из детского стишка «Мамы разные нужны, мамы разные важны». При этом упоминается, что изменчивость бонитетов у отдельных древостоев в их динамике давно известна даже студентам. И разные типы роста древостоев тоже все давно знают.

Но одно дело знать и признавать какое-либо явление и совершенно другое дело – это явление объяснить и использовать. Вот с этим совсем плохо: «…около 32% линий роста реальных древостоев «сечет» сетку типовых линий роста В.В.Загреева… типы роста существуют и им есть убедительное, хотя и неоднозначное научное обоснование: генетические особенности, структура почвы и т. д.» (Багинский, 2011). То есть густота древостоев на ход их роста «в совокупностях» не очень влияет, в типах роста виновата генетика и почва! Выше в главах 4 и 6 было показано, насколько здесь мала и совершенно *не выяснена доля генетики и велика доля влияния густоты древостоев*. Но если типам роста есть убедительное обоснование в виде «генетических особенностей, структуры почвы и т. д.», то следовало бы привести доказывающие это примеры. Нам они неизвестны.

Может быть динамика роста древостоев, типы роста и ТХР, которые обязаны их отражать – это разные понятия и их не надо увязывать в одно целое? Тогда, действительно, незачем ломать копья и стулья, на которых «сидят» множество ТХР полных древостоев и нужны «разные мамы» (разные подходы и методы составления таблиц и моделей роста): один подход для ТХР полных древостоев, второй – для модальных, третий – для ТХР с разной начальной густотой, следующий – для моделей выращивания леса и так до бесконечности для всех типов условий, стран и народов. Так мы до общей «теории-мамы» никогда не доберемся. Да и хлопотно с ней, менять надо много всего…

Известно, что чем выше авторитет ученого, тем больше он сдерживают развитие науки. Но если аргументация своего авторитетного мнения идет в театральном ключе, с упоминанием Александра Македонского, Гегеля и роты солдат, которые все шагают не в ногу (в сравнении с Г.С.Разиным), то что же защищается уважаемым оппонентом В.Ф.Багинским, не согласным с нашим подходом к моделированию и составлению динамических таблиц хода роста? Скорее всего, просто мнение большинства, «когда все в ногу», что особой защиты и не требует.

Неприятие новой теории при ее появлении – весьма обычное дело в науке. Это происходит еще и потому, что если ее принять, то надо много чего менять. Например, идеологию лесоводства и рубок ухода за лесом, с ориентацией их проведения на период «до» пика сомкнутости. При этом период «после» пика сомкнутости полога следует признать неэффективным для регулирования динамики древостоя в положительную сторону. В период предельной сомкнутости полога в господствующую часть древостоя происходит отбор конкурентновыносливых генотипов и это свойство у них не всегда сочетается с крупными размерами, поэтому и происходит потеря производительности древостоя. Именно в этот период С.Н.Сенновым были начаты рубки ухода на большом количестве опытных участков, в результате которых получено парадоксальное заключение о том, что рубки ухода не повышают общую производительность древостоев (Сеннов, 1977, 1984). Все дело здесь в том, что древостой освобождается от пика сомкнутости всегда с ущербом для себя в результате адаптации растений к дефициту светового довольствия и минерального питания.

Между тем адекватная естественным процессам динамики древостоев теория их развития, предложенная в данной работе, при ее применении дает уверенность в правильности принимаемых на ее основе стратегических решений по выращиванию лесов.

В последние десятилетия на бывших сельскохозяйственных землях полным ходом появляются молодые леса. Где-то их густота излишняя, где-то близка к оптимальной для молодняков. Нужно решение: выращивать на бывших полях лес или, в надежде на их возврат в сельскохозяйственное использование, ничего не предпринимать? Наши исследования убеждают, что ранние рубки ухода с оптимизацией густоты повышают производительность лесов на 1–2 класса бонитета, а объемы крупномерной древесины к возрасту рубки – до 2–3 раз.

Следует решить прямо сейчас, что делать с зарастающими полями – оставить их без внимания или сделать долгосрочные вложения в ранние рубки ухода, с реальным получением через 50-60 лет древостоев с запасами 500-600 м^3/га. Это вопросы стратегии ведения лесного хозяйства, это увеличение депонирования углерода, наконец, упущенная прибыль арендаторов лесных участков.

Изложение новых сведений и законов развития ценозов было бы неполным без примеров их использования в практике лесного дела. Когда интегральный закон был сформулирован, появилась уверенность в существовании некоей единой формулы, описывающей развитие древостоев.

В отличие от патента А.П.Рябоконь A01G23/00 №2053645 от 10.02.1996 г., в котором выращивание древостоев сосны с запасом в 60 лет 610 м^3/га достигается посадкой культур с примесью лещины, рубками ухода в 21 и 27– 30 лет с оставлением, соответственно, 650 и 450 деревьев на 1 га была предложена универсальная формула.

