

*На правах рукописи*

**ГАВРИЛОВА ОЛЬГА ИВАНОВНА**

**ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫРУБОК И ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ХВОЙНЫХ ПОРОД РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ**

06.03.01 – лесные культуры, селекция, семеноводство

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Архангельск– 2011

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»

Научный консультант	доктор сельскохозяйственных наук, профессор Хлюстов Виталий Константинович
Официальные оппоненты:	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Беляев Владимир Васильевич
	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Жигунов Анатолий Васильевич
	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Касимов Александр Касимович
Ведущая организация	ФГУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

Защита диссертации состоится 22 марта 2012 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 при ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» по адресу: 163002, г. Архангельска, наб. Северной Двины, 17, главный корпус, ауд. 1220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова.

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Клевцов Д. Н.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Переход лесного сектора экономики на рыночные условия, принятие нового Лесного кодекса, ориентирующего ведение лесного хозяйства на целевое лесопользование, требует обобщения практического опыта лесокультурного производства в Республике Карелия и научного обоснования технологических приемов искусственного лесовыращивания. Оптимизация технологии создания лесных культур на этапах раннего возраста в конкурентных отношениях с травянистой растительностью, а также исследование возрастной динамики роста, строения и продуктивности искусственных фитоценозов являются основой теоретических обобщений и практических рекомендаций для обеспечения лесопромышленного комплекса республики высококачественными лесными ресурсами.

**Актуальность темы** исследований связана с тем, что возрастная динамика роста, строения и продуктивности искусственных фитоценозов является основой проектирования и ведения лесохозяйственной деятельности. Исследования хода роста и строения искусственных насаждений на территории Карелии носят фрагментарный характер. Значительная часть лесных культур относится к средневозрастной группе древостоев, требующих проведения рубок ухода. Поэтому назрела острая необходимость в разработке моделей и нормативов, отражающих закономерности роста культур в условиях их естественного формирования.

Широкое внедрение скандинавских технологий выращивания посадочного материала и создания лесных культур в республике требует учета в лесокультурном производстве исторических, климатических, экономических особенностей региона исследований. Закупка в Финляндии комплексов по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗКС) обуславливает необходимость всесторонней оценки возможностей и перспектив их использования в условиях региона.

Переход на интенсивные технологии выращивания сеянцев (30% от общего объема) в тепличных комплексах позволяет в более короткие сроки получать посадочный материал. Поэтому требуются разработки научно обоснованных способов подготовки семян, проведения подкормок по диагностическим признакам, а не в жесткие календарные сроки. Особые требования должны быть предъявлены к качеству сеянцев, обеспечивающих успешный рост культур в условиях вырубki.

Рост лесных культур до фазы смыкания существенно зависит от посадочного материала, способа подготовки почвы и метода создания культур. Развитие живого напочвенного покрова в условиях относительно богатых типов условий местопроизрастания в ряде случаев приводит к угнетению растений, особенно светолюбивых пород. Поэтому необходимо выявление закономерностей роста и развития доминант травянистых сообществ вырубok и оценка их влияния на рост культур. Возникла острая необходимость в разработке рекомендаций по применению методов создания культур и способов подготовки почвы..

**Цель работы** – выявить структуру площадей лесокультурного фонда лесохозяйственных предприятий республики Карелия, оценить объемы выращивания посадочного материала лесных питомников, выявить закономерности сезонного роста и развития лесных культур на этапах раннего возраста в конкурентных отношениях с доминантами травянистой растительности вырубok и естественным возобновлением и обосновать технологию лесовосстановления на вырубках, разработать статистические

модели возрастной динамики роста, строения и продуктивности лесных культур сосны и ели по типам леса.

В соответствии с целевой направленностью работы были поставлены следующие **задачи исследований**:

1. Проведение зонирования лесного фонда республики Карелия на основе решения классификационных задач. В частности было предусмотрено провести классификацию лесохозяйственных предприятий по наличию категорий земель лесокультурного фонда, по типам условий произрастания, по покрытой лесом площади и площади лесных культур прошлых лет, по группировке питомников в соответствии с объемами выращивания ими посадочного материала основных лесобразующих пород.
2. Проанализировать приживаемость и сохранность лесных культур на разных предприятиях южной Карелии и сделать долгосрочное прогнозирование приживаемости.
3. Выявить закономерности роста и развития сеянцев основных древесных пород, выращиваемых в условиях питомников южной Карелии.
4. Исследовать закономерности формирования растительности вырубок в течение первых пяти лет после рубки и зарастания пионерными видами травянистой растительности вырубок зеленомошной группы типов леса;
5. Разработать статистические модели сезонного роста доминантов растительных сообществ по количеству, высоте, массе и проценту проективного покрытия;
6. Выявить закономерности роста культур, созданных из разного посадочного материала по механически обработанной и не обработанной почве вырубок и разработать статистическую модель роста посевов и посадок сосны на вырубках.
7. Выявить закономерности естественного формирования искусственных еловых и сосновых древостоев в межвидовой конкуренции с примесью древесных пород естественного происхождения на свежих вырубках.
8. Разработать статистические модели возрастной динамики роста искусственных еловых и сосновых древостоев в разных условиях местопроизрастания и уровнях продуктивности.

#### **Научные положения, выносимые на защиту и их новизна**

1. Впервые проведена классификация (группировка) лесохозяйственных предприятий по основным характеристикам лесного фонда: покрытой лесом площади, распределению типов леса, структуре категорий земель лесокультурного фонда и даны рекомендации по перспективам лесовосстановительных работ в однородных группах.
2. Уточнены модели роста сеянцев основных хвойных пород в тепличных условиях питомников Карелии, уточнены критические периоды максимальной потребности в основных элементах минерального питания и даны рекомендации по применению разных способов подготовки семян, проведению подкормок и уходов за посевами по диагностическим и морфологическим признакам.
3. Выявлена общая закономерность изменения проективного покрытия и основных биометрических показателей роста пионерных видов живого напочвенного покрова зеленомошной группы вырубок. Разработанная на ее основе модель может

быть использована при прогнозировании динамики зарастания минерализованных полос доминантами растительных сообществ вырубок при механической обработке почвы.

4. Уточнены закономерности и разработаны модели роста и приживаемости лесных культур сосны, созданных посевом семян и посадкой сеянцев с закрытой корневой системой (ПМЗКС) и сеянцев с открытой корневой системой по вырубкам относительно богатых типов условий местопроизрастания в конкурентных отношениях с травянистой растительностью.
5. Выявлены взаимосвязанные закономерности роста и продуктивности культур сосны в первые пять лет после их создания с закономерностями сезонной и возрастной динамики основных видов живого напочвенного покрова в условиях сукцессии растительности на вейниково-луговиковых вырубках после сосняков черничных в южной Карелии.
6. Показана возможность методом множественной регрессии отобразить конкурентные отношения культур сосны с основными видами травянистой растительности на вырубках и предложить варианты их выращивания без агротехнических уходов при ориентации на снижение себестоимости их создания.
7. Уточнены для Республики Карелия закономерности динамики роста культур ели и сосны в разных типах условий местопроизрастания; разработаны модели возрастной динамики роста и продуктивности древостоев.

**Достоверность выводов и результатов исследований** обеспечивается использованием большого по объему экспериментального материала, применением многомерных статистических методов анализа данных; применением стандартных методик и количества замеров, обеспечивающих заданную точность с учетом изменчивости признаков и 95-процентного уровня доверительной вероятности; проведением исследовательских работ в соответствии с действующими стандартами и с учетом имеющихся рекомендаций. Оценка результатов осуществлялась на 5% уровне значимости. Исследования роста сеянцев в Петрозаводском питомнике проводились в течение 11 лет. Наблюдения за зарастанием вырубок травянистой растительностью и наблюдения за ростом культур сосны – в течение 5 лет ежемесячно в течение вегетационного периода с необходимым числом повторностей (100 площадок). Рост и строение лесных культур старших возрастов оценивался на 124 пробных площадях лесных культур в течение 6 лет. Подтверждение достоверности результатов исследований осуществлено по данным показателей роста с 621 участка лесных культур сосны и 124 участков культур ели, полученных при прицельно-измерительной таксации искусственных насаждений.

**Практическая ценность и реализация работы.** В работе рассмотрена структура лесного фонда республики, а также вопросы искусственного лесовосстановления: заготовка лесных семян, организация лесных питомников, создание лесных культур. Представлена классификация хозяйствующих субъектов. Выявлены и описаны основные закономерности роста и развития сеянцев хвойных пород, а также формирования живого напочвенного покрова после рубки древостоя. Проведен анализ роста и продуктивности культур сосны, созданных различными способами и разным посадочным материалом. Проанализированы основные закономерности роста лесных культур ели до 35-летнего возраста и культуры сосны до 60 лет, предложены модели изменения

основных показателей роста культур сосны и ели, для культур сосны до 60-летнего возраста описаны закономерности и разработаны модели возрастной динамики роста, строения и продуктивности древостоев. Результаты исследований могут служить базой для уточнения рекомендаций по лесовосстановлению для республики Карелия. Результаты исследований включены в программу дисциплины "Лесные культуры" (Петрозаводский государственный университет), используются при чтении лекционного курса, участки созданных культур – для проведения учебных практик по лесным культурам на лесоинженерном факультете Петрозаводского государственного университета.

**Личный вклад автора.** Автором лично и под его непосредственным руководством проведены все полевые исследования 1990–2005 годов, выполнена камеральная и статистическая обработка экспериментальных материалов, а также анализ полученных результатов.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты исследований докладывались на международной конференции «Биоразнообразие европейского севера: теоретические основы изучения, социально-правовые аспекты использования и охраны» (Петрозаводск, 2001 г.), на международной конференции, посвященной 50-летию лесоинженерного факультета ПетрГУ «Новые технологии и устойчивое управление в лесах Северной Европы» (Петрозаводск, 2001 г.), на международной научно-практической конференции «Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты» (Петрозаводск, 2004 г.), на всероссийской конференции «Природная и антропогенная динамика наземных экосистем» (Иркутск, 2005 г.), на международной конференции «Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере» (Кировск, 2006), «Рациональное природопользование и перспективы устойчивого развития лесного сектора экономики» (Великий Новгород, 2008), на международной научно-практической конференции «Флора и фауна северных городов» (Мурманск, 2008), Всероссийской научной конференции с международным участием «Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления» (Петрозаводск, 2009) и др.

**Публикации.** Основные положения и результаты исследований были представлены на конференциях регионального, всероссийского и международного уровней. По материалам исследований издано 84 научные работы, в том числе 2 монографии, опубликовано 11 статей в рецензируемых изданиях, включенных в список ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 412 страницах машинописного текста и состоит из введения, 9 глав, выводов и рекомендаций. Список литературы включает 330 наименований, в том числе 65 – на иностранных языках. Текст иллюстрирован 137 рисунками и содержит 22 таблицы.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность научному консультанту, доктору с.-х. наук, профессору В. К. Хлюстову за помощь методического и организационного характера на всех этапах работы, а также заведующему лабораторией лесовосстановления КарНЦ Соколову А. И. за помощь методического характера, сотрудникам Карельского лесоустроительного предприятия и отдела лесовосстановления Министерства лесного комплекса Республики Карелия, оказавшим помощь в сборе материалов; студентам кафедры и аспирантам Юрьевой А. Л. и Морозовой И. В. за помощь в сбо-

ре материала. Особая благодарность – первому научному руководителю, Учителю, привившему интерес к научной работе, **Георгию Ивановичу Редько**.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение.** В краткой форме обосновывается актуальность темы диссертационной работы, изложены цель и задачи исследований, сформулированы научные положения, выносимые на защиту и их новизна, отражена практическая значимость работы.

### **1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

Интенсивное лесопользование в последние 50 лет оказало существенное влияние на структуру лесного фонда республики и в первую очередь на возрастную структуру лесов. Так, при возрастании доли молодняков очень мала доля приспевающих насаждений и велика – перестойных. Снизились запасы древесины. Изменение площадей защитных лесов, возраста главной рубки, которые предлагаются по лесному плану Республики Карелия в соответствии с новым Лесным кодексом, делают возможным не снижать заготовку древесины. Запаса спелой древесины на территории республики достаточно для будущего лесопользования, несмотря на то, что он представлен низкобонитетными древостоями, удаленными от транспортных путей. Довольно резкое уменьшение величины среднего запаса древесины хвойных пород происходило до 1988 года, после чего существенно стали снижаться объемы заготовки древесины. Средний запас лиственных лесов на единице площади увеличивается, что делает возможным увеличение их использования.

Изучением создания лесных культур по минеральным почвам в разные годы в условиях республики Карелия занимались Декатов Н. Е. (1952), Шубин В. И. (1959, 1961, 1964, 1970, 1975, 1983 а, 1983б, 1983с, 1985, 1991), Синькевич М. С. (1953, 1956, 1969, 1980, 1958), Мордась А. А. (1974, 1983, 1986,), Цинкович Л. Г. (1983, 1987, 1990), Соколов А. И. (1990, 1999а, 1999б, 1997, 2002, 2003,), Соколов А. И. и Харитонов В. А. (2001). Около 70 тыс. га культур создано в условиях осушенных болот, и исследованием их роста в разные годы занимались Пятецкий Г. Е. (1963, 1976), Попов Ю. А. (1983), Ионин И. В. (1973, 1980, 1989), Медведева В. М. (1978), Саковец В. И. (1994), Гаврилов В. Н. (1994), Мошников С. Н. и многие другие. Авторами обосновывается норма высева семян в условиях теплиц и открытого грунта (Мордась, 1983), даются практические рекомендации по выращиванию посадочного материала, (Синькевич и др., 1964), проведению подкормок и удобрения культур (Кузьмин, 1976). В последние годы появились публикации о создании культур крупномерным посадочным материалом (Соколов, 1991), а также об особенностях создания культур ели в условиях каменистых почв (Соколов, Харитонов, 2001, Соколов, 2006). Динамика лесного биоценоза и вторичные сукцессии на месте вырубок в Карелии изучалась Вороновой (1962, 1964), Ронконен, (1965), Крышень (1996, 2006). Период роста и формирования искусственно созданного насаждения включает в себя несколько биологически разнокачественных фаз развития, сменяющих друг друга во времени: приживания, индивидуального роста, смыкания культур, и т. д. (Калинин 1975, Маслаков, 1984, Маркова, 1991, 1994, 2000, Цинкович, 1983, Тимофеев и Кузнецов, 1992, Бузыкин и Пшеничникова, 1980, Хлюстов и Бауэр, 2005) и др

**ПРОБЛЕМА:**

Отсутствие научно-обоснованной системы взаимоувязанных рекомендаций по производству посадочного материала хвойных пород, создания лесных культур по энергосберегающим технологиям на вырубках в условиях сукцессий напочвенного покрова, а также отсутствие нормативов возрастной динамики роста и продуктивности культур сосны и ели в экологических нишах, представленных типами леса и типами лесорастительных условий

### ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Этап выращивания посадочного материала в питомниках  
(Главы 4-5)

*Разработка зональных рекомендаций для выращивания посадочного материала хвойных пород на основе:*

1. Основания режимов подготовки семян к посеву
2. Закономерностей роста сеянцев в разных экологических условиях среды



**Этап создания лесных культур на вырубках, их приживаемость, сохранность и рост в конкурентных отношениях с травостоем в раннем возрасте 1-5 лет**  
(Главы 6-8)

*Разработка зональных энергосберегающих технологий создания лесных культур на основе:*

1. Закономерностей роста культур, созданных на подготовленной и неподготовленной почве;
2. Закономерностей сезонной и возрастной динамики роста, проективного покрытия и продуктивности представителей напочвенного покрова на вырубках;
3. Закономерностей конкурентных отношений культур раннего возраста с травянистой растительностью.



