

На правах рукописи



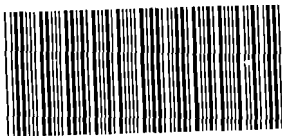
Фетисова Анна Александровна

**МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ УСПЕШНОСТИ
ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ *Pinus silvestris* L. В УСЛОВИЯХ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



005541552

28 НОЯ 2013

Санкт-Петербург – 2013

На правах рукописи



Фетисова Анна Александровна

**МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ УСПЕШНОСТИ
ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ *Pinus silvestris* L. В УСЛОВИЯХ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург – 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова».

Научный
руководитель

Грязькин Анатолий Васильевич,
доктор биологических наук, профессор

Официальные
оппоненты:

Скупченко Владимир Борисович, доктор биологических наук, профессор, ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», профессор кафедры общей экологии, анатомии и физиологии растений

Иванов Александр Михайлович,
Кандидат сельскохозяйственных наук, «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», начальник научно-исследовательского отдела использования лесов

Ведущая организация: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова.

Защита диссертации состоится 19 декабря 2013 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.220.02 на базе ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» по адресу: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, главный корпус.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

Автореферат разослан 15 ноября 2013 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Жигунов Анатолий Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Способность к естественному возобновлению – важнейшая особенность лесных сообществ. Известно, что природные сообщества более устойчивы к вредителям и болезням, чем искусственные, поэтому вопросы естественного возобновления лесов имеют и практическое и научное значение.

В «Программе развития лесного хозяйства РФ до 2020 года» особое внимание уделяется совершенствованию способов восстановления лесов и повышению их устойчивости. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на повышение эффективности мероприятий по лесовосстановлению.

В условиях таежной зоны естественное лесовозобновление имеет определенные преимущества перед лесными культурами и, особенно в тех случаях, когда речь идет об удаленных, труднодоступных участках леса и отдельных типах леса.

Степень разработанности темы исследования. Знание особенностей естественного возобновления лесобразующих пород позволяет решать задачи воспроизводства хвойных лесов эффективно и с наименьшими затратами. По сравнению с созданием лесных культур, естественное лесовозобновление и меры содействия ему не требуют существенных капиталовложений.

На сегодняшний день возобновительный потенциал древесных пород изучен и используется далеко не полностью. В публикациях вопросы естественного возобновления рассматриваются без учета множества факторов, оказывающих существенное влияние на успешность этого процесса. В связи со сказанным выше, данная проблема нуждается в дальнейшем исследовании.

Не изучена связь между ходом естественного возобновления сосны и основными компонентами лесных фитоценозов. Недостаточно сведений о влиянии состава, сомкнутости и относительной полноты материнских древостоев на молодое поколение сосны в зависимости от типа леса.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – оценка успешности естественного возобновления сосны в условиях Ленинградской области. Для этого необходимо было исследовать особенности структуры и состояния молодого поколения сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в зависимости от характеристик материнского древостоя в условиях интенсивно развивающегося региона Северо-Запада России. В ходе исследований были решены следующие основные задачи:

1. Изучен и обобщен опыт исследований в области естественного возобновления сосняков таежной зоны.
2. Произведена оценка успешности естественного возобновления сосны под пологом материнских древостоев, на вырубках и в переходной зоне между вырубкой и древостоем.
3. Исследованы особенности структуры и состояние подроста сосны в разных типах леса.

4. Изучены особенности распределения подростка сосны по категориям состояния.

5. Даны предложения по оптимизации учетных работ при оценке успешности естественного возобновления сосны.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

1. На примере Ленинградской области проведено комплексное изучение закономерностей процесса естественного возобновления сосны по типам леса.

2. На основе материалов, полученных на объектах с длительным сроком наблюдений, на временных пробных площадях и на производственных объектах дана оценка возобновительного потенциала сосны в условиях Ленинградской области.

3. На обширном материале выявлены закономерности формирования молодого поколения сосны на вырубках и под пологом в зависимости от режима освещенности и основных характеристик материнского древостоя.

4. Выявлены особенности естественного возобновления сосны в переходной зоне между вырубкой и древостоем.

Теоретическая значимость работы.

1. **Доказана** зависимость структуры и состояния подростка сосны под пологом материнского древостоя от его основных характеристик и режима освещенности в разных типах леса.

2. **Выявлены** особенности естественного возобновления сосны под пологом древостоев и на вырубках.

3. **Дано обоснование** необходимых мероприятий по использованию возобновительного потенциала сосны для воспроизводства сосновых лесов в условиях Ленинградской области.

4. **Предложены** рациональные методы оценки успешности естественного лесовозобновления под пологом древостоев и на вырубках.

5. **Раскрыты** возможные пути повышения эффективности мер по воспроизводству сосны в условиях таежной зоны.

6. **Получены** новые сведения о структуре и жизнеспособности подростка сосны под пологом материнских древостоев и на вырубках.

Практическая значимость работы. Представленные материалы могут служить основой для внесения поправок и дополнений в нормативные документы по лесовосстановлению на Северо-Западе РФ, могут быть использованы при формировании лесных планов и лесохозяйственных регламентов.

Предупреждение смены пород и уменьшение затрат на лесовосстановление имеет первостепенное значение в современных экономических условиях. Полученные данные являются важным вкладом в теорию и практику восстановления и повышения устойчивости сосновых лесов.