По этой формуле для любой породы и в любом возрасте определяется оптимальная густота, обеспечивающая прогрессивное развитие ценоза. Если густота реального древостоя больше – то нужно разреживание. На формулу оптимальной густоты получено авторское свидетельство на изобретение (Разин Г.С. Способ формирования одноярусных древостоев. Описание изобретения к а. с. SU 1464970 A1.15.03.1989. Бюлл. №10):

$$N_{опт} = \frac{10000}{H_{госп} \times (0{,}396 - 0{,}377 \times K + 0{,}569 \times K^2)},$$

где $N_{опт}$ – оптимальная густота, шт./га

К – сбег ствола равный К = $Д_{ср}$, / $Н_{ср}$, см/м;

$Н_{госп}$ – средняя высота господствующих деревьев, м (1–2 классы Крафта или примерно 107–110% от средней высоты).

После расчета $N_{опт}$ можно определить, сколько же «лишних» деревьев в этом древостое, вычитая из действительного числа живых растений на 1 га рассчитанное по этой формуле. Избыточные деревья удаляют, начиная с самых тонких, обеспечивая оптимальную густоту оставляемым растениям.

Верификация формулы (ее проверка на реальных объектах) показала ее достаточно высокую точность с ошибкой по густоте не более ±10% в сравнении с расчетами по местным стандартным таблицам полнот и запасов. Она особенно понравилась студентам, которые при наличии ведомости перечета по диаметрам, $Д_{ср}$ и $Н_{ср}$ уже через 15 минут расчетов получали число удаляемых стволов, % выборки по запасу и отпускной диаметр для рубок ухода. Следует отметить, что формула учитывает инертность сбега ствола и не допускает чрезмерного изреживания, при котором происходило бы ослабление ветровой устойчивости древостоя.

В-третьих, нужно выяснить, что же произойдет, если и в лесном семеноводстве не учитывать полученные в данной книге результаты.

Гипотеза 1970-х годов о плюсовых деревьях для лесного семеноводства была настолько хороша и логически убедительна априорно (без опытной проверки ее в таежных популяциях), что даже если она не подтвердилась в отдельно взятом регионе в полной мере, пускай даже и на нескольких сотнях плюсовых деревьев – все равно она останется пока неизбежно доминирующей просто из-за своей логической красоты. В самом простом варианте она выглядит следующим образом: «чем выше, толще и красивее материнские деревья (при соблюдении заданных параметров отбора их называют «плюсовыми») – тем более высоким и продуктивным ***должно быть*** их потомство.

Хорошо, пусть эта старая гипотеза остается как идеологическая поддержка начинающим лесным селекционерам. Но тогда и сдвиг при отборе (результат селекции) будет ничтожно мал. У нас в 21-летнем возрасте общая средняя высота потомства 301

плюсового дерева ели из естественных насаждений оказалось выше контроля всего лишь на +2,4±0,35%, причем это в среднем; а если не повезет? Если будут пройденные отрицательной селекцией древостои, как это случилось в Гайвинской ценопопуляции с отрицательным результатом и с нулевым – в Чусовской? Причем отрицательный результат имеет вероятность в 17%! И нужна ли нам, как говорится, благополучная «средняя температура по больнице»? В этом ли состоит назначение и цель селекции как «эволюции, управляемой человеком» (определение Н.И.Вавилова)? И стоит ли ориентироваться и далее на отбор плюсовых деревьев и плюсовых насаждений по нормам, которым уже более 30 лет? Неужели нет результатов с выводами, меняющими стратегию отбора исходного материала на самых первых этапах селекции лесных пород?

В большинстве случаев ответы на эти вопросы однозначны – да, есть результаты; да, нужны корректировки; да, нужно менять стратегию селекции и семеноводства лесных пород. И это не только наши ответы, но и ответы многих уважаемых ученых, с анализом результатов множества других исследователей-селекционеров (Авров, 2001, Видякин, 2010, Федорков, 2011).

В противном случае ничего менять не надо и никакие новые результаты не изменят раз и навсегда выбранного 30 лет назад курса с приоритетом на массовый отбор в региональных программах и оставлении в неприкосновенности «священной коровы» лесной селекции – идеологии плюсовой селекции с ее верой в «должно быть». Но тогда и лесную селекцию следует причислять уже не к науке, а к вере.

Но если менять приоритеты, то в каком направлении? На наш взгляд, приоритеты достаточно убедительно обозначены в разделе 6, где показано, что ***удача в плюсовой селекции ждет нас там, где вначале проведен отбор древостоев с оптимальной густотой, а в пределах этих древостоев – отбор плюсовых деревьев со сбегом ствола определенных параметров***, который как бы записывает историю конкурентных отношений дерева с соседями и дает нам указание на благоприятные условия для его формирования**.** Возможно, это будет свойственно только для теневыносливой ели, но проверка этих положений на светолюбивых породах также будет весьма интересна.