**Этапы роста и формирования лесных культур старших возрастов до 60 лет (Глава 9)**

*Разработка нормативов роста и продуктивности лесных культур разной полноты в градиенте лесорастительных условий на основе:*

1. Закономерностей конкурентных отношений лесных культур с примесью естественного возобновления хвойных и лиственных и пород;
2. Моделирования и построения лесотипологических шкал возрастной динамики средних высот лесных культур разной полноты;
3. Моделирования взаимосвязи возрастной динамики продуктивности лесных культур разной полноты по типам лесорастительных условий

. Наиболее актуальным в настоящее время представляется обобщение лесокультурного опыта в республике, выявление общих закономерностей формирования ис-

кусственных древостоев, составление таблиц хода роста для лесных культур, созданных в разных типах леса. Метод лесовосстановления при этом может оказать существенное влияние на рост древостоя во времени.

Особую актуальность вопросы искусственного лесовосстановления приобретают на современном этапе, при изменении нормативной и законодательной базы в области лесного комплекса. Так, в ряде практических и научных конференций, совещаний по вопросам лесовосстановления приняты постановления об усилении внимания к грамотному использованию лесных ресурсов в стране.

## **2. КРАТКИЙ ОЧЕРК ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ, ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В диссертации приводится характеристика рельефа и климата Карелии. Приводятся среднесезонные данные по радиационному режиму и продолжительности периода с температурой воздуха выше +5 и +10 °С, по срокам наступления первых осенних и последних весенних заморозков, влажности воздуха, количеству осадков. Сосновые леса занимают 63% лесопокрытой площади РК. Наиболее широко распространена зеленомошная группа типов леса. На долю сосняка черничного приходится 33% площади сосновых лесов, сосняка брусничного – 30%. (Виликайнен, 1974). Суровые климатические условия и бедность почв обуславливают низкую производительность лесов. Средний класс бонитета IV, средний запас древесины спелых и перестойных древостоев составляет 144 м<sup>3</sup>/га, текущий прирост – 1,3 м<sup>3</sup>/га (Государственный доклад..., 2009).

Согласно целевой направленности работы, исследования проводились по следующим **программным вопросам**:

1. Проанализировать структуру лесного фонда Республики Карелия за последние 50 лет.
2. Изучить приживаемость лесных культур на территории республики.
3. Классифицировать предприятия республики по наличию земель лесного фонда, структуре лесокультурного фонда и фонда лесовосстановления.
4. Выяснить условия и объем выращивания посадочного материала основных лесобразующих пород на лесных питомниках Карелии и классифицировать лесные питомники по объемам выращивания посадочного материала
5. Исследовать основные закономерности роста и развития сеянцев основных хвойных древесных пород.
6. Выявить закономерности сезонной динамики проективного покрытия и продуктивности основных видов живого напочвенного покрова на вейниково-луговиковых вырубках по годам вегетации.
7. Выявить закономерности возрастной динамики роста и продуктивности культур сосны в течение первых пяти лет вегетации при разных методах их создания в условиях сукцессий растительности на вырубках.
8. Сопоставить закономерности динамики роста и продуктивности культур с закономерностями формирования живого напочвенного покрова на вырубках, оценить различия в воздействии основных видов травянистой растительности на культуры, созданные разными методами при отсутствии ухода.

9. Дать статистическую оценку моделям роста посевов и посадок сосны обычным посадочным материалом и ПМЗКС по обработанной ПДН-1 и необработанной почве вырубкам.

10. Исследовать закономерности естественного формирования искусственных еловых и сосновых древостоев в условиях республики Карелия.

Объектами исследования были лесные культуры различных возрастов в зоне северной и средней тайги Карелии (Петрозаводского, Пряжинского, Шуйско-Виданского, Питкярантского, Сегежского, Лахденпохского, Олонецкого, Сосновецкого, Калевальского и Костомукшского лесхозов).

Исследование роста сеянцев осуществлялось в течение 11 лет в условиях средне-таежной подзоны республики (Петрозаводский лесной питомник).

Исследования роста растений на лесокультурной площади проводились с учетом общепринятых методических руководств (Грейг-Смит, 1967; Василевич, 1969, 1972; Миркин, Розенберг, 1979, Ипатов, 2000, Булыгин, 1979, Бейдеман, 1974, Сукачев, Зонн.; Молчанов, Загреев, Швиденко, 1973; Анучин, 1982, Редько, 1984, Огиевский, Хиров, 1966), а также отраслевыми стандартами (ОСТ 56-99-93) и наставлением по лесосеменному делу (2000).

Пробные площади закладывались в пределах одной группы типов леса в одно-возрастных древостоях сосновой и еловой формаций. Число деревьев на пробных площадях соответствовало требованиям ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки». В соответствии с требованиями ОСТа заложено 24 пробные площади. Экспериментальный материал дополнен данными пробных площадей, заложенными Карельским лесоустойчивым предприятием.

Всего для анализа состава, размеров и надземной и подземной массы живого напочвенного покрова было заложено 3000 пробных площадок и 15000 погонных м трансект. Выкопано и отмыто 28800 однолетних, 5760 двух- и 5760 трехлетних сеянцев на питомнике, 900 модельных растений живого напочвенного покрова на вырубках. Измерено 13440 растений лесных культур сосны от 1 до 6 лет и произведены раскопки корневых систем 2650 растений. Проведено измерение диаметров на 60000 деревьев и высот на 1250 деревьях. Проанализировано 980 таксационных выделов лесных культур по показателям роста в основных типов леса.

Использование в исследованиях факторного, кластерного, дискриминантного и регрессионного анализов позволило выявить закономерности и построить статистическое модели возрастной динамики роста и строения и продуктивности древостоев. На этой основе впервые для искусственных сосняков Карелии были разработаны лесотаксационные нормативы. Построение статистических моделей и проводимые по ним расчеты производились с использованием прикладных статистических пакетов программ, а также по программам в среде MS Excel.

### **3. ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА, СТРУКТУРЫ ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО ФОНДА И ФОНДА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ**

В главе представлены результаты оценки земель по активности освоения фонда лесовосстановления, распределению лесных площадей по типам леса, по возрастному строению древостоев искусственного происхождения, доле лесов искусственного происхождения от лесной площади, соотношению площадей разных категорий фонда

лесовосстановления и лесоразведения предприятий, а также распределению площади лесных культур по типам условий произрастания.

Освоение лесокультурного фонда за последние годы происходит высокими темпами, причем постепенно осуществляется переход на большее количество площадей посадки относительно посевов, применяется селекционно-улучшенный посадочный материал, осуществляется переход на посадочный материал с закрытой корневой системой. В разных хозяйствах интенсивность освоения лесокультурного фонда была не одинаковой в разные годы, и связано это не только с местоположением, но и активностью освоения лесосеки, развитостью инфраструктуры территории, историческими, социальными и другими причинами.

Распределение земель по категориям лесокультурного фонда рассмотрено на начало [2005 года по данным формы 304 отчета Карельского управления природных ресурсов. Распределение земель лесокультурного фонда для каждого предприятия различно, несмотря на то, что представлено на территории республики небольшим количеством категорий. В основном это вырубки, гари, погибшие насаждения и пустыри с прогалинами. Категория лесокультурного фонда показывает сложность процесса лесовосстановления для конкретного предприятия, что предполагает применение различных технологических схем, машин и механизмов, различных материальных вложений.

Для классификации был применен кластерный и дискриминантный анализ. Для решения этой задачи разделения предприятий по однородным группам в качестве исходных переменных взяты относительные значения площадей фонда лесовосстановления.

При первоначальной классификации предприятий с помощью дивизивной стратегии динамических сгущений предприятия были разделены на классы в плоскости основных факторов (относительная площадь гарей и вырубок). При этом отмечали явное разделение классов предприятий по площади вырубки. Для того чтобы учесть все рассматриваемые показатели, применялся кластерный анализ по стратегии Уорда (рис. 1). При этом все 32 предприятия оказались объединенными в 8 различных рангов, при этом большое значение имел географический фактор. Так, в пятый класс по ранжиру попали пять предприятий, расположенных в южной части республики, в шестой класс – 9 предприятий северной и средней части.

Для окончательного решения поставленной классификационной задачи был применен дискриминантный анализ, позволяющий статистически оценить вероятность отнесения каждого предприятия в конкретный класс по его расстоянию от центра  $d^2$ , а также отдаленность классов друг от друга по суммарному межкластерному расстоянию Махаланобиса  $(D^2) = 370$ . В результате проведенного анализа все классифицируемые объекты были достоверно разделены на 8 классов, о чем свидетельствует значимость расстояний предприятий до центра класса, которые превышают критическое значение, равное 0,05. Объединение достаточно большого количества лесхозов южной и средней части Карелии, достаточно близко расположенных, связано с одинаковой интенсивностью ведения хозяйства, а также с близкими типами леса на их территории. Несмотря на разную площадь лесхозов, соотношение категорий земель на их территории примерно одинаково.

На классификацию лесхозов по категориям земель лесокультурного фонда повлияли как территориальные факторы, так и организационные, а также близость к границе с другим государством и степень транспортной освоенности территории предприятий. Кроме того, на объединение в группы повлияло наличие лесных ресурсов, активность их освоения и наличие площадей погибших и сгоревших насаждений.

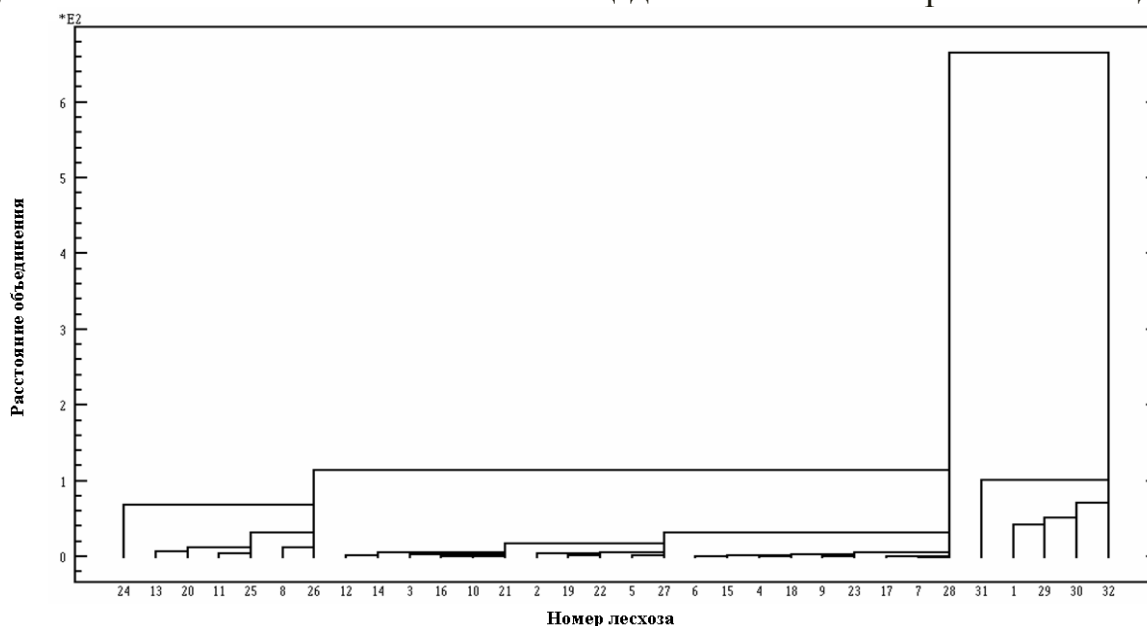


Рисунок 1 – Дендрограмма кластеризации лесхозов по структуре площадей фонда лесовосстановления по стратегии Уорда

По распределению вероятностных характеристик предприятий, относящихся к однородным классам, следует отметить высокую степень надежности классификации. Большинство предприятий имеет вероятность попадания в однородный класс на уровне 80–100 %, и только два имеют вероятность отнесения их к одному классу в диапазоне вероятности от 60 до 80%. Величина значимости расстояния каждого предприятия до центра класса более 5%-го уровня ( $P > 0,05$ ) свидетельствует о принадлежности предприятий к однородным классам.

Для характеристики территории лесхозов по активности и успешности лесокультурной деятельности было рассмотрено их распределение по типам леса, которые характеризуют степень влажности почвы и ее богатство, общую продуктивность произрастающих здесь насаждений. Такое распределение позволит проводить работы дифференцированно, с учетом особенностей площади, более производительнее использовать имеющуюся у арендаторов технику, а также проводить кооперацию арендаторов по закупке новой техники для обработки почвы для содействия естественному восстановлению и для создания культур.

Площади лесных культур прошлых лет, как и несомкнувшихся культур текущего ревизионного периода и прошлых лет характеризуют объемы лесокультурной деятельности предприятий в течение длительного периода времени и успешность создания лесных культур в прошлые годы по данным лесоустройства.

Все представленные классификации в главе оформлены картами площадей лесохозяйственных предприятий и таблицами с приведением показателей вероятности отнесения каждого предприятия в конкретный класс по его расстоянию от центра  $d^2$ , а

также отдаленности классов друг от друга по суммарному межкластерному расстоянию Махаланобиса ( $D^2$ ).

#### **4. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД**

За последние 10 лет в республике стабильно выращивается достаточное количество посадочного материала и обеспечиваются потребности в нем; объем выращивания при этом сосны и ели примерно равен по 15–20 млн. экз. семян в год, достигая в сумме 30–35 млн. экз./ год. Следует отметить появление за последние 15 лет селекционно-улучшенного посадочного материала, выращиваемого в основном в тепличных условиях (до 10 млн. экз./ год) и появление нового вида посадочного материала – брикетированных семян (с закрытой корневой системой – ПМЗКС). Кроме того, следует отметить, что относительно общего количества выращиваемого посадочного материала по республике доля ПМЗКС постоянно увеличивается. Так, по выращиванию сосны она составляет от 25% до 34%, для ели эта величина несколько меньше и равна 5–10 %.

Качество выращиваемого посадочного материала в последние годы повысилась благодаря обучению кадров и проведения работы по расширению семенной базы. На сегодняшний день на территории республики насчитывается 6 лесосеменных плантаций (ЛСП), в том числе 2 – карельской березы (в Заонежском и Петрозаводском лесхозах). На 4 плантациях (Заонежский, Лахденпохский, Олонецкий, Петрозаводский лесхозы) выращивается потомство плюсовых деревьев ели, на 6 – сосны (Заонежский, Ладвинский, Лахденпохский, Олонецкий, Питкярантский, Петрозаводский лесхозы). Общая площадь ЛСП составляет 496,4 га.

На территории 26,9 га двух лесхозов Карелии (Олонецкий и Петрозаводский) заложены испытательные культуры, на площади 47 га Медвежьегорского и Пряжинского лесхозов – соответственно географические культуры сосны и ели.