Методология и методы исследования. Методология базируется на системном подходе и комплексных принципах оценки. Используются типовые и усовершенствованные методики, применяемые в лесоводстве и таксации. Исследования проведены на постоянных и временных пробных площадях,

производственных объектах, расположенных в нескольких лесничествах Ленинградской области. Длительность опытов позволяет сохранять методологическую преемственность в сборе и обработке информации.

Теория построена на известных, проверяемых в процессе исследований данных и фактах. В большинстве случаев полученные нами результаты согласуются с опубликованными данными других исследователей.

Использованы современные методы сбора и обработки экспериментальных данных. При обработке полученного материала использованы приложения Microsoft Excel и пакет прикладных программ STATGRAPHICS Plus 5.0.

Положения, выносимые на защиту. На основе проведенных исследований в диссертации рассмотрены, сформулированы и обоснованы следующие научные положения:

1. Закономерности изменения структуры и жизнеспособности молодого поколения сосны под пологом материнских древостоев в зависимости от их таксационных характеристик и режима освещенности.

2. Особенности изменения численности, состава и состояния подроста сосны на вырубках.

3. Особенности естественного возобновления сосны в переходной зоне между вырубкой и древостоем.

4. Усовершенствованные методы оценки успешности естественного лесовозобновления сосны под пологом древостоев и на вырубках.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов обеспечена и подтверждена многолетними, комплексными экспериментальными исследованиями, при этом использованы современные методы сбора и обработки экспериментальных данных. Полученный материал обрабатывался методами математической статистики. Основные результаты исследований получили статистически достоверную оценку на 95 % уровне.

Апробация результатов. Исследования проводились в рамках научно-исследовательских работ кафедры лесоводства Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета 2010-2013 гг. по нескольким направлениям:

1. «Основные закономерности, динамика и меры регулирования восстановительных процессов в нарушенных хозяйственным воздействием лесных фитоценозах Северо-Запада России», № государственной регистрации 01200008412;

2. «Лесоводственно-экологическая оценка структурных и функциональных изменений в нарушенных хозяйственным воздействием лесных экосистемах Северо-Запада России» (темплан Министерства образования и науки);

3. «Исследование восстановительного потенциала лесных фитоценозов в условиях активного хозяйственного воздействия», № государственной регистрации 012000955740;

4. «Экологическая оценка и долгосрочный прогноз изменения продуктивности и возобновительного потенциала лесных экосистем Северо-Запада России на основе динамического моделирования» (ФЦП),

Государственный контракт № 02.740.11.5197 от 12.03.2010, № государственной регистрации 01201054340;

5. «Закономерности изменения продуктивности недревесных ресурсов леса в условиях Северо-Запада России» (СФИ), № государственной регистрации 5.4536.2011.

Результаты исследований представлялись на межвузовских, региональных, всероссийских и международных конференциях: ежегодные научно-технические конференции по итогам научно-исследовательских работ (СПбГЛТУ, 2010-2013), «Леса России в XXI веке» (СПбГЛТУ, 2010-2013), «Динамическое моделирование в лесном хозяйстве как инструмент устойчивого развития лесного хозяйства» (СПбГЛТА, 2011), «Renewable Wood and Plant Resources: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine», (The Saint-Petersburg State Forest Technical Academy of S.M. Kirova, 2011), «Применение методов динамического моделирования для ведения устойчивого лесного хозяйства» (СПбГЛТУ, 2011), «Возобновляемые лесные ресурсы: инновационное развитие в лесном хозяйстве» (СПбГЛТУ, 2012), 7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (Ohrid, Macedonia, 2012), «Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения» (Архангельск, 2013).

Личный вклад автора. С участием автора сформулирована научная проблема, разработана программа и методика исследований. Совместно с коллегами осуществлен сбор полевого материала, его первичная обработка, составление баз данных. Лично автором выполнена статистическая обработка, анализ и обобщение эмпирического материала.

Публикации. Основные результаты исследования опубликованы в 13 работах, в том числе в 4 статьях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, 1 монографии, 1 свидетельстве на программу ЭВМ и 1 свидетельстве на базу данных.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 135 наименований и приложения. Текст диссертации изложен на 162 странице, включает 41 таблицу, 30 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Состояние проблемы

Исследования, направленные на изучение особенностей возобновления хвойных пород и в частности сосны, всегда остаются актуальными. В данной главе представлен обзор научной литературы и характеризованы существующие представления о влиянии древостоя на состав и состояние подроста; рассмотрены работы, характеризующие значение хозяйственных мероприятий для возобновления сосны (Колданов, 1966; Побединский, 1979; Львов и др., 1980; (Маслаков, 1984; Астрологова, 2002; Цветков, 2004; Наквасина, Федотов, 2006; Сапников, 2009).

Анализ литературы показывает, что до настоящего времени отсутствуют системные сведения о зависимости численности подроста сосны от состава древостоев, сомкнутости полога и режима освещенности, т.е. комплексная оценка условий для успешного развития молодого поколения сосны не проводилась, следовательно, этот аспект требует дальнейшего исследования.

2. Объекты исследования

Исследования проводились на постоянных пробных площадях Лисинского учебного лесничества, Рошинского и Сиверского, а также Ладожского военного лесничества, таблица 1.