Теоретически это выглядит как выяснение тенденций искусственной эволюции лесных пород (селекции) при изменении параметров отбора исходного материала. В этом и заключена новизна предлагаемой смены приоритетов. Здесь многое еще не ясно, но рабочая гипотеза, учитывающая закон естественной динамики простых древостоев и закономерности наследования роста сосны и ели в Пермском крае как система взглядов объясняет неоправдавшиеся надежды в их селекции и в других регионах. Пора признать, что набор ожиданий, связанных с возможностями лесной селекции, сменился на более скромные ее перспективы, высокие затраты и необходимость ее постоянной корректировки на основе полученных результатов.

В самом кратком виде практические рекомендации применительно к селекции хвойных видов с целью использования их в промышленном выращивании на плантациях быстрого роста будут следующими. В селекции хвойных необходим отбор исходного материала в условиях (типах леса) и в возрасте, совпадающими с таковыми при будущем целевом выращивании; лучшие происхождения после оценки их потомства в раннем (4-7 лет) возрасте можно сразу же использовать, просто заготавливая в них семена, а также создавая ЛСП материалом из них. Это обеспечит непрерывное развитие и одновременно быструю инновацию результатов селекции в семеноводство с наименьшими затратами.

С учетом действия полученных 5 законов динамики древостоев следует задуматься о режимах выращивания (регулировании густоты) испытательных культур (в том числе географических) и о возрасте выделения плюсовых деревьев. Если последний будет более 80 лет, то реальная история развития матерей останется во многом предположительной и для какой густоты (режима) выращивания их потомство подходит – будет таким же неопределенным. Обнаруженные нами закономерности наследования быстроты роста в потомствах ели в зависимости от густоты материнских насаждений

позволяют примерно в 2 раза повысить частоту обнаружения элитных происхождений и быстрорастущих семей плюсовых деревьев.

Эволюция лесных экосистем и развитие древостоев в каждом районе нашей страны имеют свою историю и особенности, а выведение промышленных сортов у лесных пород всегда будет иметь ярко выраженную региональную привязку. Возможно, обнаруженные нами для ели гибридной закономерности наследования и тенденции эволюции характерны только для этой породы в пределах Верхне-предуральского лесосеменного района и в пределах южной тайги. Однако многие из них вполне могут быть и общими биологическими закономерностями.

Направления исследований, обозначенные в данной книге, открывают новые перспективы научного поиска. Вместе с тем совершенно не раскрытой осталась тема образования биогрупп в древостоях, которые *образуются всегда* и независимо от того, культуры это или естественные ценозы. Решающую роль здесь играют биополя растений и их взаимодействие (в т.ч. взаимодействие генотип-среда) с сетевыми энергетическими структурами Земли (положительными и патогенными зонами), изучение которых позволило в Брянской государственной инженерно-технологической академии разработать и читать уже более 10 лет специальный курс лесоводства. В этом курсе показано, что из трех ведущих факторов: генотипа, конкуренции и экологических неоднородностей местообитания последние оказались ведущим, что в корне меняет отношение лесовода к теоретическим основам лесоводства. Опровергнут считавшийся незыблемым принцип равномерности размещения растений в традиционном лесоводстве. (Марченко И.С., Марченко С.И. Нетрадиционное лесоводство: Авт. курс / Ред. Мурахтанов Е.С. Брянск: БГИТА, 1998. 419 с. http://biopolemar.narod.ru/netradi.htm).

Крайне интересны исследования правых и левых форм (Голиков, 2009; 2011), совершенно меняющие представления о генофонде популяций, который оказывается намного более универсальным, чем это считали ранее. Все эти вопросы мы попытаемся развивать и исследовать в будущих наших работах.

В заключение отметим, что сторонники экономии на рубках ухода в молодняках и на создании лесных культур постулируют иногда невмешательство в естественный ход развития лесов. Смена пород и «полезность» этого процесса для почвенного питания ели даже вошла в поговорку (осина – нянька ели). Действительно, качество гумуса и реакция почвенного раствора в осинниках после вырубки ели улучшаются на некоторое время. Но из этого никак не следует, что далее ель *обязательно* заменит осину и будет расти лучше. Динамика породного состава лесов в России только за последние 50 лет показывает, что в результате рубок пораженные гнилями осинники увеличили свои площади на 50% и они достигли 20,5 млн. га. Это больше площади Пермского края.

Поговорка содержит скрытое указание на позитивные цели у осинников по отношению к подросту ели, антропоморфна и поэтому легко принимается нашим сознанием. Но ее известность совсем не означает ее верности (истинности). Поиск доказательств ее действия весьма похож на «научные исследования», только вот цели здесь другие: оправдать минимизацию и даже отказ от затрат на лесовосстановление.

Уход в тихую гавань поражения перед лицом инициированной рубками процесса смены хвойных пород на лиственные характеризует человека как существо, потакающее своей лени и сиюминутной выгоде, а предполагаемая «естественность» и «полезность» смены пород подпитывают это потакание и оправдывают бездействие.

И надежды на реабилитацию породного состава лесов естественным путем равнозначны признанию собственного бессилия и отступлению от моральных принципов лесоводства и экологии леса – ***мы в ответе за леса, которые мы изменили***.