В Карелии на сегодняшний день выделено и аттестовано 1926 плюсовых деревьев, в том числе сосны обыкновенной – 1360, сосны скрученной – 14, ели европейской – 444, березы карельской – 85, лиственницы сибирской – 20 и 3 плюсовых дерева пихты сибирской.

Кроме того, на площади 562 га выделены плюсовые насаждения, в том числе оформлено в семенные заказники 384 га. На достаточно большой площади республики выделены и аттестованы генетические резерваты – 11486,2 га.

На территории Республики Карелия имеется 9 постоянных и 16 временных лесных питомников. Их деятельность различна по интенсивности, затратам и другим показателям. Относительно количества посадочного материала сосны и ели на 2008 год, а также площади под посевами разных лет питомники соответствующих предприятий делились на классы. Для разделения питомников на классы по выходу посадочного материала разного возраста был проведен анализ методом дивизивной стратегии, и предприятия разделены предварительно на классы.

В результате дискриминантного анализа все пробные площади были достоверно разделены на 6 групп предприятий для посадочного материала сосны (рис. 2) и 13 для выращивания ели с соответствующими усредненными показателями, о чем свидетельствует значимость расстояний рядов распределения до центра класса, превыша-

ющая 5%-ый уровень ( $P > 0,05$ ). Значимость суммарного межкластерного расстояния Махаланобиса меньше 5%-ного уровня, что указывает на достоверность проведенной классификации.

Большинство питомников (90%) имеют вероятность попадания в однородный класс на уровне 80-100%, незначительное их количество (10%) – в диапазон вероятности от 50 до 80%.

## 5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Рассматриваются основные закономерности роста и развития одно-, двух- и трехлетних сеянцев хвойных пород в условиях теплиц и открытого грунта лесных питомников южной Карелии. Для роста однолетних сеянцев, особенности которого рассматривались ранее рядом авторов (Редько и др., 1984, Наквасина, 1992, Романов, 1995) для других регионов, были исследованы вопросы влияния срока посева и дня от начала роста на их качественные показатели развития надземной и подземной части растений. В течение первого сезона развития сеянца происходят морфологические изменения, которые могут быть выделены в ряд этапов, отличающихся определенной направленностью ростовых процессов. При общих закономерностях развития к концу вегетационного периода в различных экологических условиях наблюдаются разные значения основных биометрических показателей. В условиях теплиц, где влияние погодных условий сказывается в меньшей степени, чем в открытом грунте, исследовались высота сеянцев ели, число хвои, длина главного корня, число корневых окончаний, общая протяженность корневой системы, а также абсолютно сухая масса корней, стволиков и хвои.

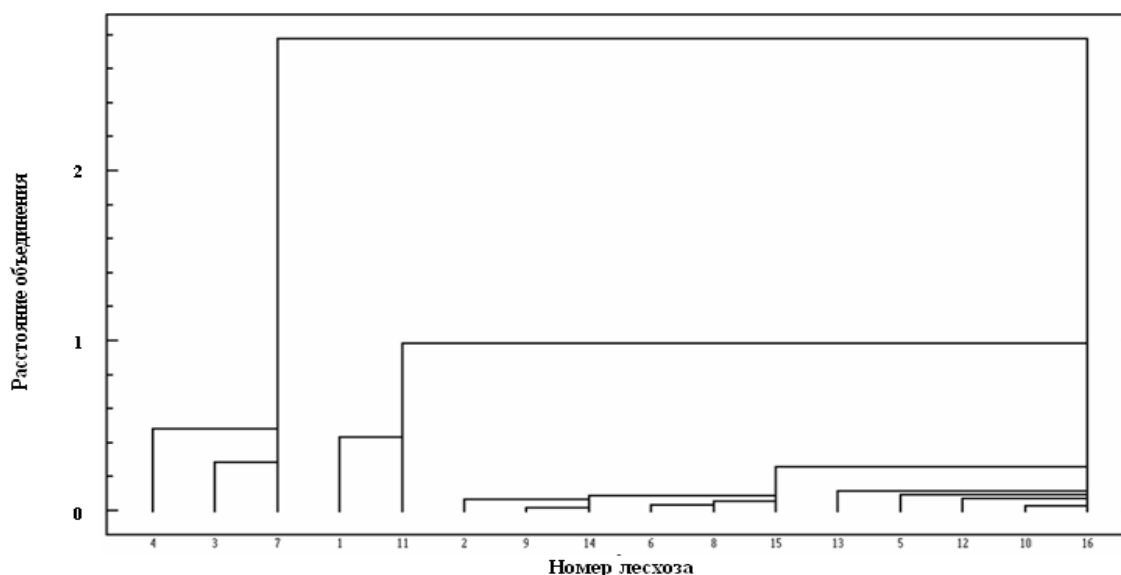


Рисунок 2 – Дендрограмма кластеризации лесхозов по выходу посадочного материала сосны по стратегии Уорда

При анализе связи показателей роста сеянцев с температурой воздуха и сроками посева было ясно, что рост сеянцев с разными сроками посева семян существенно отличается. При задержке сроков посевов на 10 дней эпикотиль начинал расти на 5 дней позже контроля, а при 20 днях задержки – на восемь. При запаздывании с посевом на

30 дней высота растения была на 33% меньше высоты контрольного варианта, и на 27% – при запаздывании с посевами на 10 дней. Для условий открытого грунта, соответственно, эти цифры 22 и 17%. Срок посева влияет на рост сеянцев в связи с разной суммой эффективных накопленных температур на день посева. Зная оптимальные для роста сеянцев суммы накопленных температур к моменту посева, можно регулировать сроки высева семян в контролируемых условиях в зависимости от погодных условий года:

$$H = f(T, D),$$

где: H – высота сеянца;

D – число дней от начала роста эпикотиля;

T – сумма эффективных температур ( $>+5^{\circ}\text{C}$ ) на день посева.

Далее, после статистического моделирования взаимосвязей показателей, участвовавших в решении задачи, были получены регрессии, отображающие основные закономерности процесса роста. По нашим опытным данным было получено уравнение регрессии (рис. 3):

$$H = \exp\{9,6701 - 0,7012 \ln T + 0,2210 \ln D - 0,0203 \ln^2 D - 0,0105 \ln T \ln D\} \quad (5.1),$$

$$R^2 = 0,920; \quad t = |3,93 \div 7,81| > t_{05} = 2$$

$$\lim D = 1-130 \text{ дней}; \quad \lim T = 1-400^{\circ}\text{C}.$$

где:  $R^2$  – коэффициент детерминации; t – критерий значимости численных коэффициентов уравнения.

Зависимость числа хвоинок (X) от тех же параметров:

$$X = \exp\{-2,0905 + 1,7821 \ln D - 0,0607 \ln^2 D - 0,0103 \ln T \ln D\}, \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0,980; \quad t = |4,54 \div 11,43| > t_{05} = 2$$

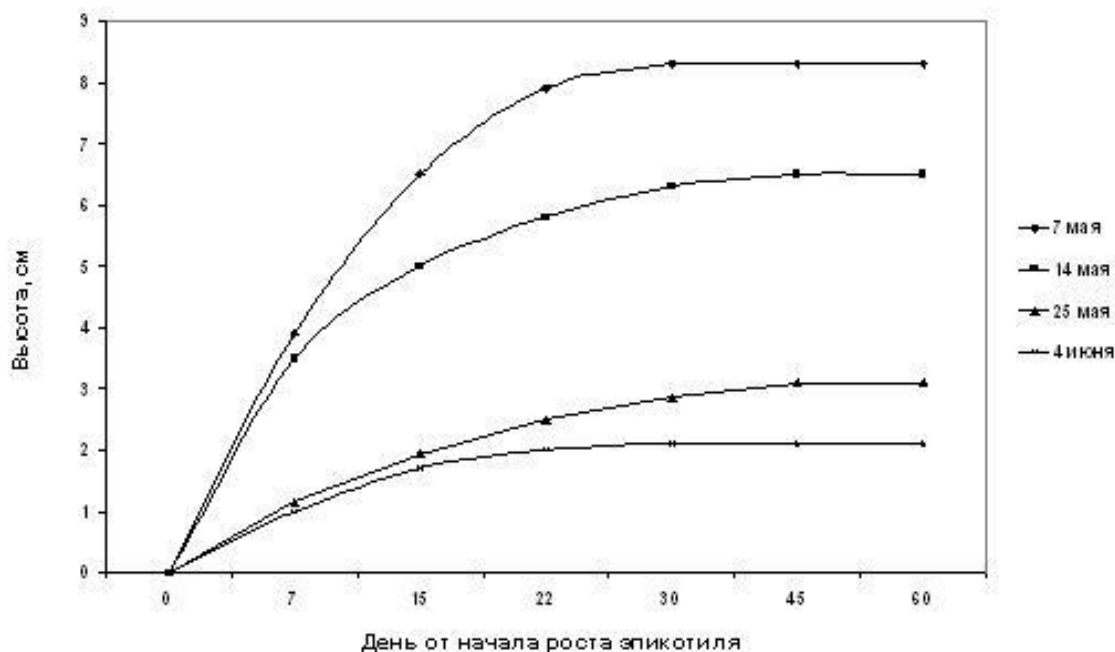


Рисунок 3 – Изменение числа хвоинок у сеянцев ели в теплице при разной сумме накопленных температур (T, °C)

Для выявления определенных зависимостей роста корней от суммы эффективных температур на момент посева и дня от начала роста корней рассчитываем коэффициенты уравнений регрессии для длины главного корня (G) и протяженности боковых корней (B).

$$G = \exp\{2,2901 + 1,5312 \ln D - 0,0409 \ln^2 D - 0,0302 \ln T \ln D\} \quad (5.3),$$

$$R^2 = 0,920; \quad t = |4,32 \div 10,48| > t_{0,5} = 2$$

$$B = \exp\{13,906 - 1,1931 \ln T + 0,0708 \ln T \ln D\} \quad (5.4)$$

$$R^2 = 0,870; \quad t = |4,23 \div 15,11| > t_{0,5} = 2$$

Графическое изображение модели развития длины главного корня приводится на рисунке 4.

Определялись параметры формирования корневой системы в связи со способом подготовки семян к посеву (табл. 1) на конец вегетационного периода.

Абсолютное значение прироста биомассы хвои (F), корней (K), стволиков (S) имеет связь с суммой накопленных температур на момент посева и продолжительностью роста эпикотильной части сеянцев.

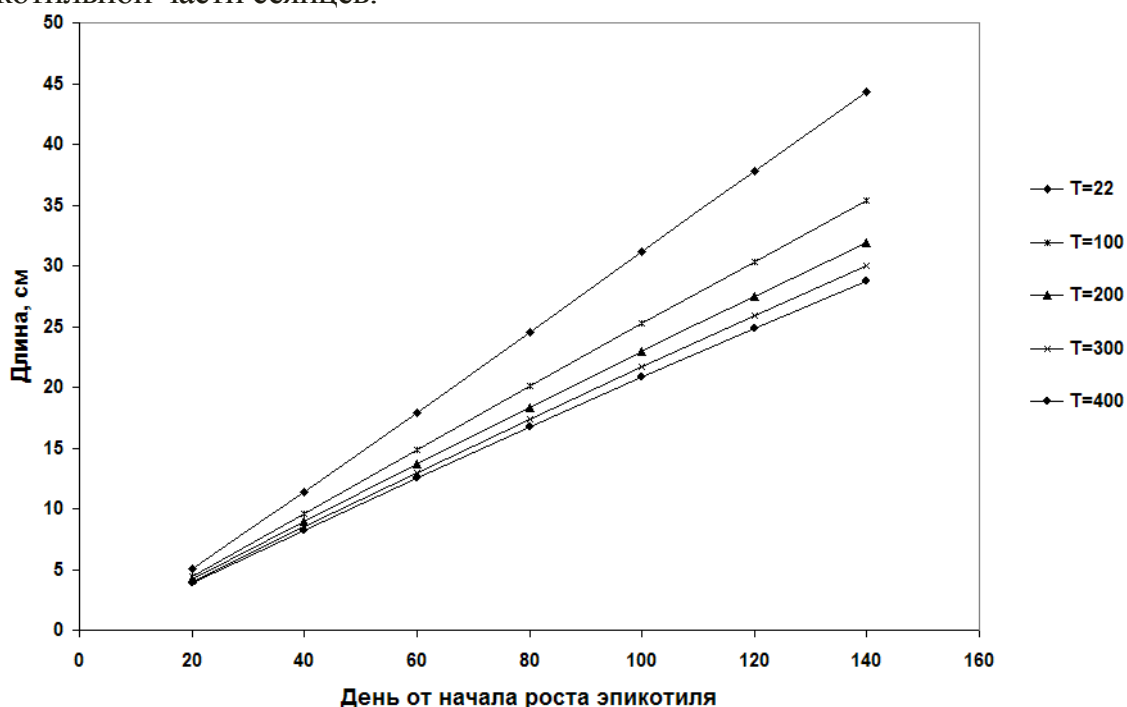


Рисунок 4 – Изменение длины главного корня сеянцев ели в теплице при разной сумме накопленных температур (T, °C)

Эта связь выражается уравнениями вида:

$$K = \exp\{-8,3220 + 1,1821 \ln D - 0,0403 \ln^2 D - 0,0131 \ln D \ln T\} \quad (5.5)$$

$$R^2 = 0,980; \quad t = |3,73 \div 10,18| > t_{0,5} = 2$$

$$F = \exp\{4,3812 + 0,3711 \ln D - 0,0205 \ln T \ln D\} \quad (5.6)$$

$$R^2 = 0,850; \quad t = |4,33 \div 8,15| > t_{0,5} = 2$$

$$S = \exp\{2,5298 + 0,1678 \ln T - 0,2412 \ln D + 0,0623 \ln^2 D - 0,0415 \ln T \ln D\} \quad (5.7)$$

$$R^2 = 0,960; \quad t = |4,93 \div 5,1| > t_{0,5} = 2$$

$\lim D = 1-130$  дней;  $\lim T = 1-400$  °C.

T – сумма накопленных положительных температур более +5 °C на момент посева;

D – день от начала роста эпикотилия.

Для открытого грунта и теплиц сроки посева влияют по-разному на общую биомассу однолетних сеянцев (рис. 5). Разные способы подготовки семян к посеву пока-

зали преимущества снегования. При этом повысилась устойчивость сеянцев ели к поздним весенним заморозкам, что влияет на статистически достоверное повышение высоты стволика.

Внесение минеральных удобрений до разverzания хвои не оказывает существенно-го влияния на ускорение роста сеянцев. К концу июля темпы прироста массы корневой системы опережают прирост биомассы хвои.

Несколько иначе развиваются сеянцы ели в теплице, когда к осени возрастает надземная биомасса, а их корневые системы имеют небольшой удельный вес в массе сеянца (20%). При сопоставлении сухой массы целого растения, выращенного в теплице и в поле (рис. 5.), оказалось, что подготовка семян и срок посева существенно влияют на массу растения. Так, масса растения из теплицы почти в 4 раза больше массы растения из открытого грунта. При более поздних сроках посева различие становится менее существенным (в 1,5 раза).