Таблица 1 – Общая характеристика древостоев на постоянных ПП

Номер объекта	Состав	Тип леса	Класс бонитета	Относительная полнота	Нер, м	Дер, см	Запас, м ³ /га
Лисинское учебное лесничество							
10*	8С2Б	С.черн.	III	0,8	21,2	23,0	264
11*	8С2Б	С.черн.	III	0,7	22,1	23,7	244
12	8С2Бед.Е	С.черн.	III	0,7	21,8	22,7	232
13	9С1Бед.Е	С.черн.	III	0,7	22,2	23,9	243
Рошинское лесничество							
21	10С ед. Е	С.брус	III	0,8	21,4	24,2	290
22	10С ед. Е	С.брус	III	0,7	21,0	23,9	250
23	10С ед. Е	С.брус	III	0,8	21,1	24,3	290
24*	8С2Е	С.брус	III	0,5	23	32	198
25*	8Е1С1Б	Е. кис.	III	0,7	21	24	319
26*	9С1Е	С. чер.	III	0,6	21	28	215
27*	9Е 1С	Е. чер.	I	0,9	24	28	310
28*	9Е 1С	Е. чер.	I	0,9	24	28	310
29*	9С1Е	С.долг.	II	0,8	24	24	190
Ладожское лесничество							
31	10С	С.лиш.	V	0,6	16,1	14,2	70
32	10С	С.лиш.	V	0,5	16,2	21,9	140
33	10С	С.лиш.	V	0,4	15,9	17,8	100
34	10С	С.лиш.	V	0,8	21,1	22,3	290
35	10С	С.лиш.	V	0,7	16,9	20,1	180
36	10С	С.лиш.	III	0,7	21,0	21,9	250
«Сиверский лес»							
5-1	10С ед. Б	С.черн.	I	0,8	24,3	27,4	378
5-2	10С ед. Б	С.черн.	I	0,7	28,3	26,6	329
12-1	10С+Бед.Е	С.черн.	I	0,8	26,0	21,9	379
12-3	10Сед.Б	С.черн.	II	0,8	26,0	21,4	359
6-2	10Сед.Б	С.брус	I	0,8	27,6	27,0	394
6-3	10С	С.брус	I	0,8	24,2	21,3	335
6-6	10С	С.брус	I	0,8	29,0	27,9	403
6-9	10С	С.брус	I	0,8	30,2	31,2	418

* Характеристика псаждения до рубки

Кроме этого временные пробные площади были заложены в Лисинском, Любанском, Морозовском и Роцинском лесничествах. Объекты представляли собой участки спелых сосняков лишайниковых, брусничников, черничников и долгомошников, а так же вырубки 6-12 летней давности в тех же типах леса.

3. Программа и методика исследования

Программой работ предусмотрена оценка успешности естественного возобновления сосны на вырубках, под пологом древостоя и в переходной зоне между вырубкой и древостоем, а так же исследование влияния освещенности, относительной полноты и густоты древостоя, сомкнутости полога и средней высоты древостоя на успешность естественного возобновления сосны.

Полевые работы по учету подроста, живого напочвенного покрова, подлеска проводись по запатентованной методике (Грязькин, 1997) на круговых учетных площадках постоянного радиуса 178,5 см. Учитывалось количество деревьев по породам, численность подроста, его состояние, категория крупности, высота и возраст, а так же встречаемость, проективное покрытие видов, составляющих живой напочвенный покров.

Для каждого опытного объекта определяли географические координаты и таксационные характеристики древостоя. На объектах постоянного наблюдения осуществляли также измерение сомкнутости крон и освещенности.

Для оценки особенностей структуры и характера распределения подроста в переходной зоне между вырубкой и древостоем проводили отдельные учеты на 10-метровых полосах. На этих полосах измеряли величину освещенности, температуру почвы и воздуха.

Для изучения хода роста молодого поколения сосны и определения биометрических характеристик хвои отбирали модели подроста, у которых измеряли высоту и величину прироста по годам, определяли возраст и жизненное состояние, количество ветвей в мутовках и возраст хвои.

К подросту относили молодое поколение сосны в возрасте 3-лет и старше, когда у растений уже сформировались боковые побеги. Максимальная высота подроста – 4 м, максимальный диаметр ствола на высоте груди – 4 см.

4. Особенности структуры и состояния молодого поколения сосны под пологом материнских древостоев

Зависимость численности и состояния подроста сосны от таксационных характеристик древостоев. Лимитирующим фактором успешного развития подроста *Pinus silvestris* L. под пологом древостоев является, в первую очередь – освещенность. Величина освещенности существенным образом изменяется не только по сезонам года и в течение дня, но изменяется и в зависимости от величины облачности и состояния погоды. Под пологом древостоев на режим освещенности влияет не только состав древостоя, но также и другие его характеристики: средняя высота и средний возраст материнского древостоя, его густота и ярусность, сомкнутость полога и относительная полнота.

В ходе наших исследований были выявлены существенные различия в режиме освещенности по типам леса (таблица 2).