Список литературы

1. Lambeth C. C. Buutfnen J. P. Duke S. D. Mc Culiough. Early Selection is effective in 20-year old Genetice Tests of Loblolly pine // Silvae genetica, 1983, 32, №5-6.
2. Lindgren Dag. Prediction and optimization of genetic gain with regard to genotypex environment interaction // Studia forestalia snecica, 1984, №166.
3. Szymanski S. Wplyw jakosci sadzonek sosnowych na wzrost I roznicowanie sie drzewostanu. Pr. Komis. nauk rob. ikomis. nauk les. PTPN, 1979, №48.
4. Haapanen M. Evaluation of Options for Use in Efficient Genetic Field Testing of Pinus Sylvestris (L) / Finnish Forest Research Institute // Research Papers. 826. 2002. 144 p.
5. Jansson G., Danell O., Stener L.-G. Correspondence Between Single-tree and Multiple-tree Plot Genetic Test for Production Traits in Pinus Sylvestris // Can. J. For. Res. 1998. № 28 (3). P. 450-458.
6. Mikola J. Progeny Testing in Conifers / Progeny Testing and Breeding Strategies // Proc. From a Meeting with the Nordic Group for Tree Breeding. October 1993. Forestry Commision. Ediburg, Pp. 1-17.
7. Авров Ф.Д. Генетическая устойчивость лесов//Лесное хозяйство, 2001,№3.С. 46-47.
8. Багинский В.Ф. Ход роста древостоев и его отражение в таблицах и математических моделях// Лесное хозяйство, 2011, № 2. С. 40-42.
9. Бауманис И.И., Паэгле М.Г., Роне В.М. Изменчивость признаков сосны обыкновенной и методика оценки потомств/ Генетические исследования древесных в Латвийской ССР. Рига, 1975. С. 25-33.
10. Битков Л.М. Устойчивость доминирующмх деревьев ели европейской к корневой губке после проходных рубок// Лесное хозяйство, 2008, № 5. С. 23-24.
11. Ванькова Л.В., Марасанова И.В., Тютикова А.А., Шаньшурова Г.А. На земле предков. Пермь: ООО «Типография «Астер», 2008. 104 с.
12. Видякин А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений // Хвойные бореальной зоны, 2010, № 1-2. С. 18-24.
13. Веверис А. Л. Некоторые аспекты селекции ели // Лесоведение, 1983, №6.
14. Голиков А.М. Адаптивная и генетическая разнокачественность энантиоморф плюсовых деревьев ели европейской на Северо-Западе России // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления на генетико-селекционной основе. Матер. междунар. науч.-практ. конф. Гомель. Ин-т леса НАН Беларуси. 2009. С. 33-36.
15. Голиков А.М. Диссимметрическая и генетическая дифференциация плюсовых деревьев сосны обыкновенной в разных типах леса // Лесоведение. 2011. №3. С. 63-72.
16. Горячев В.М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаежных лесах Урала // Экология. 1999. №1. С. 9-19.
17. ГОСТ 16128-70. Площади пробные лесоустроительные. М. 1970. 8 с.
18. Дворецкий М. Л. О степени устойчивости средних деревьев древостоя с возрастом // Лесной журнал, 1966. №5.
19. Долголиков В. И. О ранней диагностике быстрого роста в высоту у сосны и ели по прямому признаку // Состояние и перспективы развития лесной генетики, селекции, семеноводства и интродукции. Методы селекции древесных пород. Рига, 1974, с. 45-48.
20. Ефимов В.М., Тараканов В.В., Роговцев Р.В. Применение методов многомерной статистики для ранней диагностики лучших по росту популяций сосны в географических культурах // Хвойные бореальной зоны, Т. 27, 2010, № 1-2. С. 58-62.
21. Ефимов Ю. П., Данусявичус Ю. А., Долголиков В. И. и др. Опыт создания лесосеменных плантаций в СССР // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений (Матер. межд. симпозиума 25–30 сент. 1989 г., г. Воронеж). М., 1989. С. 85-91.