При выращивании сеянцев велико значение срока посева. При сильном запаздывании различие между тепличными и сеянцами из открытого грунта начинает уменьшаться. При более благоприятных условиях прорастания семян, в более поздние сроки, способ подготовки меньше воздействует на весовые показатели, и различие в массе растений становится не таким существенным.

Таблица 1 – Параметры корневой системы у однолетних сеянцев при различных способах обработки семян и календарных сроках посева

Способ обработки семян	Дата посева	Длина главного корня, см	Суммарная длина боковых корней, см	Число боковых корней 1-го порядка, шт.
<b>Ель европейская</b>				
Снегование	7.05	125,3±1,1	290,75±14,83	43,3±0,1
	14.05	122,3±1,1	235,4±10,11	39,2±1,8
	24.05	110,4±1,0	218,63±8,76	37,7±1,8
	30.05	150,1±5,1	280,00±10,04	44,2±2,2
Намачивание	14.05	118,9±3,1	263,48±11,15	36,6±1,4
Без обработки	14.05	92,4±3,1	218,45±12,43	30,0±1,3
<b>Лиственница сибирская</b>				
Снегование	7.05	168,3±4,7	368,40±12,40	62,0±1,4
	14.05	159,1±3,2	320,40±12,40	54,1±2,3
	24.05	157,2±2,1	300,14±17,15	50,1±1,8
	30.05	150,1±5,2	280,00±10,04	44,2±2,2

Сезонное развитие сеянцев второго и третьего года также зависит от суммы накопленных положительных температур. Так, видимый рост побега сосны кедровой сибирской начинается уже при 50–100, лиственницы и сосны – 150–200, ели – при 300–400 °С эффективных температур.

Ритмичность роста, накопление сухого вещества и питание сеянцев хвойных пород обусловлены наследственно, определяются и специфически проявляются в кон-

кретных климатических условиях. Именно в весенний период формируются у растения основные показатели качества (стандартности) двух- и трехлетних сеянцев – высота сеянца и диаметр его у шейки корня. В это же время начинается рост и новообразование хвои. При биометрических исследованиях мы учитываем лишь видимый линейный рост.

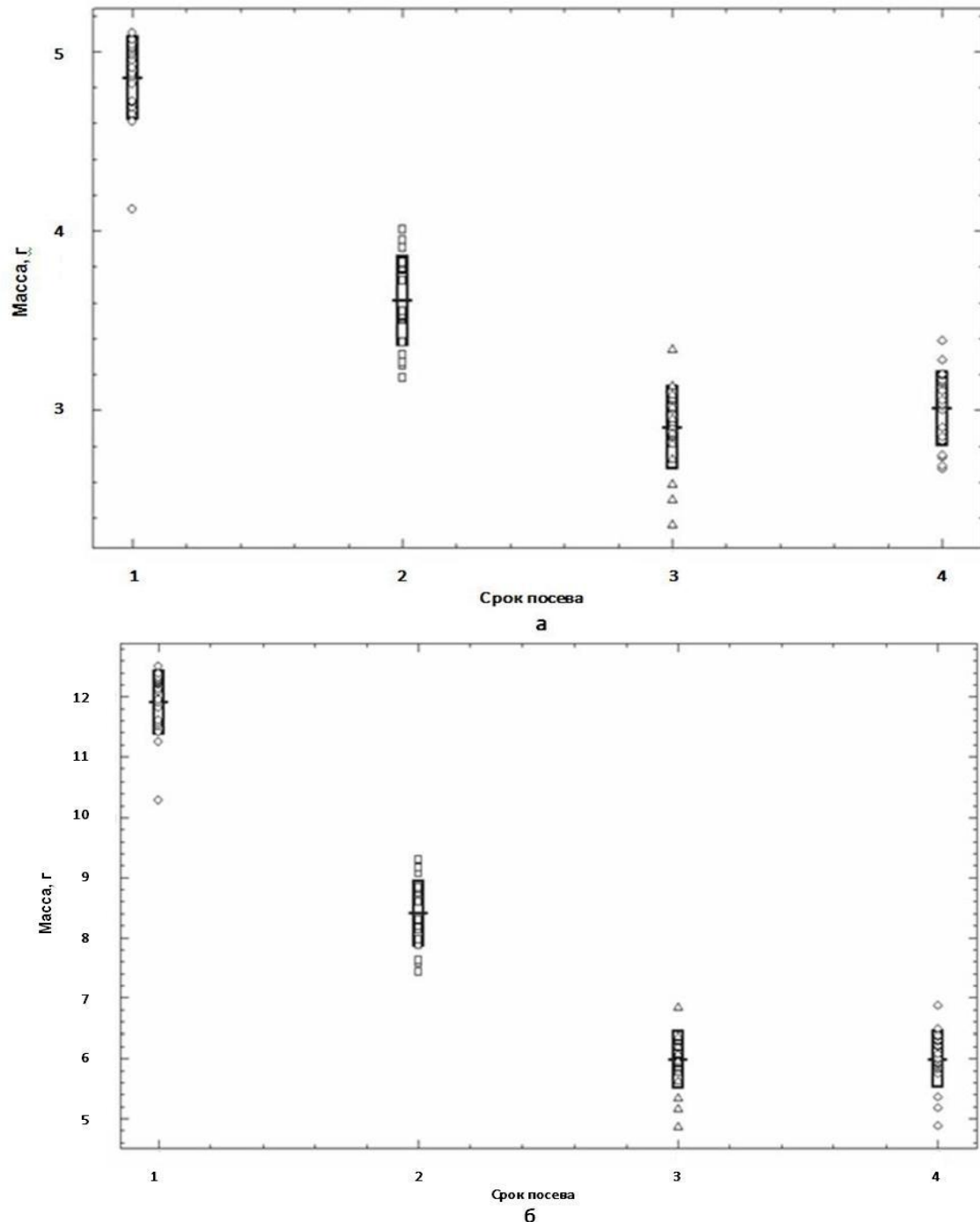


Рисунок 5 – Распределение общей массы однолетних сеянцев ели, выращенных в теплице (а) и сеянцев открытого грунта (б) из снегованных семян при разных сроках посева: (1 – 7.05; 2 – 14.05; 3 – 21.05; 4 – 30.05)

Ход линейного роста отличается тремя периодами усиленного прироста в середине, конце июня и в середине июля. В течение всего периода роста происходит

утолщение гипокотилия сеянца, тогда как наибольшая скорость радиального прироста побега текущего года отмечена во вторую половину вегетации.

Для роста двухлетних сеянцев характерен одновременно с интенсивным линейным и радиальным приростом стволика и усиленный рост главного корня в длину и по диаметру.

В течение второго года развития масса сеянца ели увеличивается в 5–6 раз, причем наиболее интенсивно накопление массы идет в хвое текущего года и в корнях (рис. 6). Увеличение массы сосны кедровой идет медленно и в открытом грунте возрастает в 1,5–2 раза и почти в 7 раз – в теплице.

Нагрузка на корневую систему в июне возрастает из-за преимущественного роста в это время ассимиляционного аппарата, особенно у лиственницы и у сосны кедровой. При выращивании сеянцев без применения подкормок их высота в условиях Карелии не соответствует стандартам среднетаежной зоны. При выращивании трехлетних сеянцев ели она составила в среднем 81% от стандартной, для двухлетних сеянцев лиственницы – 92% и сосны обыкновенной – 7%, для трехлетних сеянцев сосны кедровой – 55%.

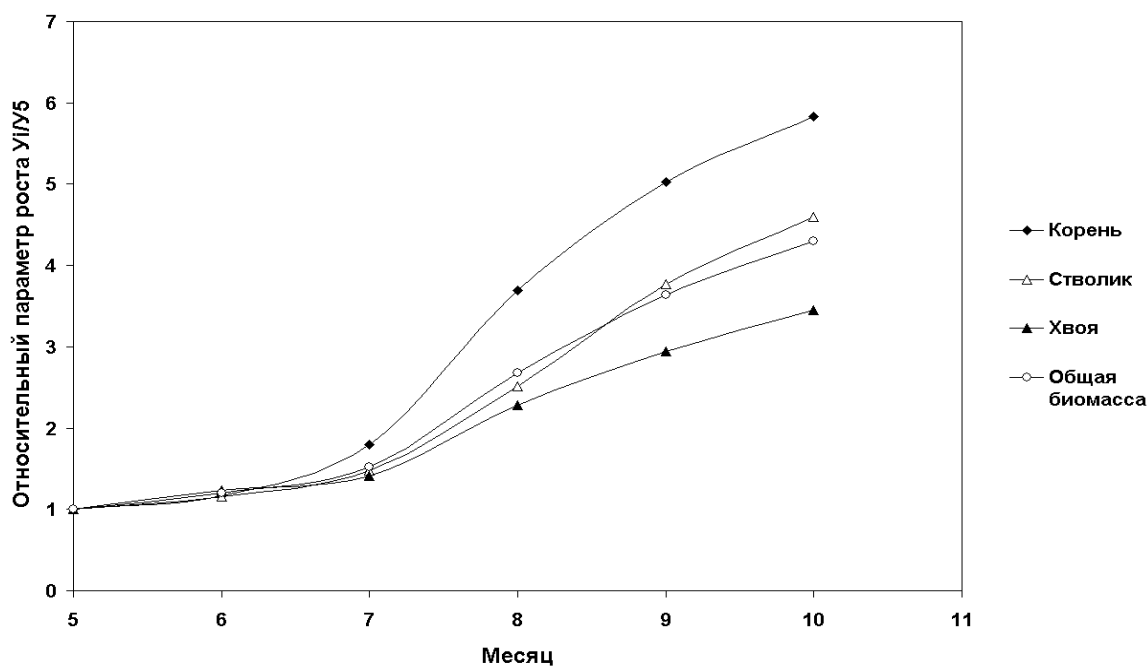


Рисунок 6 – Сезонная динамика относительных параметров роста показателей массы сеянцев ели третьего года роста

## 6. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ СПЛОШНЫХ РУБОК

Интенсивная эксплуатация лесов часто приводит к нежелательной смене породного состава. Это вызывает необходимость создания лесных культур из хозяйственно ценных хвойных пород. Искусственным лесовосстановлением охвачена почти треть площадей рубок республики. Ежегодно под посадку и посев леса примерно в равном соотношении вовлекалось около 16 тыс. га, в последние три годы – около 9 тыс. га.

Тип вырубки связан с типом леса, поскольку вырубки формируются на тех же почвах и элементах рельефа (Мелехов, 1984). Основным индикатором типа вырубки является живой напочвенный покров. Черничный тип леса, занимая 43 % общей пло-

щади лесов республики, отличаются относительно высокой производительностью (III–IV класс бонитета).

На первой стадии сукцессии большое количество видов живого напочвенного покрова закрепляется в сообществе, при этом древесные породы практически не влияют на его структуру. Вторая стадия сукцессии начинается при 80–100%-ном общем проективном покрытии большей территории вырубки и постепенном формировании сообщества с 3–4 доминантами

Древесные породы на этой стадии находятся в пространстве травянистого яруса. Третья стадия может быть охарактеризована как переходная, при этом древесные породы начинают превышать по высоте травянистый покров, кроны их начинают смыкаться, что влечет за собой ослабление влияния злаков и некоторое увеличение доли разнотравья.

Устанавливая закономерности формирования напочвенного покрова после вырубки черничного типа леса, было отмечено преобладание пионерных видов растительности, к которым относят вейник лесной (*Calamagrostis arundinacea*, L. Roth), луговик извилистый (*Deschampsia flexuosa* L., Beauv.) и иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* L. Scop.).

В главе обосновывается и статистически подтверждается, что средние показатели роста и продуктивности этих растений зависят от продолжительности (или дня) вегетации и года после подготовки почвы, причем в большей степени зависит от года (Хлюстов, Бауэр, 2005). Статистические модели временной динамики в проценте проективного покрытия (ППП), по высоте ( $H_{cp}$ ), общей биомассе ( $M_{общ.}$ ), а также массе надземной ( $M_n$ ) и подземной части ( $M_p$ ) по представителям покрова представлены зависимостью:

$$y = \exp(k_0 + k_1 \ln D + k_2 1 \ln^2 D + k_3 \ln \Gamma + k_4 \ln^2 \Gamma), \text{ где:} \\ \lim D = 1-140 \text{ дней; } \lim \Gamma = 1-5 \text{ лет.}$$

где: D – число дней от начала вегетации (среднесуточная температура более +5°C);

Γ – год после проведения подготовки почвы.

Общая продолжительность вегетационного периода в южной части Карелии в среднем от 135 до 145 дней. Коэффициенты математических моделей для основных представителей напочвенного покрова представлены в таблице 2.

На площади вырубки после черничного типа леса была проведена частичная обработка почвы. Площадь минерализованных борозд составила 14-15% от всей площади вырубки. Закладка случайным образом 100 учетных площадок 5 раз за сезон вегетации позволила ежегодно исследовать 250 м<sup>2</sup>/га (18%) площади борозд. При этом точность определения среднего числа травянистых растений-пионеров составила от 1,5 до 3%, а средней массы надземной и подземной части 5-8%.

Расстояние от стен леса не значимо при анализе распределения численности растений для пробных площадок. Согласно методике 5 раз в течение сезона закладывалось по 100 площадок площадью 1 м<sup>2</sup>. В момент обработки почвы, весной, растений на площади не было. Только к концу сезона вегетации появились единичные растения, примерно на 14-15 % площадок.

На второй год появляются по 2 растения луговика и вейника на 15-20% площадок, по одному растению у 15-25 % площадок. Число пустых площадок с наличием вейника

уменьшается до 60% и для луговика до 55%. Число пустых площадок с наличием иван-чая уменьшается до 60%, с количеством от 1 до 5 растений насчитывает почти 40% площадок. К четвертому году иван-чай отсутствовал на 20% площадок, вейник – на 25%, и луговик – на 16% (рис. 7).