Таблица 2 – Размах варьирования величины освещенности (%) в зависимости от сомкнутости полога и типа леса

Сомкнутость полога, %	Сосняк черничник	Сосняк брусничник	Сосняк лишайниковый	Сосняк долгомошник
91-100	1,1	-	-	-
81-90	2,2-3,1	3,9-6,4	4,4	-
71-80	4,9-6,3	7,5-12,8	8,9-14,5	-
61-70	7,4-11,9	13,0-24,4	16,9-24,3	8,0-33,4
51-60	-	23,8-34,6	25,7-37,8	9,3-24,9
41-50	-	-	39,8-42,6	-

Полученные данные свидетельствуют о том, что для подроста сосны наилучшие условия по освещенности формируются под пологом сосняка лишайникового, где освещенность, в зависимости от относительной полноты древостоев, составляет 5-20 тыс. люкс, а на открытом месте: в мае – 57 тыс. люкс, июне – 62, в июле – 59, а в августе – 46 тыс. люкс.

В ходе исследования нами была рассмотрена зависимость густоты соснового подроста от ряда таксационных показателей древостоев – количества деревьев и коэффициентов участия сосны в составе, сомкнутости полога, относительной полноты и средней высоты.

Одним из основных видов статистического анализа, применяемых для решения подобного рода задач, является корреляционный анализ. Корреляционная матрица, описывающая связи между каждой парой упомянутых таксационных показателей, приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Корреляционная матрица

Таксационные показатели	Численность подроста	Густота древостоя	Сомкнутость полога	Относительная полнота	Средняя высота	Доля сосны в составе
Численность подроста, экз./га		<u>-0,6450</u> 0,0000	<u>-0,8652</u> 0,0000	<u>-0,9048</u> 0,0000	<u>-0,5980</u> 0,0000	<u>-0,1243</u> 0,4161
Густота древостоя, экз./га	<u>-0,6450</u> 0,0000		<u>0,6464</u> 0,0000	<u>0,6655</u> 0,0000	<u>0,0874</u> 0,5680	<u>0,0437</u> 0,7755
Сомкнутость полога, %	<u>-0,8652</u> 0,0000	<u>0,6464</u> 0,0000		<u>0,9531</u> 0,0000	<u>0,5086</u> 0,0004	<u>0,1980</u> 0,1923
Относительная полнота	<u>-0,9048</u> 0,0000	<u>0,6655</u> 0,0000	<u>0,9531</u> 0,0000		<u>0,5625</u> 0,0001	<u>0,1211</u> 0,4282
Средняя высота, м	<u>-0,5980</u> 0,0000	<u>0,0874</u> 0,5680	<u>0,5086</u> 0,0004	<u>0,5625</u> 0,0001		<u>0,0731</u> 0,6334
Доля сосны в составе	<u>-0,1243</u> 0,4161	<u>0,0437</u> 0,7755	<u>0,1980</u> 0,1923	<u>0,1211</u> 0,4282	<u>0,0731</u> 0,6334	

Примечание: в числителе указаны коэффициенты парной корреляции, в знаменателе – величины р-критерия оценки статистической достоверности

Как видно из приведенных в таблице данных, существует достоверная корреляция (p -критерий $< 0,05$) между густотой подроста и такими показателями насаждений, как густота и средняя высота древостоя, а также сомкнутость полога и относительная полнота. При этом в первых двух случаях связь может быть классифицирована, как умеренная ($0,5 \leq |r| < 0,7$), а в последних – как сильная ($0,7 \leq |r|$).

Взаимосвязь густоты подроста и доли участия сосны в составе насаждений является недостоверной. Это свидетельствует о том, что для появления соснового подроста существенное преобладание данной породы в составе древостоя не является обязательным.

Более сложным видом анализа, позволяющим установить конкретные формы математической взаимосвязи между переменными, является регрессионный анализ. С его помощью нами были установлены линейные регрессионные модели, описывающие зависимость густоты подроста от густоты древостоя и его средней высоты, а также сомкнутости полога и относительной полноты.

В таблице 4 приведены виды моделей и величины коэффициентов детерминации R^2 , характеризующих точность аппроксимации опытных данных.

Таблица 4 – Регрессионные модели, описывающие зависимость густоты соснового подроста от показателей насаждений

Независимая переменная	Наименование модели	Вид модели	R^2
Густота древостоя, экз./га	Обратная по X	$N_{podr} = -121,322 + 78289,9/N_{der}$	56,51
Сомкнутость полога, %	Обратная по X	$N_{podr} = -429,285 + 42047,8/Somkn$	78,10
Относительная полнота	Логарифмическая	$N_{podr} = -82,1085 - 620,939 \cdot \ln(P)$	85,63
Средняя высота, м	Квадратичная	$N_{podr} = (58,9276 - 1,96064 \cdot H)^2$	36,39

Как видно, линейные функции могут быть использованы для описания зависимости густоты подроста от густоты древостоя и его средней высоты, а также сомкнутости полога и относительной полноты. При этом, как можно судить по величинам коэффициентов детерминации, модели показывают высокую точность аппроксимации.

Установлено, что на численность подроста сосны в наибольшей степени влияет относительная полнота древостоев (сомкнутость полога). С увеличением относительной полноты древостоя, численность подроста снижается. Под пологом сосняка черничника эта зависимость выражена в большей степени, чем под пологом сосняка брусничника и сосняка лишайникового.

Даже при одинаковой полноте, в пределах одного типа леса численность подроста сосны и другие его характеристики (состав, структура по высоте и по возрасту, жизненное состояние) заметно различаются. В связи с этим полученные материалы были подвергнуты и дисперсионному анализу.