22. Загреев В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. М.: Лесная пром-сть, 1978, 240 с.
23. Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче ТСХА за 1862-1962 годы. М.: Минсельхоз СССР, МСХА им. К.А.Тимирязева, 1964. 562 с.
24. Кайрюкштис Л. В., Юодвалькис А. И. Явление смены характера взаимоотношений между индивидами внутри вида // Лесоведение и лесное хозяйство. Вып II. Минск: Вышэйшая школа, 1976, с. 16-24.
25. Картель Н. А., Манцевич Е. Д. Генетика в лесоводстве. Минск: Наука и техника, 1970. 168 с.
26. Ковалев Б.И. Состояние и мониторинг хвойных лесов центральной Сибири и Вятско-Камского региона. Автореф. …. дисс. д. с./х. наук. Брянск, 2002. 45 с.
27. Ковалев Б.И., Феськов В.В. Леса Пармы. Брянск, БГИТА, 2002. 148 с.
28. Комин Г.Е. Изменение рангов деревьев по диметру в древостое//Труды института экологии растений и животных: Свердловск, 1970, вып. 67. С. 18-26.
29. Котов М. М., Котова Л. И., Лебедева Э. П., Шведов Е. И., Вяткин А. М. Типы деревьев сосны по росту в высоту и их значение в семеноводстве//Лесн. журнал, 1977, № 6. С. 27-30.
30. Кофман Г.Б., Гуревич М.Ю. Предельные и оптимальные состояния древостоев// Сибирский экологический журнал, 2001, №5. С.623-629.
31. Кравченко Г. Л. Этапы онтогенеза сосны обыкновенной // Лесоведение, 1971, № 6.
32. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: «Наука», 1977, 158 с.
33. Куиндзиньш А. В. и др. Лесная селекция. М.: Лесная промышленность, 1972. 212 с.
34. Куншуаков В.Х. Перегруппировка деревьев по высоте в сосновых молодняках// Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. Алма-Ата, 1983, № 10, с 28-32.
35. Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Отбор перспективных климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в красноярском Приангарье // Хвойные бореальной зоны, Т. 27, 2010, № 1-2. С. 115-119.
36. Малеев К.И. Возможность определения происхождения плодоносящих культур ели // Лесная геоботаника и биология древесных растений: Сб. научн. трудов. Брянский технологический институт, Брянск, 1987. С. 55-57.
37. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1972. 216 с.
38. Мартынов А. И. Зависимость биометрических показателей сосны от площади питания // Лесоведение, 1976, №5.
39. Марусов А.А. Опыт лесовосстановления в Пермской области. Пермь: Книжное издательство, 1970. 56 с.
40. Марченко И.С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, 1995. – 188 с.
41. Маслаков Е. Л. О динамике структуры групповых культур сосны // Восстановление и мелиорация лесов Северо-Запада РСФСР / Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. С. 35-46.
42. Маслаков Е. Л. Об особенности роста и дифференциации деревьев в молодняках сосны // Восстановление и мелиорация лесов Северо-Запада РСФСР..ЛенНИИЛХ, 1980. С. 53-61.
43. Миронов В. В. Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении. М.: Лесная промышленность, 1977. 126 с.
44. Молотков П. И., Патлай И. Н., Давыдова Н. И. и др. Селекция лесных пород. М.: Лесная промышленность, 1982.
45. Морозов Г. П. Биологические особенности древесных пород с генетико-эволюционной точки зрения//Научные основы селекции хвойных пород. М.: Наука, 1978, с. 27-44.
46. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.-Л., Сельколхозгиз. 440 с.
47. Мурыгина Л.А. Селекционная оценка деревьев и насаждений ели в Пермской области: Методические рекомендации / Л.: ЛенНИИЛХ, 1975. 30 с.
48. Новикова Т.Н. Линейный прирост и дифференциация сибирских климатипов сосны в географических культурах в Западном Забайкалье // Хвойные бореальной зоны, Т. 27, 2010, № 1-2. С. 143-146.

49. Отчет о НИР «Об опытных ТХР и действительном ходе роста древостоев»/ Поволжский ЛТИ. Рук. Г.С.Разин. г. Йошкар-Ола, 1965. 47с.
50. Паутов Ю. А. Состояние, рост и особенности форматирования культур сосны в Коми АССР: Автореф. дисс…канд. с/х наук/ ЛТА, Л., 1984.
51. Петров С. А. Некоторые проблемы генетики популяций древестных растений // Теоретические основы внутривидовой изменчивости и структура популяций хвойных пород: Труды института экологии растений и животных. Свердловск, 1974, вып. 90.
52. Петрова И.В., Санников С.Н. Изоляция и дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 160 с.
53. Писаренко А. И. Лесовосстановление. М.: Лесная промышленность, 1977. 120 с.
54. Плантационное лесоводство/ под ред. И.В. Шутова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 366 с.
55. Положение о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР. М., Гослесхоз СССР. Приказ № 112 от 13.08.1982 г.
56. Попов П.П. Формы ели в лесах Прикамья // Лесной журнал, 1971, № 3.
57. Попов П.П. Внутривидовая изменчивость ели в связи с ее селекцией, семеноводством и выращиванием // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. ВНИИ лесоводства и механизации. М., 1984. Деп. в ЦБНТИлесхоз 28.09.84, № 330-лх84. С. 3-113.
58. Правдин Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. М.,1975. 176 с.
59. Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия / Пер. с англ. О.С. Якименко, О.А. Зиновьевой. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. 256 с.
60. Проказин А.Е.Перспективы использования достижений лесной генетики, селекции и семеноводства для повышения продуктивности лесов и плантационного лесоразведения// Лесохозяйственная информация N 6-7
61. Прокопьев М.Н. Лесные культуры Теплоуховых в Прикамье. – Пермский ун-т, Пермь, 1978 – 160 с. – Рукопись депонирована в ВИНИТИ, № 231, 1978.
62. Прокопьев М.Н. Культуры сосны в таежной зоне. – М.: Лесная пром-сть, 1981. 136 с.
63. Разин Г. С. Об изменчивости класса бонитета и полноты насаждений с возрастом // Лесной журнал, 1965, №5. С.
64. Разин Г.С. О бонитетных шкалах и ходе роста древостоев// Сборник трудов № 58. Выпуск 3. Поволжский ЛТИ им. М.Горького. Йошкар-Ола, Марийское книжное издательство, 1967. С.101-105.
65. Разин Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев различной густоты (на примере ельников Пермской области): Методич. рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 43 с.
66. Разин Г.С. Эскизы таблиц хода роста древостоев (сосны, ели, березы и осины) с полнотой 1,0 по бонитетам.Основные положения организации и развития лесного хозяйства Пермской области. Гослескомитет СССР. ВО «Леспроект». Пермь, 1977. С. 437-455.
67. Разин Г.С. Модели роста древостоев еловых культур разной густоты// Лесоведение, 1988, № 2. С.41-47
68. Разин Г.С. Динамика сомкнутости одноярусных древостоев//Лесоведение, 1979, № 1. С. 23-25.
69. Разин Г.С. Динамика сомкнутости одноярусных ельников и принципы выращивания высокопродуктивных древостоев // Лесное хозяйство. 1980. № 6, с. 35-37.
70. Разин Г.С. Способ определения оптимальной текущей густоты древостоев при их целевом выращивании // Лесной журнал, 1981, №3. С.35-38.
71. Разин Г.С. Способ формирования одноярусных древостоев. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU 1464970 A1. 15.03.1989. Бюлл. №10.
72. Разин Г.С., Рогозин М.В. О ходе роста древостоев. Догматизм в лесной таксации// Вестник Пермского университета. Серия биология. Вып.10(36). Пермь, 2009. С.9-38.
73. Разин Г.С., Рогозин М.В. (а) О законах и закономерностях роста и развития, жизни и отмирания древостоев // Лесное хозяйство, 2010, № 2. С. 19-20.