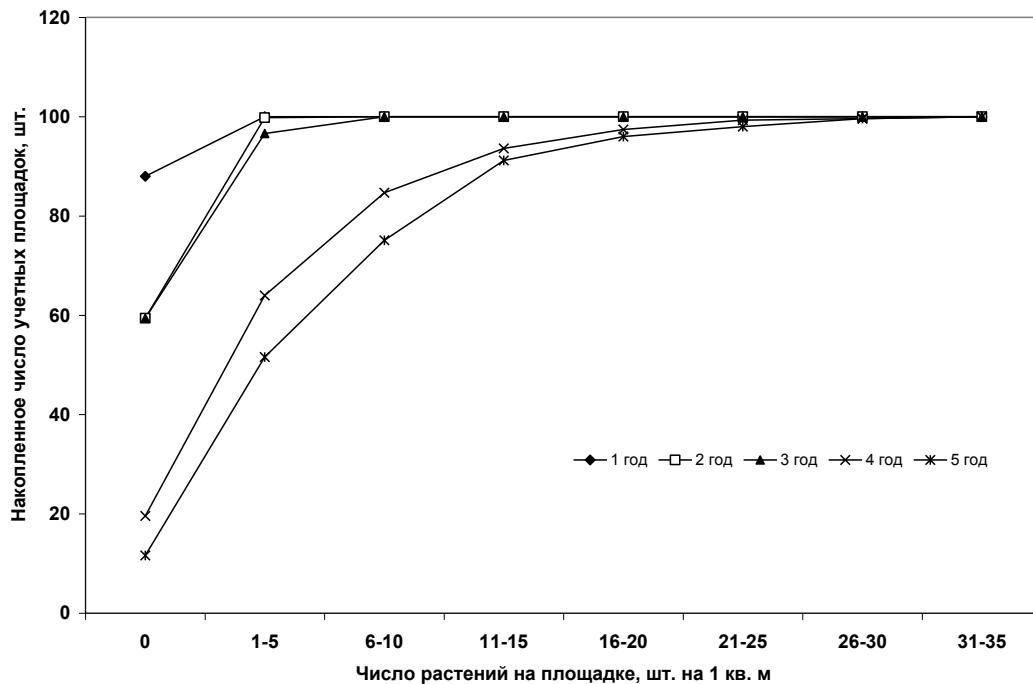


Рисунок 7 – Изменение числа растений иван-чая узколистного на учетной площадке

Таблица 2 – Параметры статистических моделей основных показателей роста и продуктивности основных видов живого напочвенного покрова вырубki

Показатели	Численные коэффициенты при аргументах значимость по t –критерию	R <sup>2</sup>
------------	--	----------------

	$k_0$	$\ln D$	$\ln^2 D$	$\ln \Gamma$	$\ln^2 \Gamma$	
<b>ВЕЙНИК ЛЕСНОЙ</b> ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> , L. Roth)						
ППП	$\bar{=}$ <u>0,997670</u>	— - — -	<u>0,028915</u>	<u>4,497223</u>	<u>-1,310270</u>	0,995
	8,6		6,4	30,2	14,9	
$H_{cp}$	<u>-1,864490</u>	<u>1,079509</u>	$\bar{=}$ <u>0,077400</u>	<u>2,815882</u>	<u>-0,871380</u>	0,995
	3,9	4,3	2,5	34,5	19,5	
$M_H$	<u>-5,00793</u>	— - — -	<u>0,05767</u>	<u>9,65997</u>	<u>-3,00852</u>	0,991
	16,2		4,8	24,8	13,3	
$M_{II}$	<u>-5,34258</u>	— - — -	<u>0,07738</u>	<u>8,42286</u>	<u>-2,16028</u>	0,973
	9,9		3,7	12,4	5,5	
$M_{общ}$	<u>-4,45406</u>	— - — -	<u>0,0687</u>	<u>8,96553</u>	<u>-2,54942</u>	0,984
	10,9		4,3	17,6	8,6	
<b>ЛУГОВИК ИЗВИЛИСТЫЙ</b> ( <i>Deschampsia flexuosa</i> L., Beauv.)						
ППП	<u>-3,578020</u>	— - — -	<u>0,023780</u>	<u>9,532072</u>	<u>-3,50406</u>	0,995
	20,0		2,9	39,6	24,5	
$H_{cp}$	<u>-0,097560</u>	— - — -	<u>0,010264</u>	<u>2,669949</u>	<u>-0,805680</u>	0,994
	0,9		2,5	22,3	11,6	
$M_H$	<u>-6,08613</u>	<u>0,425933</u>	— - — -	<u>9,130242</u>	<u>-2,86672</u>	0,989
	10,8	3,6		21,3	10,9	
$M_{II}$	<u>-6,42547</u>	— - — -	<u>0,066319</u>	<u>11,76701</u>	<u>-3,84664</u>	0,987
	16,9		3,7	20,0	10,6	
$M_{общ}$	<u>-6,26734</u>	<u>0,505126</u>	— - — -	<u>10,49034</u>	<u>-3,30337</u>	0,987
	10,8	3,8		19,4	9,8	
<b>ИВАН-ЧАЙ УЗКОЛИСТНЫЙ</b> ( <i>Chamaenerion angustifolium</i> L. Scop.)						
ППП	$\bar{=}$ <u>12,29560</u>	<u>4,990760</u>	<u>0,402160</u>	<u>1,036956</u>	<u>-0,344460</u>	0,995
	2,9	2,9	2,2	10,9	3,9	
$H_{cp}$	$\bar{=}$ <u>4,013150</u>	<u>2,064475</u>	<u>-0,179430</u>	<u>2,320544</u>	<u>0,507480</u>	0,996
	2,9	2,8	2,2	3,6	3,3	
$M_H$	<u>-7,04427</u>	<u>0,90337</u>	— - — -	<u>5,83517</u>	<u>-0,88929</u>	0,98
	12,2	6,9		10,7	2,6	
$M_{II}$	<u>-5,85451</u>	— - — -	<u>0,09989</u>	<u>4,75599</u>	— - — -	0,98
	16,2		5,8	32,5		
$M_{общ}$	<u>-4,64561</u>	— - — -	<u>0,0968</u>	<u>5,71905</u>	<u>-0,71612</u>	0,99
	14,6		6,5	11,7	2,4	

Распределение численности растений на площадках имеет явно выраженную левостороннюю асимметричность, не подчиняется закону нормального распределения, но приближается к нему с уменьшением числа пустых площадок. В первые годы после обработки почвы для всех представителей напочвенного покрова свойственна асиммет-

ричность распределения, которая только к 5 году для иван-чая приближается к кривой нормального распределения. При этом наблюдается снижение изменчивости. Так, в первый год варьирование составило 250%, а к пятому году уменьшилось до 50-60% .

Указанные изменения позволили сделать следующее заключение. При условии сплошной обработки почвы число растений вейника к 4 году после обработки почвы составило 15600 шт./га, луговика 15500 шт./га и иван-чая - 97900 шт./га. При этом общая масса живого напочвенного покрова составила на 4 год 22,0 ц/га, в том числе 10,5 ц/га надземной и 11,5 – подземной массы. К 5 году общая биомасса составила 48,9 ц/га; в том числе масса наземной части 22,7 ц/га, подземной – 26,7 ц/га. На остальной площади вырубке, где не была проведена обработка почвы, зарастание ее основными видами живого напочвенного покрова шло более интенсивно, к 3 году процент проективного покрытия достиг 80-100%, видовой состав был более разнообразен. При всём этом, на необработанной почве части лесосеки отмечено наличие других представителей напочвенного покрова, таких как полевица, брусника, осока заячья, зеленые и сфагновые мхи.

## 7. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ НА СТАДИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РОСТА (1–6 ЛЕТ)

В главе рассматриваются вопросы формирования лесных культур, в том числе созданных посевом и посадкой семян, а также ПМЗКС по обработанной ПДН-1 и не обработанной почве. Выявлены зависимости и рассчитаны уравнения регрессии при применении разного посадочного материала. В связи с тем, что высота культур (Н) является самым доступным для замеров показателем, рассмотрена возрастная динамика взаимосвязи диаметра (Д), длины главного корня (НКг) и площади поверхности хвои (S) с высотой в первые пять лет роста.

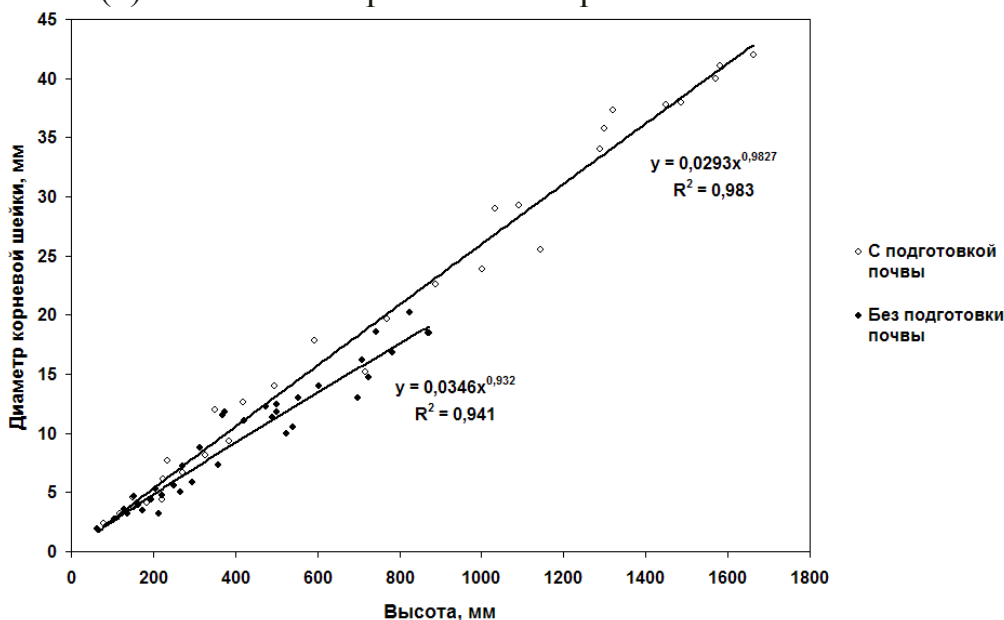


Рисунок 8 Взаимосвязь диаметра культур сосны на уровне корневой шейки с высотой пятилетних культур сосны из ПМЗКС

Учитывая наличие или отсутствие обработки почвы, для диаметров на уровне корневой шейки были получены статистические модели вида (рис. 9):

$$D = \exp(-1,96572 + 0,314905 \ln A + 0,140469 \ln^2 A + 0,647793 \ln H) \quad (7.1.)$$

$$R^2=0,996; t = | 11,2; 4,8; 3,1; 18,6 |$$

lim A=1-5 лет; lim H= 5-200 мм.

$$D = \exp(-8,22504 + 0,26003 \ln^2 A + 0,608843 \ln H)$$

$$R^2=0,987; t = | 8,2; 7,4; 13,0 |$$

с ПОДГОТОВКОЙ ПОЧВЫ;

(7.2)

без ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ.

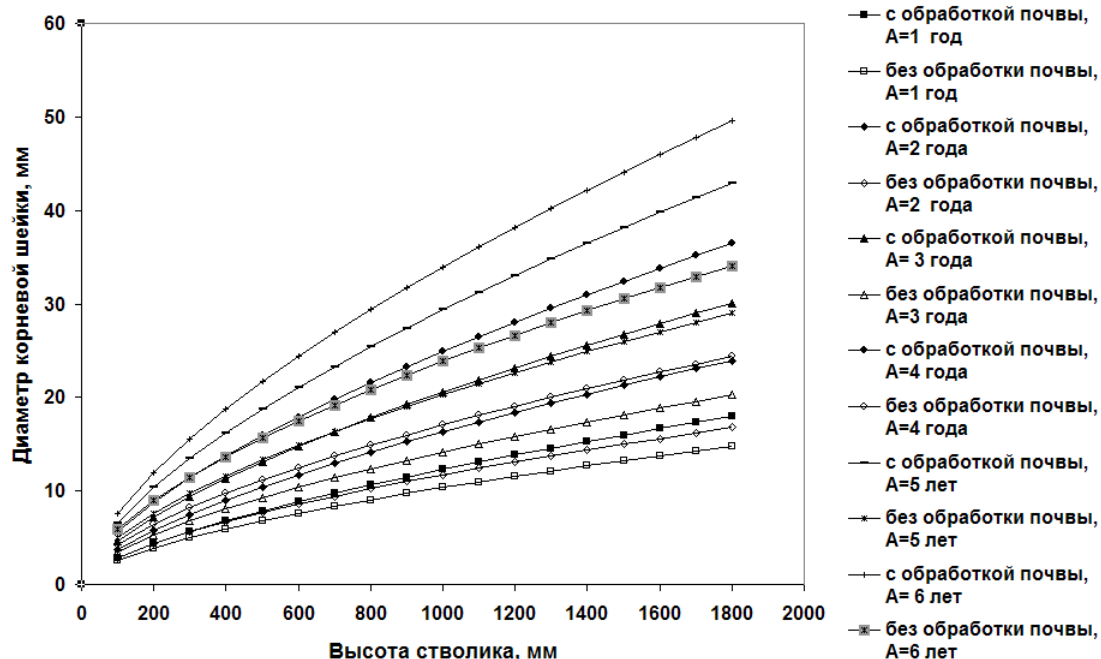


Рисунок 9 – Взаимосвязь диаметра с высотой культур сосны ПМЗКС, высаженных по обработанной ПДН-1 и неподготовленной почве по годам роста

Степень развития ассимиляционного аппарата, выражаемая количеством хвоинок на побегах, тесно взаимосвязана с высотой лесных культур. Так, для подготовленной ПДН-1 почвы и посадки ПМЗКС эта зависимость выражается уравнением вида:

$$N = 0,1754N^{1,5227} \quad R^2=0,921 \quad (7.3)$$

В варианте без подготовки почвы число хвоинок описывается уравнением вида:

$$N = 0,9603N^{1,0849}, \quad R^2=0,949 \quad (7.4)$$

Таким же образом, как при построении модели диаметра на уровне корневой шейки, были получены уравнения регрессии числа хвоинок в связи с возрастом культур при различной высоте растений вида:

$$N = \exp(-0,57994 + 1,452297 \ln A - 0,74965 \ln^2 A + 1,22643 \ln H) \quad (7.5)$$

$$R^2=0,996; \quad t = | 1,4; 9,4; 5,8; 14,7 | \quad \text{с подготовкой почвы,}$$

$$N = \exp(0,766214 + 0,155078 \ln^2 A + 0,90944 \ln H) \quad (7.6)$$

$$R^2=0,957; \quad t = | 1,5; 1,9; 8,9 | \quad \text{без подготовки почвы.}$$

Произведение средней площади поверхности хвои для ПМЗКС на их количество позволило получить площадь поверхности ассимиляционного аппарата и выявить ее взаимосвязь с высотой и возрастом культур.