Дисперсионный анализ, как отдельный вид статистического анализа позволяет рассмотреть достоверность и долю влияния одного или нескольких факторов на изучаемый признак. В рамках нашего исследования методом дисперсионного анализа было рассмотрено влияние на густоту соснового подростка относительной полноты и коэффициентов участия сосны в составе насаждения (для других факторов, из-за более высокой изменчивости их значений, проведение анализа было невозможно).

С этой целью были рассчитаны общая C_y^2 , факторная C_x^2 и остаточная C_z^2 суммы квадратов отклонений, характеризующие соответственно изменчивость показателя в целом, а также под влиянием учтенных и неучтенных факторов, и равные:

$$C_y^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \right)^2}{N} \quad (1)$$

$$C_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right)^2}{m} - \frac{\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \right)^2}{N} \quad (2)$$

$$C_z^2 = C_y^2 - C_x^2 \quad (3)$$

где p - число факторов; m - число повторностей; N - объем выборки, $N = p \cdot m$; x_{ij} - значение изучаемого показателя при j -й повторности i -го фактора.

Доли влияния учтенного и неучтенных факторов на изучаемый признак равны соответственно:

$$d_x^2 = \frac{C_x^2}{C_y^2} \cdot 100\% \quad ; \quad (4)$$

$$d_z^2 = \frac{C_z^2}{C_y^2} \cdot 100\% \quad ; \quad (5)$$

Достоверность влияния различных факторов на изучаемый признак оценивалась на основании уже упомянутого r -критерия. Полученные величины перечисленных выше показателей приведены в таблице 5.

Как видно из таблицы, свыше 80% изменений густоты соснового подростка достоверно обусловлено относительной полнотой, следовательно и тесно связанными с ней показателями, к которым, как можно заключить из результатов корреляционного анализа (см. таблицу 3), относятся густота насаждения и сомкнутость полога.

Влияние доли участия сосны в составе насаждений на густоту подростка является недостоверным.

Помимо рассмотренных выше показателей, на постоянных пробных площадях в ходе исследования была измерена освещенность, для оценки связи которой с густотой подростка также были проведены корреляционный и регрессионный анализы.

Таблица 5 – Дисперсионный анализ данных

Показатель	Фактор	
	относительная полнота	коэффициент участия сосны в составе
Общая сумма квадратов отклонений C_y^2	990871,0	990871,0
Факторная сумма квадратов отклонений C_x^2	862956,0	180490,0
Остаточная сумма квадратов отклонений C_z^2	127915,0	810381,0
Доля влияния учтенных факторов d_x^2	87,1	18,2
Доля влияния неучтенных факторов d_z^2	12,9	81,8
p-критерий	0,000	0,149

Было установлено, что между данными показателями существует достоверная (p-критерий = 0,0003) сильная прямая корреляция ($r = 0,847$), а зависимость густоты подроста (N_{podr}) от освещенности (O) с наибольшей точностью ($R^2 = 81,97\%$) описывается степенной функцией вида:

$$N_{podr} = 99,3259 * O^{0,948376}$$

Подлесок под пологом сосняков представлен, как правило, небольшим количеством видов. Численность подлеска здесь редко достигает 5 тыс./га. В первую очередь это характерно для сосняка лишайникового и сосняка брусничника, где в составе подлеска встречаются единичные экземпляры можжевельника, рябины и кустарниковой ивы (в понижениях рельефа). В этих условиях подлесок не оказывает никакого влияния на состояние и численность подроста сосны.

Наибольшая густота подлеска отмечена под пологом сосняка черничника. В составе подлеска здесь встречаются рябина обыкновенная, крушина ломкая, ива козья, жимолость татарская и другие виды. При любом составе древостоев и любых характеристиках древостоев, в составе подлеска преобладает *Sorbus aucuparia* L., ее численность в отдельных случаях достигает 4,5 тыс./га.

Установлено, что общая численность подроста снижается при численности подлеска более 4 тыс./га. На такие случаи приходится всего 23,5% из числа обследованных сосняков в данном типе леса. В целом, подлесок не оказывает заметного влияния на численность и структуру подроста сосны, т.к. густота подлеска под пологом сосняка лишайникового, сосняка брусничника, сосняка долгомошника не превышает 0,5-2, 5 тыс./га.

Структура и состояние подроста сосны в переходной зоне между вырубкой и древостоем. Особый случай – структура и состояние подроста сосны в переходной зоне между вырубкой и древостоем. Здесь с удалением от кромки вырубки численность подроста уменьшается, уменьшается количество видов в составе живого напочвенного покрова и подлеска, уменьшается

проективное покрытие и встречаемость отдельных видов. Мощность подстилки и его запасы с удалением от кромки вырубki в глубину леса увеличиваются. Эта зона имеет ширину примерно равную 20-30 м в сосняке черничнике и примерно двум средним высотам древостоя в сосняке брусничнике.

В таблице 6 даны средние значения для подростa сосны по учетным полосам шириной 10 м, расположенным вдоль длинной стороны вырубki. Объект исследования – сосняк брусничник полнотой 0,6 сомкнутость полога – 62%, количество стволов – 298 шт./га, средняя высота древостоя – 21,9 м (ПП 23). Смежный объект – вырубka 12-летней давности (ПП 22). Древостой до рубки имел характеристики, аналогичные древостою на ПП 23: сосняк брусничник полнотой 0,7.