74. Разин Г.С., Рогозин М.В. (б) О ходе роста древостоев. Догматизм в лесной таксции// Международный журнал «Лесная таксация и лесоустройство». г. Красноярск, СибТИ. 2010, № 1 (43). С. 41-70.
75. Разин Г.С., Рогозина В. П. Рост и продуктивность древостоев еловых культур разной густоты//Экологические основы рационального использования и воспроизводства лесов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 47-48.
76. Разин Г.С., Рогозина В. П. Влияние рубок ухода на рост и продуктивность еловых культур//Экологические основы рационального использования и воспроизводства лесов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 48-49.
77. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) – М.: Журнал «Россия молодая», 1994. 367 с.
78. Роговцев, Р.В., Тараканов В.В., Ильичев Ю.Н. Продуктивность географических культур сосны в условиях среднеобского бора / Р.В. Роговцев, В.В. Тараканов, Ю.Н. Ильичев // Лесное хозяйство, 2008, № 2. С. 36-38.
79. Рогозин М. В. К вопросу о конкурентных взаимоотношениях в сосновых культурах в аспекте их густоты / Перм. ун-т. Пермь, 1979. – 18 с. Рукопись деп. в ВИНИТИ 3.01.80, № 78-80. Реферат в РЖ Лесоведение и лесоводство, 1980, № 4.56.243.
80. Рогозин М.В. Ранняя диагностика быстроты роста сосны обыкновенной в культурах // Лесоведение, 1983, № 2, с. 66-72.
81. Рогозин М.В. Конкурсные испытания семенного потомства у лесных пород и некоторые рекомендации по их проведению. – Пермь, ПГУ, 1983. – 34 с. – Рукопись деп. в ЦБНТИлесхоз 16.08.83 № 237/лх-Д83. Реферат в РЖ Генетика и селекция возделываемых растений, 1984, № 3.65.307.
82. Прокопьев М.Н., Разин Г.С. Ранняя диагностика и типы роста у сосны обыкновенной – Пермь: Перм. ун-т, 1986. – 17 с., библиогр. 60 назв. – Деп. в ЦБНИТИлесхоз 04.06.87 № 598-лх87. Реферат опубликован в РЖ «Лесоведение и лесоводство», 1987, № 9.56.170.
83. Рогозин М.В. Защита всходов сосны от полегания при испытании потомства деревьев//Лесной журнал, 1988, № 4. С. 112-113.
84. Рогозин М.В., Шимкевич В.А. Заготовка семян у деревьев ели для краткосрочных испытаний потомства – Пермский ун-т, Пермь, 1990 – 6 с. – Рукопись деп. в ВИНИТИ 08.05.90 № 2469-В90. Реферат в РЖ Лесоведение и лесоводство, 1990, № 8.56.266.
85. Рогозин М.В., Созин Л.В. Становление и перспективы развития лесной селекции в Прикамье //Экологические основы воспроизводства хвойных лесов Прикамья: Межвузовский сб. научн. трудов. Пермь, ПГУ, 1990. С.113-122.
86. Рогозин М.В. Отбор лучших потомств при сортоиспытаниях // Лесное хозяйство, 1995, № 6. С. 22-25.
87. Рогозин М.В. Самый крупный массив культур ели Ф.А. Теплоухова на Урале как объект исследований в лесной селекции и генетике// «Проблемы озеленения городов и развития лесного комплекса». Материалы н.-техн. конф. Пермь, ПГСХА, 2005. С. 42-55.
88. Рогозин М.В. Итоги 8-летних испытаний 525 семей ели сибирской в Пермском крае. // Лесное хозяйство, 2008, № 1. С. 37-38.
89. Рогозин М.В. Наследуемость высоты сосны обыкновенной и ели сибирской в Пермском крае // Хвойные бореальной зоны, Т. 27, 2010, № 1-2. С. 181-184.
90. Рогозин М.В., Жекин А.В. Лесные генетические резерваты Пермского края и селекция ели сибирской // Хвойные бореальной зоны, 2010, № 1-2. С. 185-190.
91. Рогозин М.В. Посадки леса в майорате Строгановых и проблема долговечности хвойных лесов // Уральская горнозаводская цивилизация. Строгановы: Альманах. Составители И.В. Марасанова, Г.А.Шаньшурова. – Пермь: ООО «Типография «Астер», 2008. С. 33-36.
92. Ромедер Э., Шенбах Г. Генетика и селекция лесных пород. М.: Сельхозиздат, 1962.
93. Роне В. М. Генетический анализ лесных популяций. – М.: Наука, 1980. 214 с.