Уравнение регрессии для площади поверхности хвои культур сосны (S) имеет вид:

$$S = \exp(-2,14097 + 1,925278 \ln A - 1,1529 \ln^2 A + 1,559744 \ln H) \quad (7.7)$$

$$R^2=0,996; \quad t = | 4,3; 10,4; 7,5; 15,7 | \quad \text{по подготовленной почве;}$$

$$S = \exp(-0,58131 + 0,275288 \ln^2 A + 1,14633 \ln H) \quad (7.8)$$

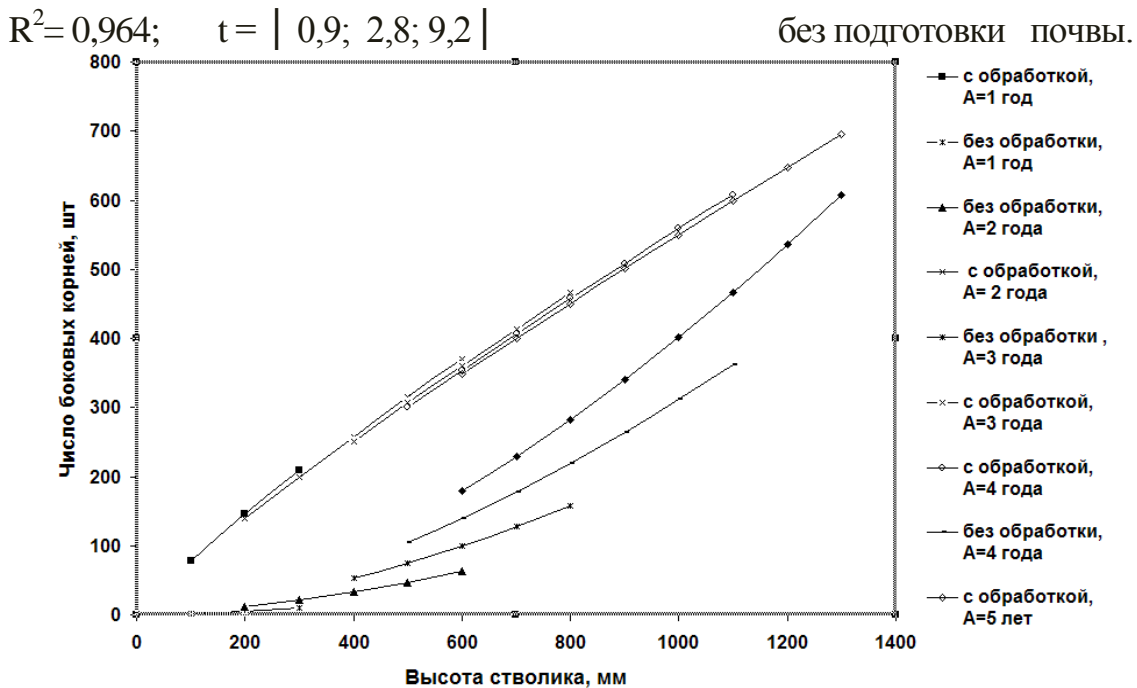


Рисунок 10 – Взаимосвязь числа боковых корней с высотой культур сосны, созданных ПМЗКС по подготовленной и не обработанной почве в течение первых пяти лет роста

Рост надземной и подземной части, безусловно, взаимосвязан, и потому были рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии длины главного корня ( $HK_{\Gamma}$ ) в связи с возрастом культур ( $A$ ) и высотой растения ( $H$ ) (рис. 10):

$$HK_{\Gamma} = \exp(3,635372 + 0,180572 \ln^2 A + 0,289276 \ln H) \quad (7.9)$$

$$R^2 = 0,975; \quad t_p > t_{05} = 2,0; \quad F = 306,06 \quad \text{по подготовленной почве,}$$

$$HK_{\Gamma} = \exp(2,704657 + 0,169786 \ln^2 A + 0,428971 \ln H) \quad (7.10)$$

$$R^2 = 0,951; \quad t_p > t_{05} = 2,0; \quad F = 193,35 \quad \text{без подготовки почвы.}$$

Большое значение имеет процесс формирования боковых корней для ПМЗКС. Неспособность сосны образовывать придаточные корни в области корневой шейки, в отличие от ели, может привести к «вываливанию» лесных культур, если нарушены условия роста корневых систем. Взаимосвязь общей протяженности боковых корней ( $H_{\text{ок}}$ ) с высотой брикетированных семян представлена уравнениями регрессии:

$$H_{\text{ок}} = 209,31 H^{0,5743}, \quad R^2 = 0,961 \quad \text{для подготовленной почвы;}$$

$$H_{\text{ок}} = 68,774 H^{0,8214}, \quad R^2 = 0,949 \quad \text{для неподготовленной почвы}$$

Общее число боковых корней ( $N_6$ ) зависит от возраста культур и высоты сеянца и представлено регрессиями вида (рис. 10):

$$N_6 = \exp(-6,76005 + 1,138649 \ln A + \ln H) \quad (7.11)$$

$$R^2 = 0,998; \quad t_p > t_{05} = 2,0; \quad F = 5215,27 \quad \text{с подготовкой почвы;}$$

$$N_6 = \exp(0,242429 + 0,684831 \ln A - 0,75323 \ln^2 A + 0,894308 \ln H) \quad (7.12)$$

$$R^2 = 0,944; \quad t_p > t_{05} = 2,0; \quad F = 79,00 \quad \text{без подготовки почвы.}$$

Выявленные пространственно-временные соотношения в процессе роста молодых культур сосны позволили дать количественную оценку изменений наземной и подземной частей растений, высаженных с закрытой корневой системой.

На основании проделанной работы были получены теоретические модели формирования наземной части и роста корневых систем на стадии индивидуального роста культур. Очевидным при этом является вывод о необходимости предпосадочной подготовки почвы для условий относительно богатых типов вырубок.

## **8. ВЛИЯНИЕ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВЫРУБОК НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ**

Степень влияния живого напочвенного покрова (ЖНП) на вырубках на рост и развитие культур сосны в первые годы проявляется как в снижении годичного прироста морфометрических показателей деревьев при конкуренции за свет и питание, так и в увеличении отпада при навале травы на сеянцы после схода снега, что вызывает неинфекционное выпревание культур, и механическом повреждении осевого побега последнего года или стволика растения. После создания культур посевом проводился учет количества сеянцев сосны обыкновенной по посевным местам. Учет первого года показал разные показатели всхожести по учетным площадкам, от 80 до 10 %. Для большей достоверности полученных результатов сохранность сеянцев была определена отдельно по разным классам сохранности на первый год учета: 70–65 %, 64–55 %, 54–35 %, 34–25 %, 24–10 %. Для разных классов приживаемости первого года прослеживаются различные темпы её снижения с возрастом. Так, сохранность первого класса с 70–65 % в первый год уменьшилась до 30 % к четвертому году и до 20 % на шестой год. Для класса сохранности 64–55% к шестому году сохранилось только 24 % сеянцев. Таким образом, для посевных мест с большим количеством всходов в первые годы жизни их количество уменьшалось вследствие конкуренции и составляло не более 5–7 шт. на шестой год. Для этих классов сохранности практически не наблюдалось полной гибели посевов сосны в одном посевном месте. Для классов с низким процентом сохранности на первый год число растений к шестому году составило не более 1–2 в одном посевном месте (12–8% сохранности).

Учитывая высокую всхожесть прошедших снегование семян можно рекомендовать снижение нормы посева в одно посевное место, что позволит избежать непроизводительного расхода семян. При большом числе растений в одном посевном месте необходимо проведение лесоводственного ухода в возрасте 5–6 лет, что вместе с необходимостью проведения агротехнических уходов увеличивает затраты на выращивание культур посевом (рис. 12). Посадка культур имеет перед посевом ряд преимуществ. Это их более высокая конкурентоспособность в отношении живого напочвенного покрова, при посадке осуществляется экономия семян, здесь легче проводить уходы, такие культуры меньше страдают от выжимания.

Стандартный посадочный материал (сеянцы с открытой корневой системой, ОКС) в среднетаежной подзоне республики применяется сегодня на 70% площади вырубки. Его высота определена ГОСТом. Посадочный материал в питомниках не всегда получается стандартных размеров, и в хозяйствах часто высаживаются растения, не достигшие их. Применение его при соблюдении правил транспортировки и посадки в южной Карелии дает хорошие результаты приживаемости культур. На опытных площадях она была не меньше приживаемости культур из брикетированных сеянцев. В конце первого года роста таких культур при средней высоте 13,6 см максимальная - 22,9 см.

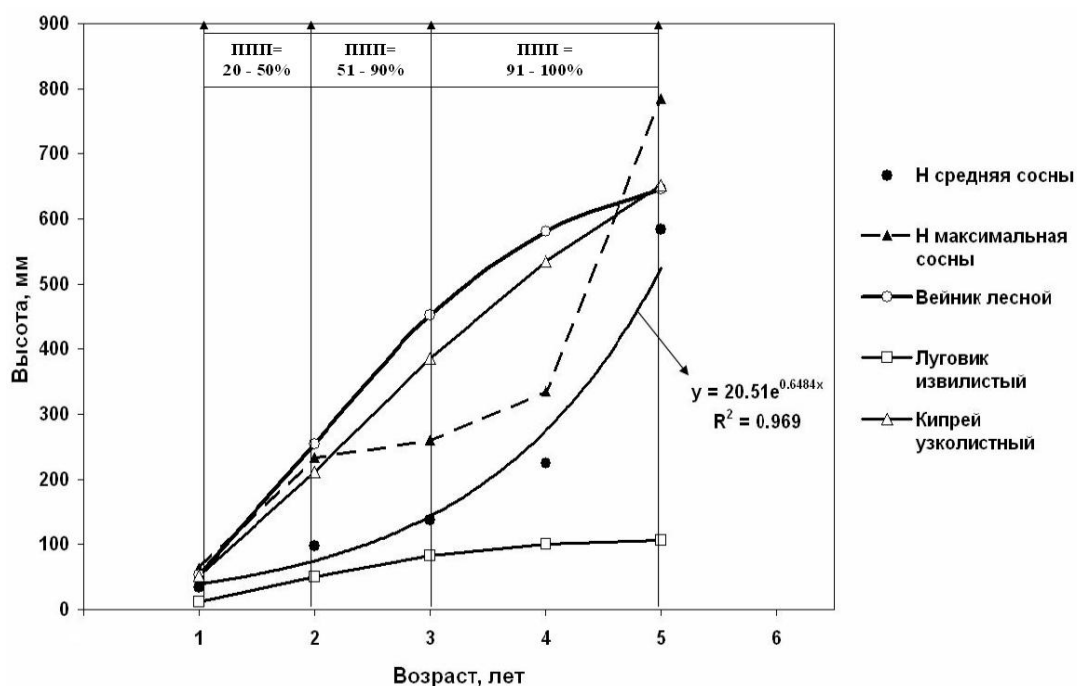


Рисунок 11 – Изменение высоты культур сосны, созданных посевом, представителей живого напочвенного покрова, процента проективного покрытия по годам на конец периода вегетации растений

Сравнивая рост культур сосны с ростом травянистых растений, видим, что максимальные по высоте культуры сосны начинают достигать средней высоты иван-чая и вейника к третьему году, а средние по размерам культуры – только к пятому. При проективном покрытии площади травянистыми растениями от 50 до 90% лидирующие в росте сосны в течение 5 лет выходят из-под полога травянистого покрова.

В настоящее время в лесхозах зачастую применяют семена ПМЗКС без соответствующей обработки почвы и по таким типам условий, что может привести к существенному снижению прироста по высоте.

При их использовании по обработанной ПДН-1 почве вырубке приживаемость составила 98%. При сопоставлении средних высот сосны и живого напочвенного покрова выяснилось, что культуры сосны не испытывают существенного угнетения от травянистой растительности (рис. 12).

В культурах сосны обработка почвы имеет решающее значение для устранения конкуренции с основными видами травянистой растительности вырубок. При их создании без подготовки почвы (приживаемость 68%) оказалось, что средняя высота культур только на пятый год стала равна высоте основных представителей напочвенного покрова (рис. 13).

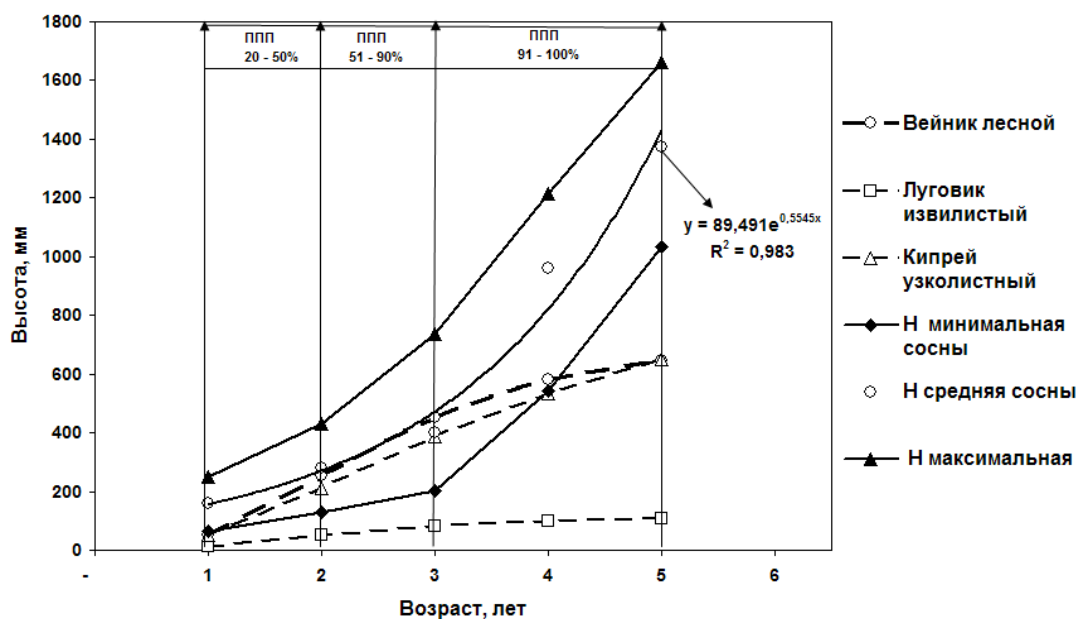


Рисунок 12 – Изменение максимальной, минимальной и средней высот лесных культур сосны, созданных ПМЗКС по обработанной ПДН-1 почве

Наибольшую опасность при естественном формировании культур ели на вырубках представляет самосев и порослевое возобновление лиственных пород и, прежде всего, березы и осины. О степени доминирования этих пород над культурами ели в вертикальной структуре полога можно судить по моделям соотношения их средних высот. В течение первых лет рост культур, созданных посадкой брикетированных семян по подготовленной площади, имел преимущество по основным показателям относительно семян, высаженных без обработки почвы. С годами преимущество несколько нивелировалось, но до 6 лет оставалось статистически достоверным.

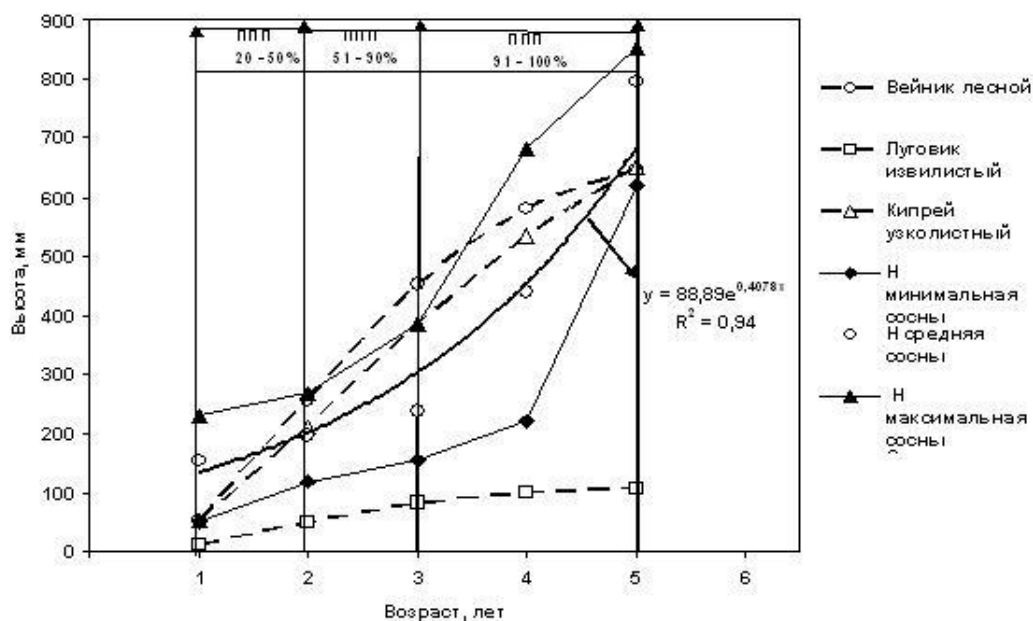
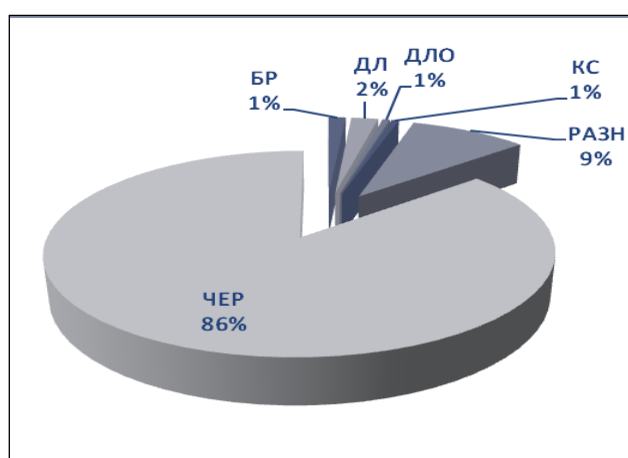


Рисунок 13 – Изменение высоты культур сосны, созданной ПМЗКС без обработки почвы, представителей напочвенного покрова, процента проективного покрытия по годам на конец периода вегетации растений

## 9. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

По данным лесоинвентаризации 622 выделов и данных 883 (522 для ели и 361 для сосны) пробных площадей на участках лесных культур сосны и ели разных лесхозов южной части республики Карелия были проанализированы взаимосвязи таксационных показателей с возрастом и морфометрическими показателями древостоев. Распределение числа объектов культур ели по типам леса представлено на рисунке 14.