Таблица 6 – Изменение численности подростa сосны его высоты и возраста под пологом сосняка брусничника в связи с различным удалением от кромки вырубki, ПП 23

Показатели	Удаление от кромки вырубki, м					
	1-10	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Численность, экз./га	3448	3256	3012	2513	1208	407
Средняя высота, см	1,96	1,83	1,28	1,03	1,12	0,88
Средний возраст, лет	7,2±0,4	8,7±0,7	9,4±0,9	9,1±1,5	11,5±1,4	12,1±2,0
Освещенность, люкс	19,7±3,2	11,4±4,1	6,7±2,0	4,9±1,1	3,1±0,9	2,7±1,0

Примечание. Здесь и далее во второй колонке указаны значения основных характеристик подростa сосны на вырубке, в 10-метровой полосе, примыкающей к стене леса.

С удалением от кромки вырубki под полог древостоев существенным образом меняется не только численность подростa, но и все другие характеристики, включая и встречаемость, таблица 7, рисунок 1.

Таблица 7 – Изменение численности (экз./га) и встречаемости (%) подростa сосны в переходной зоне между вырубкой и древостоем

Тип леса	Показатели подростa сосны	Удаление от кромки вырубki, м						
		1-10	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	
Сосняк брусничник	Ж	встречаемость	100	100	96,7	77,4	61,3	38,7
		численность	3448	3256	3012	2513	1208	407
	НЖ	встречаемость	23,3	26,6	36,6	33,3	39,7	43,3
		численность	27	18	86	94	124	118
Сосняк черничник	Ж	встречаемость	91,2	92,5	76,1	53,3	42,8	26,7
		численность	4126	2821	1320	533	208	68
	НЖ	встречаемость	16,1	19,4	38,7	48,4	54,8	64,5
		численность	74	127	183	178	212	206

Примечание. Ж – жизнеспособный подрост сосны; НЖ – нежизнеспособный подрост.

Если рассматривать встречаемость и структуру нежизнеспособного и сухого подростa сосны под пологом материнских древостоев, то можно наблюдать следующую картину: доля сухого и нежизнеспособного подростa

увеличивается с удалением от кромки вырубki под полог древостоя. При этом увеличивается средняя высота и средний возраст такого подростка, таблица 8.

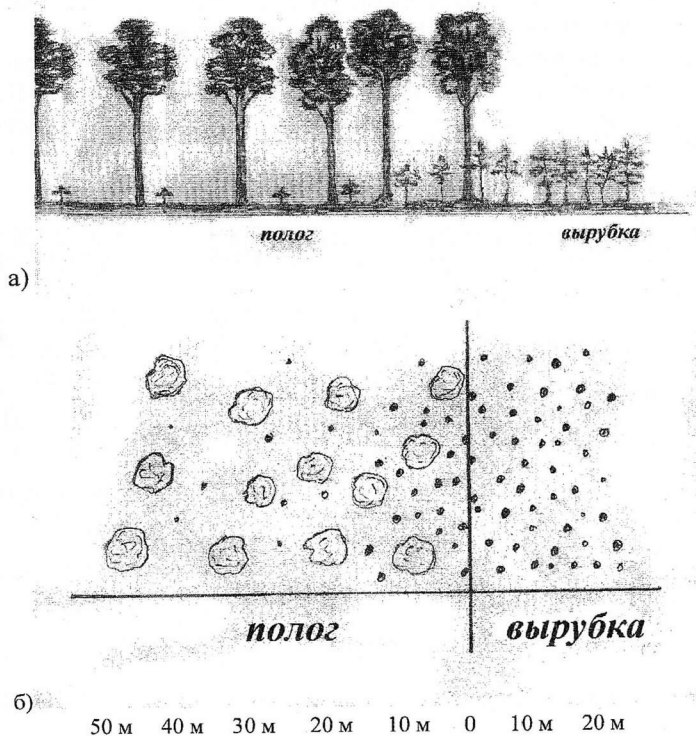


Рисунок 1 – Изменение структуры и размещения жизнеспособного подростка с удалением от кромки вырубki : а) вертикальный разрез; б) вид сверху

Таблица 8 – Изменение численности и других характеристик нежизнеспособного и сухого подростка сосны в связи с различным удалением от кромки вырубki, ПП 23

Показатели	Удаление от кромки вырубki, м					
	1-10	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Численность, экз./га	27	18	86	94	124	118
Средняя высота, см	0,27	0,32	0,76	1,23	1,28	1,27
Средний возраст, лет	3,4±0,4	3,6±0,7	5,1±0,9	7,0±1,5	8,7±1,4	9,8±2,0
Освещенность, люкс	19,7±3,2	11,4±4,1	6,7±2,0	4,9±1,1	3,1±0,9	2,7±1,0

Полученные результаты позволяют определить границу допустимых условий для успешного развития подростка сосны под пологом, и, в первую очередь – пороговые значения освещенности. Сопоставляя рисунки 3 и 4 можно прийти к выводу, что в переходной зоне оптимальное соотношение жизнеспособного и нежизнеспособного подростка наблюдается на расстоянии не более 30 м от кромки вырубки.