94. Рубцов В. И., Рубцов В. В. Биологическая продуктивность 20-летних культур сосны при разной густоте посадки // Лесоведение, 1975, №1. С. 28-31.
95. Рубцов М.В., Глазунов Ю.Б., Николаев Д.К. Лиственница европейская в центре Русской равнины// Лесное хозяйство, 2011. №5. С. 26-29.
96. Рыжкова Н.И. Структура древостоя культур лиственницы в Ленинградской области и южной Карелии // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Мат-лы Всерос. научн. конф. (Санкт-Петербург, 20-24 сентября 2011 г.). Т.2: Структура и динамика растительных сообществ. СПб, 2011. С. 204-206.
97. Рябоконь А. П. Определение биологического оптимума густоты сосновых древостоев в условиях свежей субори // Лесоведение, 1979, №3. С. 22-24.
98. Рябоконь А.П. Продуктивность сосновых насаждений и качество древесины в них при ускоренном выращивании на пиловочник и балансы // Лесной журнал, 1990, № 6. С. 19-24.
99. Свалов Н. Н. Вариационная статистика. М., 1977. 176 с.
100. Свалов Н.Н. Прогнозирование роста древостоев //Лесоведение и лесоводство. Том 2. Итоги науки и техники. М., ВИНИТИ, 1978. С. 110-197.
101. Семечкин И.В., Зиганшин Р.А. К вопросу о методических подходах при построении эскизов таблиц хода роста// Международный журнал «Лесн. таксация и лесоустройство». г. Красноярск, СибТИ. 2010, № 1 (43). С. 71-76.
102. Сенов С.Н. Уход за лесом: экологические основы. М., Лесн. пром-сть, 1984, 127 с.
103. Стяжкин В.П. Возрастная динамика оптимальной густоты и максимальной производительности древостоев ели//Лесное хозяйство, 2005, № 4. С. 40-43.
104. Сукачев В.Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщения института леса. Вып. 1. – М.: АН СССР, 1953. – С. 5-44
105. Тараканов В.В., Демиденко В.П., Ишутин Я.Н. и др. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск, 2001. 230 с.
106. Теплоухов Ф.А. Известия о деятельности лесного общества (сравнительный анализ морфологических признаков ели обыкновенной и сибирской)//Лесн. журнал. Вып. 6. 1872. С.86-91.
107. Терехов Г.Г., Усольцев В.А. Формирование, рост и биопродуктивность опытных культур ели сибирской на Урале. Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 215 с.
108. Титов Ю.В. Эффект группы у растений. Л.: Наука, 1978. 151 с.
109. Третьяков Н.В. Методика составления таблиц и проверка существующих//Сборник трудов ЦНИИЛХ. М., Гослестехиздат, 1937. С. 4-44.
110. Третьяков Н.В. Методика учета среднего и текущего приростов древостоев // Сборник трудов ЦНИИЛХ «Вопросы лесн. таксации». Л.: ГЛТИ, 1937. С. 17-21.
111. Туркин А.А., Федорков А.Л. Оптимальный размер семьи при испытании плюсовых деревьев по потомству// Лесное хозяйство, 2007, № 2. С. 33-34.
112. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации/ Федеральное агентство лесного хозяйства. М., 2000. 197 с.
113. Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе//Бюлл. МОИП. Вып. 3. Т. 65. М., 1960. С. 32-38.
114. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. Т.1. М. – Л.: Наука, 1965. С. 251-254.
115. Федорков А.Л. Пути повышения эффективности селекционных работ в таежной зоне европейской России// Лесное хозяйство, 2011, № 1. С. 24-25.
116. Царев А. П. Сортоиспытание лесных пород в СССР и за рубежом / Обзорная информация. М., 1984. 58 с.
117. Чернов Н.Н. Краткая история лесокультурного дела на Урале: Учебное пособие. – Уральская государственная лесотехническая академия. Екатеринбург, 1995. 78 с.