Аббревиатура и расшифровка типов леса указывает на небольшое разнообразие экологических условий для участков лесничеств, где были исследованы культуры ели: при разработке лесотипологической шкалы независимые переменные, выраженные качественными показателями – типами леса, были выражены блоковыми фиктивными переменными путем построения смещенной диагональной матрицы в виде таблицы 3.



БР – ельник брусничный;  
 ДЛ – ельник долгомошный;  
 ДЛО – ельник долгомошно-осоковый;  
 КС – ельник кисличный;  
 РАЗН – ельник разнотравный ;  
 ЧЕР – ельник черничный.

Рисунок 14 – Распределение числа выделов культур ели по типам леса

Таблица 3 – Матрица бинарных переменных, характеризующих типы лесорастительных условий культур ели

ТЛУ	Блоковые фиктивные переменные				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
БР	0	0	0	0	0
ДЛ	1	0	0	0	0
ДЛО	0	1	0	0	0
КС	0	0	1	0	0
РАЗН	0	0	0	1	0
ЧЕР	0	0	0	0	1

Сочетание указанных в матрице значений переменных (X<sub>1</sub>–X<sub>6</sub>) с данными возраста (А) елового элемента леса и полноты (П) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних высот (H<sub>ср</sub>) вида:

$$H_{cp} = \exp(-2,06784 - 0,26345 X_1 - 0,00192 X_2 + 0,42168 X_3 - 0,34424 X_4 - 0,03888 X_5 + 1,08263 \ln A + 0,224658 \ln \Pi) \quad (9.1)$$

$$R^2 = 0,855; m_R = \pm 0,18; t = -18,7; -2,8; 0,0; 2,8; -4,5; 0,5; 46,0; 6,9;$$

$$F = 375,5 \text{ при } P < 0,05.$$

Достаточно высокий коэффициент детерминации ( $R^2=0,855$ ), статистически значимое различие средней высоты по типам леса от константы начального роста ( $-2,06784$ ), соответствующей типу леса БР ( $t > t_{05} = 2,0$ ) (за исключением типов леса ДЛО ( $X_2$ ) и ЧЕР ( $X_5$ ), близких к типу леса БР) позволили по модели (9.1) построить четко дифференцированные линии регрессии, представленные на рисунке 15. Достаточно высоко значимо влияние на высоту полноты насаждения и его возраста. Синхронность кривых хода роста по типам леса соответствует кривым средних высот в диапазоне второго и пятого классов бонитета до 60-летнего возраста по таблицам хода роста Казиминова Н. И (1995). Для травянистых типов леса целесообразно создавать лесные культуры с интенсивной формой ведения хозяйства со своевременным формированием состава, оптимальным режимом разреживаний, с соблюдением повторяемости и интенсивности рубки. Для долгомошного и брусничного типов леса следует отказаться от создания культур ели. Вероятно, в долгомошном следует отдать предпочтение культурам сосны либо ограничиться мероприятиями по сохранению подроста и содействию естественного возобновления (СЕВ), в брусничном типе леса – мероприятиями СЕВ сосне либо созданием культур этой породы.

Таким же образом с учетом указанных в матрице (табл. 3) значений переменных ( $X_1$ - $X_6$ ) с данными возраста ( $A$ ) елового элемента леса для средних диаметров культур ели и для среднего запаса были получены уравнения регрессии полиномиально-логарифмического типа. Кроме того, было проведено сопоставление средних высот примеси лиственных пород естественного происхождения в связи со средней высотой культур ели в различном возрасте древостоя. Для возраста 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 лет были рассчитаны высоты примеси лиственных пород. Начиная с возраста 10-15 лет средняя высота ели в 2 раза меньше средних высот лиственных пород, в связи с этим, начиная с 10-летнего возраста по черничным и разнотравным типам леса, необходимо проведение интенсивных уходов за составом молодняков. Распределение участков исследованных лесных культур сосны по типам леса показало (рис. 16), что они занимают более широкий спектр экологических условий культур относительно тех, что занимают культуры ели. При разработке лесотипологической шкалы культур сосны независимые переменные, выраженные качественными показателями – типами леса, были также выражены 7 блоковыми фиктивными переменными путем построения смещенной диагональной матрицы. Таким же образом сочетание указанных в матрице значений переменных ( $X_1$ - $X_7$ ) с данными возраста ( $A$ ) соснового элемента леса и полноты ( $\Pi$ ) позволило сформировать комплекс независимых переменных и получить множественную регрессию возрастной динамики средних высот ( $H_{cp}$ ), средних диаметров ( $D_{cp}$ ), запаса ( $M$ ), а также зависимости запаса от среднего диаметра и средней высоты. Максимальное число выделов характеризовалось черничным типом леса, несколько менее – вересковым, травяно-сфагновым и сфагновым. Расчет величины текущего годичного прироста по высоте показал, что максимальные их значения наблюдаются для республики Карелия в возрасте 20–30 лет для всех типов леса.

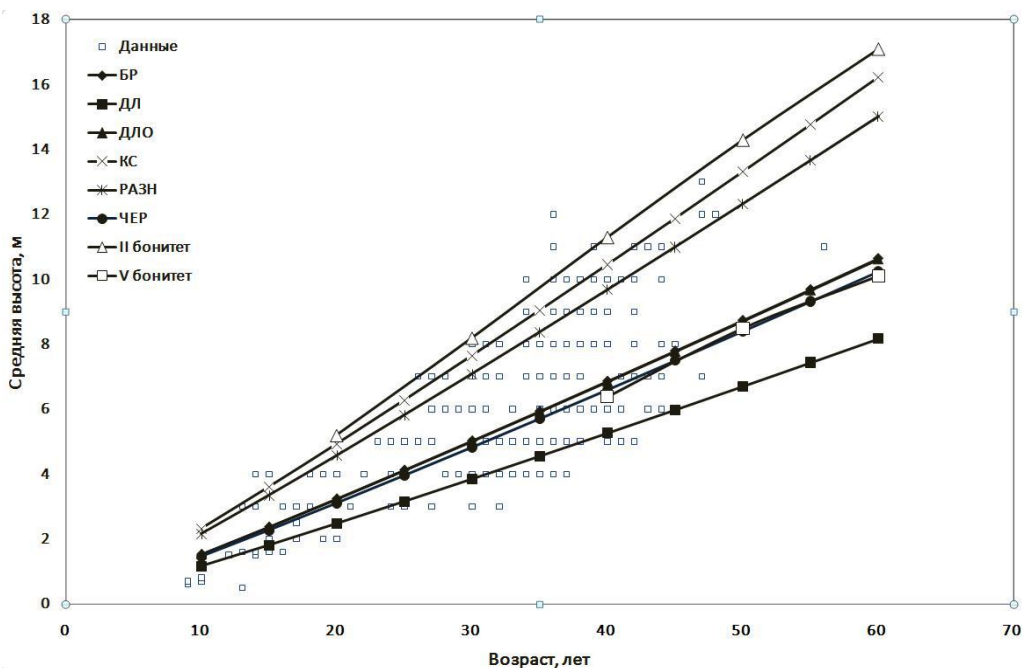
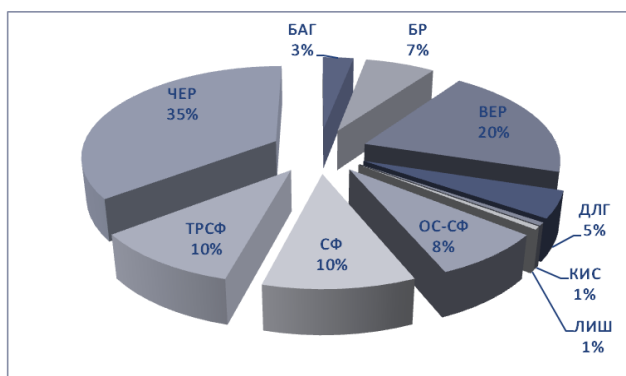


Рисунок 15 – Ход роста елового элемента леса по высоте в разрезе типов леса искусственных насаждений республики Карелия



БАГ – сосняк багульниковый;  
 БР – сосняк брусничный;  
 ВЕР – сосняк вересковый;  
 ДЛГ – сосняк долгомошный;  
 ОС-СФ – сосняк осоково-сфагновый;  
 СФ – сосняк сфагновый;  
 ТР-СФ – сосняк травяно-сфагновый;  
 ЧЕР – сосняк черничный.

Рисунок 16 – Распределение числа выделов культур сосны по типам леса

Запасы выше, чем характерные для I класса бонитета для естественных насаждений имели культуры, созданные по черничному и травяно-сфагновому типу леса, несколько ниже – культуры по вересковому, брусничному и долгомошному (рис. 9.17). К третьему классу бонитета отнесены культуры по багульниковому, сфагновому и осоково-сфагновому типу леса. Все исследованные искусственные насаждения имели запасы выше V класса бонитета, что доказывает лучший рост культур относительно естественно сформировавшихся насаждений. Интенсивное ведение хозяйства следует вести преимущественно по черничным и травяным типам, а также по брусничным и вересковым.

Производными от возрастной динамики запаса наличного древостоя являются среднее и текущее изменение запаса. Изменение величины среднего запаса в разных типах леса увеличивается до возраста 30–40 лет, после этого увеличение среднего запаса происходит незначительно. Текущее изменение запаса сосны в возрасте от 5 до 20 лет имеет тенденцию к увеличению для всех классов бонитета; после 20 лет величина текущего прироста начинает уменьшаться. Рассматривая изменение с возрастом этих показателей, был рассчитан возраст количественной спелости для искус-

ственных сосновых древостоев разных типов леса. Он оказался равен 65 годам для культур сосны среднетаежной подзоны республики Карелия. Таким образом, возраст количественной спелости, с нашей точки зрения, не зависит от типа леса, а детерминирован наследственно, и для условий Карелии в культурах сосны он равен 65 годам.

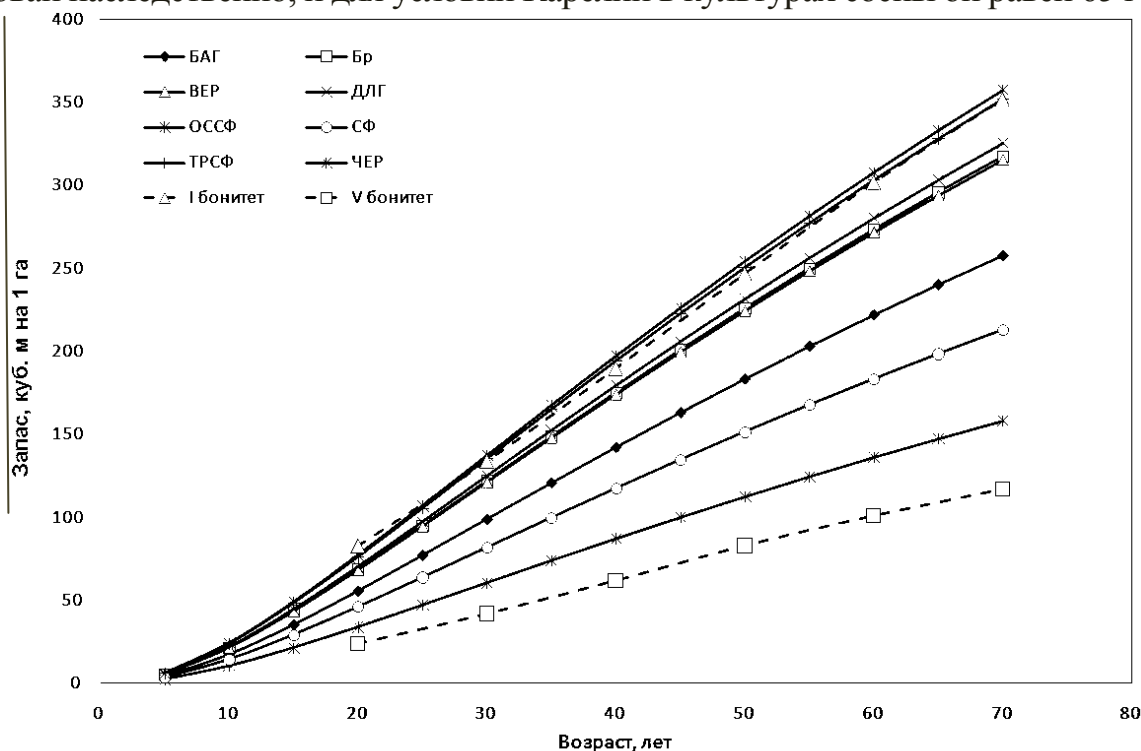


Рисунок 16 – Средние запасы культур сосны разных типов леса южной Карелии

На основании проведенных исследований по пробным площадям получили статистическую модель изменения запаса культур сосны ( $M$ ) с фактической средней высотой ( $H_{cp}$ ), характеризующейся типом леса, полнотой ( $\Pi$ ) и долей участия сосны в составе ( $KC$ ).

Зная, что величина среднего запаса насаждения зависит от средних высоты и диаметра, величина которого зависит от полноты насаждения, был рассчитан средний запас древостоя в связи с этими показателями. В результате получено уравнение регрессии 9.2.

$$M = \exp(-8,85319 + 1,66541 \ln D_{cp} + 0,04484 \ln^2 D_{cp} + 0,57597 \ln H_{cp} + 0,05619 \ln^2 H_{cp})$$

$$R^2 = 0,999; m_R = \pm 0,007; t = -0,4; 0,6; 0,1; 0,0; -1,1; -0,5; 1,0; -0,1; 0,7; 0,7;$$

$$F = 3061328 \text{ при } P < 0,05. \quad (9.2)$$

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Интенсивное лесопользование в последние 50–60 лет оказало существенное влияние на структуру лесного фонда республики, особенно на увеличение доли лиственных молодняков в результате естественного возобновления вырубленных площадей.