Дальше под пологом все характеристики подростка меняются, но чаще всего в пределах 10-15 % как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

В условиях черничного типа леса эти изменения проявляются в большей степени, чем в сосняках брусничниках, таблица 9. Объект исследования сосняк черничник полнотой 0,7, сомкнутость полога 81%, количество стволов – 469 шт./га, средняя высота 21,4 м (ПП 12). Смежный выдел – вырубка 9-летней давности (ПП 11). До рубки древостой имел такие же характеристики, как и на ПП 12. Здесь на режиме освещенности сказывается и состав древостоя. Примесь ели (30 %) приводит к заметному снижению освещенности под пологом по сравнению с сосняком брусничником, где в составе древостоя ель представлена единично.

Таблица 9 – Изменение численности подростка сосны его высоты и возраста под пологом сосняка черничника в связи с различным удалением от кромки вырубки

Показатели	Удаление от кромки вырубки, м					
	1-10	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Численность, экз./га	4126	2821	1320	533	208	68
Средняя высота, см	1,77	1,42	1,07	0,66	0,68	0,53
Средний возраст, лет	5,2±0,4	5,7±0,7	5,4±0,9	6,1±1,5	7,5±1,4	6,7±2,0
Освещенность, люкс	18,7±1,3	9,4±1,8	5,7±0,9	1,9±0,6	1,1±0,7	0,7±0,3

Примечание. В первой колонке указаны численные значения основных характеристик подростка сосны на вырубке, в 10-метровой полосе, примыкающей к стене леса.

Сравнивая данные, представленные в таблицах 7 и 9, можно видеть, что в целом освещенность под пологом сосняка черничника существенно ниже, чем под пологом сосняка брусничника. С этим связано и резкое уменьшение численности подростка под пологом сосняка черничника с удалением от кромки вырубки. Величина среднего общего прироста также существенно ниже, чем у подростка под пологом сосняка брусничника при одинаковом удалении от кромки вырубки.

5. Состояние и структура молодого поколения сосны на вырубках

В большинстве случаев условия для роста и развития подростка сосны на вырубке весьма благоприятны. Об этом свидетельствуют экспериментальные данные, полученные на вырубках разных типов, таблица 10.

Таблица 10 – Изменение численности (экз./га) и встречаемости (%) подроста сосны до типам леса на вырубке

Тип леса до рубки	Показатели	Жизнеспособный	Нежизнеспособный	Сухой
Сосняк липайниковый	численность	2275	61	101
	встречаемость	97,1	28,3	42,0
Сосняк брусничник	численность	3448	27	28
	встречаемость	100	23,3	22,7
Сосняк черничник	численность	4126	214	427
	встречаемость	91,2	16,1	34,9

Ход роста молодняков на вырубках исследовали на постоянных пробных площадях в Рощинском лесничестве Ленинградской области, представляющие собой участки сплошных рубок 1998/1999 гг. Пробные площади были заложены за год до рубки сотрудниками кафедры лесоводства СПбГЛТУ с целью исследования влияния сплошной рубки на малые лесные водосборы и на процесс естественного возобновления хвойных пород.

На объектах с длительным сроком наблюдений установлено, что численность подроста, его состав и другие характеристики на одних и тех же объектах меняется и по годам, таблица 11.

Таблица 11 – Динамика видового состава и численности подроста и подлеска на вырубке за 15-летний период, экз./га (сосняк черничник)

Порода	Годы проведения учета						
	1998	2000	2001	2006	2007	2010	2013
Сосна	-	67	333	400	367	177	674
Ель	1067	467	670	800	867	1431	2698
Береза	67	1867	965	2600	2800	3300	5105
Осина	-	-	1200	467	733	1192	1457
Рябина	3733	2133	2200	1067	800	1198	3776
Бузина	-	-	733	-	-	318	216

По составу подрост неоднороден. На всех объектах в черничном типе леса доминируют лиственные породы, в основном берёза. Подрост лиственных и хвойных пород на объектах наблюдения имеет равномерное распределение.

Жизнеспособный подрост по всем биометрическим показателям под пологом и на вырубке существенно различается (таблица 12). Средние значения основных характеристик подроста сосны свидетельствуют о том, что под пологом древостоев условия для его роста и развития не оптимальные.

Таблица 12 – Сравнительные характеристики жизнеспособного подроста сосны, произрастающего под пологом древостоя и на вырубке

Показатель	На вырубке	Под пологом
Средняя высота при одинаковом возрасте (7 лет), м	1,36	0,48
Средний прирост в высоту в возрасте 7 лет, см/год	19,7	6,8
Среднее количество ветвей в мутовке, шт	5,10	2,33
Охвоенность побегов, шт. на 1 см длины побега	8,94	7,94
Возраст хвои, лет	3,20	2,80
Цвет хвои	ярко зеленый	бледно-зеленый
Длина 100 хвоинок, см	402,1	382,8
Масса 100 хвоинок, г	2,11	1,23

Возрастная структура подростка сосны имеет явно выраженные максимумы, приходящиеся на семенные годы, рисунок 2.