118. Чернов Н.Н. Лесокультурный опыт в Пермском имении графов Строгановых// Уральская горнозаводская цивилизация. Строгановы: Альманах. Составители И.В. Марасанова, Г.А.Шаньшурова. – Пермь: ООО «Типография «Астер», 2008. С. 30-32.

119. Чупров Н.П. К проблеме усыхания ельников в лесах Европейского севера России // Лесное хозяйство, 2008. №1. С. 24-26.

120. Швиденко А.З., Щепащенко Д. Г., Нильсон С., Бугуй Ю. И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). Издание второе, дополненное. Федеральное агенство лесного хозяйства. Международный институт прикладного системного анализа. М.: Рослесхоз, 2008. – 886 с.

121. Шинкаренко И. Б., Дзедзюля А. А. Оптимизация режимов густоты при целевом выращивании сосновых культур: Обзорная информация ЦБНТИлесхоза. М., 1983, вып. 3.

122. Шеверножук Р.Г. Ранняя диагностика в лесной селекции. Воронеж, 1980. – 52 с. Рукопись депонирована в ЦБНТИлесхоз 8.12.1980, № 60 лд.

Отчеты о НИР:

1. Инвентаризация существующих памятников природы Очерского района, выявление новых, их паспортизация и разработка рекомендаций по их устройству (том 1). Уральское отделение РАН, Институт леса. Научно-производственное предприятие “Интерлес”. Том 2, 3. Екатеринбург, 1995. Том 4, 5. Екатеринбург, 1996.

Отчеты о НИР, выполненные авторами:

1. «Разработать научные основы организации плантационного выращивания хвойных пород и перспективные технологии создания этих насаждений. Изучение влияния начальной густоты на рост и продуктивность древостоев культур ели». Отчет о НИР (промежуточный). Рук. Г.С.Разин. Пермский ун-т. Пермь, 1988.–59 с. Отчет депонир. в ВИНИТИ, инв. № 0288.0 054797.

2. «Разработать научные основы организации плантационного выращивания хвойных пород и перспективные технологии создания этих насаждений. Разработать ОСТ на плантационные культуры хвойных пород в возрасте до 3,10 и 20-30 лет». Отчет о НИР (заключит.). Рук. Г.С.Разин. Пермский ун-т. Пермь, 1990. –161с. Отчет депонир. в ВИНИТИ, инв. № 029.10 029671.

3. «Формирование постоянной лесосеменной базы для плантационного выращивания хвойных в Пермской области». Отчет о НИР (заключительный) для Министерства лесного хозяйства РСФСР. Рук. М.В.Рогозин. Пермский ун-т. Пермь, 1991.- 67 с. Отчет депонирован в ВИНИТИ, инв. № 0291 0038970.

4. «Оценка современного состояния Теплоуховсих культур на территориях регионального значения». Этап 1, Этап 2. Отчеты о НИР для Управления по охране окружающей среды Министерства градостроительства и развития инфраструктуры Пермского края. Рук. М.В.Рогозин. ЕНИ ПГУ. Пермь, 2006. –115 с. Пермь, 2007. – 96 с.

5.«Измерения 17 тысяч растений в потомстве 520 деревьев ели на лесосеменной плантации 1991 г. в Ильинском лесхозе на площади 11,0 га». Отчет о НИР. Рук. М.В.Рогозин. ЕНИ ПГУ. Пермь, 2007. – 43 с.

Сведения об авторах

Рогозин Михаил Владимирович, к.с.-х.наук, нач. НИЛ «экологии леса» ПГНИУ. 614990 г. Пермь, ул. Генкеля, 4. Естественнонаучный институт ПГНИУ rog-mikhail@yandex.ru; zhal73@mail.ru. Тел. раб. 8(342) 239 67 22. Тел. сот. 8 982 493 26 62

Разин Геннадий Сергеевич, консультант НИЛ «экологии леса». 614030 Пермь, ул. Вильямса, 41А, кв.1. Тел. дом. 8(342) 2 74 34 79; сот. 8 909 101 55 29

Научное издание

Рогозин Михаил Владимирович
Разин Геннадий Сергеевич

ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ ТЕПЛОУХОВЫХ В ИМЕНИИ СТРОГАНОВЫХ НА УРАЛЕ: ИСТОРИЯ, ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ, СЕЛЕКЦИЯ ЕЛИ

МОНОГРАФИЯ

Издается в авторской редакции

Издание второе, дополненное

Подписано в печать 21.11.2012. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 23,8. Тираж 100 экз. Заказ № 89

Редакционно-издательский отдел
Пермского государственного национального
исследовательского университета
614990, Пермь, ул. Букирева,15

Отпечатано в ООО «Кудымкарская типография»
Адрес: 619000 Пермский край, г. Кудымкар, ул. Герцена, 50.
Тел.: 8(3426) 4 - 41 - 41