2. Укрупнение предприятий, проведенное в 2008 году, сделанное на основе территориальной близости без должного экономического обоснования и учета структуры

лесного фонда, хозяйственной активности, скорее всего негативно скажется на лесокультурной деятельности в перспективе.

3. Предложенные классификации лесохозяйственных предприятий позволяют проводить работы по лесовосстановлению более дифференцированно, с учетом особенностей площади и проводить кооперированную закупку арендаторами новой техники для подготовки почвы. При закупке посадочного материала, техники и оборудования для весенних и осенних лесокультурных посевных и посадочных работ следует учитывать предложенную классификацию предприятий по типам условий и интенсивности лесокультурной деятельности.

4. Создание лесных культур хвойных пород на вырубках является важным звеном в воспроизводстве лесных ресурсов. Успешное решение задач, связанных с целенаправленным выращиванием искусственных насаждений с заданными лесоводственно-эксплуатационными параметрами требует выявления ряда закономерностей их формирования.

5. Биометрические показатели роста сеянцев хвойных пород (число хвоинок, длина главного корня, число боковых корней, масса всех частей растения) имеют обратную зависимость от суммы накопленных температур более  $+5^0$  на день посева и прямую – от дня начала роста побега с достоверностью аппроксимации 96-98%.

6. Основные показатели формирования сеянцев ели, сосны и лиственницы при ранних сроках посева (7 мая) снегованных семян достигают более высоких значений, в том числе по общей биомассе в теплице на 26-28%, в открытом грунте на 45-49% относительно более поздних (21 мая). Посев семян хвойных пород на питомниках южной части Карелии следует проводить с учетом сумм накопленных температур.

7. На вейниково-луговиковых рубках после сосняков черничных в южной Карелии наибольшее проективное покрытие в первые 3 года вегетации занимает иванчай узколистый ( $13 \pm 0,43 - 27 \pm 0,41$  %). Высокая доля участия вида в общем проективном покрытии выявлена в первые 2 года роста (90, 50 %), в общей массе видов – в 1-й год (56 %). В 4-й и 5-й год существенно разрастается вейник лесной, проективное покрытие которого составляет наибольший процент ( $30 \pm 0,58$ ;  $35 \pm 0,61$ ).

8. Установлено и описано уравнениями регрессии, что проективное покрытие, высота вегетативных побегов, масса растений увеличиваются в течение периода вегетации в зависимости от года роста.

9. Высокая приживаемость, сохранность растений в культурах сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой, в течение первых 5-и лет вегетации и успешный рост по высоте, хорошо развитый ассимиляционный аппарат и корневая система приводят к интенсивному накоплению массы надземной и подземной частей.

10. Выявлены и описаны уравнениями регрессии зависимости показателей динамики роста культур сосны, созданных из сеянцев с закрытой корневой системой, от высоты и года вегетации после посадки. В первые 2 года преобладает рост культур по высоте. В последующие 3 периода вегетации значительно увеличивается диаметр корневой шейки, площадь и число хвои на побегах, длина главного корня и число боковых корней. В результате образуется прямая зависимость, чем выше культуры, тем больше данные показатели их роста.

11. Анализ конкурентных отношений культур сосны и основных видов живого напочвенного покрова показал, что иванчай узколистый в большей степени оказы-

вает влияние на надземные органы культур. Вейник лесной и луговик извилистый отличаются от иван-чая узколистного и культур сосны большой массой подземных органов, которые при разрастании образуют задернение и заглушают культуры.

12. Повышенная себестоимость выращивания лесных культур посевом за счет затрат на приобретение семенного материала и необходимости проведения агротехнических уходов не обеспечивает эффективного лесовосстановления на свежих вырубках с относительно плодородными почвами.

13. Посадочный материал с закрытой корневой системой (ПМЗКС) с первого года после посадки превышает по высоте представителей живого напочвенного покрова и имеет приживаемость 95–100%, что позволяет при его использовании уменьшить густоту культур, отказаться от агротехнических уходов и делать перевод в покрытую лесом площадь в возрасте 5 лет. При этом возможно пересмотреть возраст перевода площадей культур из ПМЗКС в покрытые лесом площади и нормативы для определения их класса качества.

14. Рост культур сосны из семян с открытой корневой системой по обработанной почве не имеет существенных различий от роста семян из ПМЗКС. Соблюдение требований к транспортировке и посадке посадочного материала обеспечивает сохранность культур по подготовленным супесчаным почвам до 92–97%.

15. В стадии молодняка лесные культуры ели ощущают жесткую конкуренцию со стороны естественного возобновления, преимущественно лиственных пород. При отсутствии прочисток и прореживаний превышение по средней высоте березы и осины над елью достигает 3–4 м, что недопустимо при искусственном лесовыращивании.

16. Естественное возобновление березы и осины превышает по высоте культуры сосны до достижения ими 12-м высоты по черничному и 8 м - по брусничному типу леса. После этого высота культуры сосны преобладают над естественным возобновлением березы и осины.

17. Запас культур сосны (ели) по ствольной древесине взаимосвязан с возрастом, средней высотой, средним диаметром и долей участия в составе и описывается множественной регрессией полиномиально-логарифмического типа с коэффициентами детерминации  $R^2 = 98\%$ .

18. Средний диаметр культур сосны (ели) взаимосвязан с возрастом насаждения и полнотой культур и описывается множественной регрессией полиномиально-логарифмического типа с коэффициентами детерминации  $R^2 = 98\%$ .

19. При создании культур ели следует проводить посадки преимущественно по травянистым типам леса. Здесь можно вести интенсивное хозяйство со своевременным формированием состава, оптимальным режимом разреживаний, с соблюдением повторяемости и интенсивности рубки. Интенсивные уходы за составом в этих типах условий следует начинать проводить не позднее 10-летнего возраста. Для долгомошного и брусничного типов леса следует отказаться от создания культур ели, отдавая предпочтение сосне.

20. Интенсивное ведение хозяйства по сосне следует вести преимущественно по черничным и травяным типам, а также по брусничным и вересковым. Обоснован возраст первого ухода за составом – не позднее 5–8 лет, второго – не позднее 20 лет.

21. Возраст количественной спелости для искусственных сосновых древостоев разных типов леса для исследуемых возрастов (5–70 лет) равен 65 годам (для средне-

таежной подзоны республики Карелия). Возраст количественной спелости не зависит от типа леса, а детерминирован наследственно, и для условий Карелии в культурах сосны он равен 65 годам.

22. Статистическое моделирование с применением блоковых фиктивных переменных позволяет провести переход от бонитетной шкалы к лесотипологической. Проведена работа по созданию нормативов на экологической (почвенно-типологической) основе для искусственных насаждений сосны и ели для республики Карелия.

#### **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ МОНОГРАФИИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ**

1. Хлюстов В. К., **Гаврилова О. И.**, Морозова И. В. Лесные культуры Карелии. Этапы раннего возраста. – Москва, Изд-во ФГОУ ВПО РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – 223 с.

2. **Гаврилова О. И.**, Савин И. К. Проблемы и перспективы использования древесной биомассы и лесовосстановления в Карелии. – Петрозаводск: Изд. ПетрГУ. – 2001. – 85 с.

3. **Гаврилова О. И.**, Соколов А. И. Лесная рекультивация нарушенных земель на Севере. – Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 2001. – 60 с.

#### **4. ПУБЛИКАЦИИ В ИЗДАНИЯХ ПО ПЕРЕЧНЮ ВАК**

5. Савин И. К., **Гаврилова О. И.** Анализ информации о модельных лесах // Лесной журнал. – 2001. – №4. – С. 12–17.

6. **Гаврилова О. И.**, Савин И. К. Анализ структуры лесфонда Республики Карелия во второй половине XX века // Лесной журнал. – 2002. – №2. – С. 17–22.

7. **Гаврилова О. И.**, Кищенко И. Т. Влияние минеральных удобрений на рост культур *Pinus silvestris* на песчаных почвах южной Карелии // Лесной журнал. – 2004. – №6. – С. 12–19.

8. **Гаврилова О. И.**, Хлюстов В. К. Классификация лесных питомников Карелии по выращиванию посадочного материала хвойных пород // Ученые записки ПетрГУ. Естественные и технические науки. – 2008. – №1. С. 95–100.

9. **Гаврилова О. И.**, Хлюстов В. К., Морозова И. В. Модели временной динамики роста и продуктивности *Chamaenerion angustifolium* на минерализованной почве вырубок Карелии // Ученые записки ПетрГУ. Естественные и технические науки. – 2008. – №1. С. 107–110.

10. **Гаврилова О. И.**, Тришкин М. Н., Соколов А. И., Цыпук А. М., Юрьева А. Л. Опыт реконструкции лиственных малоценных молодняков без обработки почвы в условиях южной Карелии // Ученые записки ПетрГУ. Естественные и технические науки. – 2008. – №2. – С. 75–78.

11. Хлюстов В. К., **Гаврилова О. И.**, Морозова И. В. Закономерности формирования вейника лесного на сплошных вырубках в сосняках черничных южной Карелии // Лесной журнал. – 2009. – №1. – С.33–39.

12. **Гаврилова О. И.**, Хлюстов В. К. Рост культур ели европейской в южной Карелии // Ученые записки ПетрГУ. Естественные и технические науки. – 2009. – №7. – С. 47–50.

13. Хлюстов В. К., Гаврилова О. И. Морозова И. В. Рост культур сосны в конкурентных отношениях с живым напочвенным покровом вырубок // Известия ТСХА. Вып.2. – 2010. – С. 27–34.
14. Морозова И. В., Гаврилова О. И. Закономерности роста лесных культур сосны на начальных стадиях роста (1-5 год) на вырубках южной Карелии // Ученые записки ПетрГУ. Естественные и технические науки. – 2011. – №.2 (115) – С. 75-78.
15. Гаврилова О. И., Леонтьева Э.А. О соотношении средних высот культур сосны и примеси березы на вырубках Карелии// Ученые записки ПетрГУ. Естественные и технические науки. – 2011. – №.4 (117) – С. 64-67.

#### 16. ПУБЛИКАЦИИ В ДРУГИХ ИЗДАНИЯХ

17. Гаврилова О. И. Биоэкологические основы выращивания сеянцев ели, лиственницы и кедра в условиях Петрозаводского лесопитомника// Тез. докл. XV науч.- техн. конф., БИИ,- Братск, 1994. С.170.
18. Гаврилова О. И., Редько Г. И. Биоэкологические основы выращивания сеянцев ели, кедра и лиственницы в условиях Петрозаводского питомника / Лесное хозяйство и многообразие природы, Изд. университета Йёнсуу, №17, 1994. С 17-19.
19. Гаврилова О. И. Редько Г.И.Биоэкологические основы выращивания сеянцев лиственницы и кедра в условиях Петрозаводского питомника/Тез.к докл. на Всероссийской научно-практической конференции” Интенсификация выращивания посадочного материала, Йошкар-Ола, 1996 г.
20. Гаврилова О. И. Особенности выращивания сеянцев лиственницы и сосны сибирской кедровой в условиях юга Карелии/ Тез. к докл. Международного совещания “Проблемы озеленения северных городов “. Петрозаводск, 30 июня- 5 июля 1997 г, С 35.
21. Гаврилова О. И., Редько Г. И. Биология роста лиственницы в условиях южной Карелии/Сб. ЛТА,1999 г
22. Гаврилова О. И., Редько Г. И. Биология роста сосны сибирской кедровой/ Сб. ЛТА, 1999 г
23. Гаврилова О. И., Редько Г. И. Биоэкологические основы выращивания сеянцев ели в условиях южной Карелии/ Труды лесоинженерного факультета. Вып.2 Изд. ПетрГУ. Петрозаводск, 1999. С. 19-23.
24. Гаврилова О. И., Юрьева А. Л., Ритмы роста и развития лесных культур сосны в условиях юга Карелии//Интеграция фундаментальной науки и высшего лесотехнического образования по проблемам ускоренного воспроизводства, использования и модификации древесины/Мат. Межд. Научно-практической конференции, Воронеж,13-16 июня 2000 года, С. 64-65
25. Гаврилова О. И. Перспективы искусственного восстановления хвойных лесов в Республике Карелия//Совершенствование техники, технологии и организации промышленных производств. Научно-практическая конф., посв. юбилею ПетрГУ. Петрозаводск, 2000 С. 15-16.
26. Гаврилова О. И., Юрьева А. Л., Искусственное лесовосстановление в Карелии: опыт и перспективы/ Межд. конф. "Биоразнообразие европейского Севера. Теоретические основы изучения, социально-правовые аспекты использования и охраны," Петрозаводск, 2001. С 41.

27. **Гаврилова О. И.** Рост культур ели в условиях свежих боров/ Межд. Конф., посв. 50-летию лесоинженерного факультета «Новые технологии и устойчивое управление в лесах северной Европы» 01-04 октября, Изд. ПетрГУ. Петрозаводск, 2001.
28. **Гаврилова О. И.** Рост лесных культур в брусничных типах леса, /"Экологические основы рационального лесопользования в Среднем Поволжье"/Йошкар Ола, 2001. С. 24-26.
29. **Gavrilova O., Yureva A.** Prospects for artificial regeneration in Karelia //Social sustainability of forestry in northern Europe: research and education. – 2001. – P.17–24.
30. Редько Г. И., **Гаврилова О. И.** Ритмы роста и питания семян лиственницы сибирской в условиях южной Карелии //Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Межвузовский сборник научных трудов. –2001. С. 71–80.
31. **Гаврилова О. И., Юрьева А. Л.** Биоэкологические основы выращивания лесов: влияние вида посадочного материала и подготовки почвы на рост лесных культур сосны//Материалы международной научно-практической конференции "Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты. Петрозаводск, 23-25 ноября 2004 г. Петрозаводск, 2004. – С. 319–322.
32. **Гаврилова О.И., Хлюстов В. К.** Динамика формирования корневых систем культур сосны в период ранней диагностики // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. Материалы Всероссийской Конференции, Иркутск, 2005. – С.120-123.
33. **Гаврилова О. И., Хлюстов В. К., Морозова И. В.** Закономерности формирования луговика извилистого на сплошных вырубках в сосняках черничных южной Карелии // Известия лесоинженерного факультета. Сб. науч. трудов. Петрозаводск, 2006. С. 22–27.
34. **Гаврилова О. И., Юрьева А. Л.,** Рост лесных культур в условиях юга Карелии// Труды лесоинженерного факультета. 2006. – вып.5. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. – С. 23–30
35. Горбунова В. Н., **Гаврилова О. И.** Организация лесных питомников и выращивание посадочного материала в Республике Карелия// Известия лесоинженерного факультета: Сб. науч. трудов, 2006. С. 28–32: илю.3 – Рус. Деп. в ВИНТИ 21.07.06, № 984 – В 2006.
36. Хлюстов В. К., **Гаврилова О. И., Морозова И. В.** Модели роста и развития вейника лесного в напочвенном покрове при минерализации почвы на вырубке в сосняке черничном// Доклады ТСХА. – 2006. – Вып. 278. – С. 11–49.