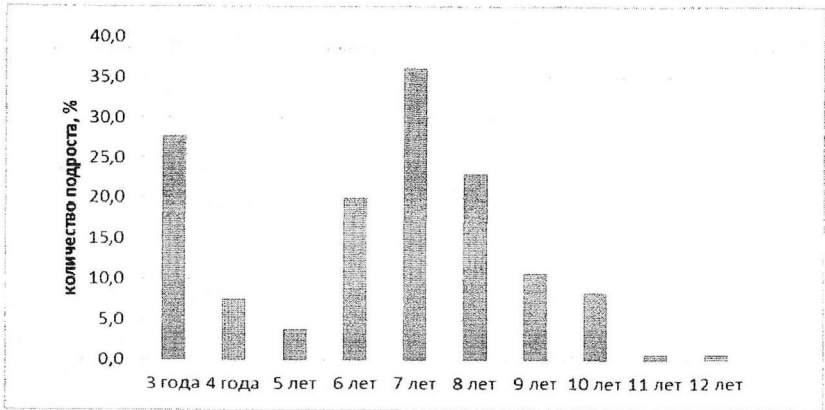


Рисунок 2 – Возрастная структура подростка сосны на вырубке 1998/1999 гг.

Распределение по площади подростка отдельных пород различается по объектам наблюдения. Наиболее равномерное распределение подростка наблюдается в условиях сосняка брусничника и сосняка долгомошника. На остальных объектах неравномерное и групповое размещение является причиной сильного развития злаковой растительности.

На вырубках, как правило, подрост сосны появляется на следующий год после проведения рубки. При этом подрост предварительного возобновления практически отсутствует. В составе подростка на сухих почвах присутствует береза (10-20 %) и в небольшом количестве ель (до 10 %). После рубки сосняка черничника, формируются молодняки с преобладанием лиственных пород.

Как и под пологом древостоев на вырубках присутствуют подлесочные породы. Рябина преобладает на всех объектах, ее численность достигает 4 тыс./га. Кроме рябины в составе подлеска на вырубке присутствуют бузина красная, ивы кустарниковые и крушина ломкая. Подлесок с такой численность не оказывает существенного влияние на развитие подростка сосны.

В живом напочвенном покрове на вырубках доминирует травянистая растительность, включая злаки (таблица 13), которая в конце вегетационного периода образует сплошной ковер из лежащих растений, что приводит к повреждению подростка и в первую очередь мелкого. В условиях сосняка брусничника велика доля кустарничков, которые не оказывают отрицательного влияния на появление и развитие подростка сосны.

Таблица 13 – Изменчивость проективного покрытия видов живого напочвенного покрова по типам леса на вырубке и под пологом

Жизненные формы	Сосняк черничник		Сосняк брусничник	
	на вырубке	под пологом	на вырубке	под пологом
Кустарнички	29,0	43,0	53,9	54,4
Лишайники	-	0,4	7,3	23,1
Мхи	22,8	33,4	10,3	9,1
Травы	102,3	60,4	47,2	7,8
В том числе злаки	62,4	12,8	20,2	1,9

Основные выводы

1. Независимо от типа леса естественное возобновление сосны на вырубках идет более успешно, чем под пологом материнских древостоев, численность подроста сосны на вырубках в 5-10 раз превышает численность под пологом. В наибольшей степени эти различия проявляются в условиях черничного типа леса: 3-5 тыс./га на вырубке и 100-700 экз./га под пологом.

2. Доля жизнеспособного подроста сосны на вырубках, в зависимости от типа вырубки составляет от 79 до 95%, под пологом древостоев она существенно меньше – 35-48%. Следовательно, условия на вырубках являются оптимальными для подроста сосны.

3. Возрастной ряд подроста сосны на вырубках всегда короче (независимо от давности рубки), чем под пологом древостоя, где может составлять 1-36 лет.

4. При одинаковом возрасте доля крупного подроста на вырубке всегда выше, чем под пологом, а доля мелкого наоборот, выше под пологом.

5. Переходная зона между вырубкой и древостоем является эталоном для определения пороговых значений основных факторов обеспечивающих успешный рост и развитие подроста сосны.

6. Биометрические характеристики молодого поколения сосны на вырубке и под пологом различаются существенным образом: по высоте (при одинаковом возрасте) в 1,5 раза, по величине прироста в 1,5-2 раза, по количеству ветвей в ветовке в 2-3 раза, по массе и длине хвои – в 2 раза.

7. Естественное возобновления сосны по типам леса имеет свои особенности. В сосняках лишайниковых сосна возобновляется успешно, т.к. конкуренция со стороны других лесообразующих пород отсутствует. В сосняках черничниках возобновление сосны идет наименее успешно, сказывается конкуренция, следствием чего является большая доля нежизнеспособного и сухого подроста.

Список работ опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Гуров, С.В. Алгоритм и программа процесса лесовозобновления / С.В. Гуров, А.В. Грязькин, Н.В. Ковалёв, А.А. Фетисова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 197. – СПб.: СПбГЛТУ, 2011. – С. 256-263.

2. Беляева, Н.В. Сравнительная оценка структуры живого напочвенного покрова после рубок ухода и комплексного ухода за лесом в сосняках брусничных / Н.В. Беляева, А.В. Грязькин, Н.В. Ковалёв, А.А. Фетисова, И.А. Кази // Вестник Московского государственного университета леса. – М.: МГУЛ, 2012. – № 6. – С. 194-200.

3. Фетисова, А.А. Оценка успешности естественного возобновления хвойных пород на вырубках / А.А. Фетисова, А.В. Грязькин, Н.В. Ковалёв, Марко Гуталь // Известия вузов. Лесной журнал. – Архангельск, 2013. – № 6. – С. 7-11.

4. Грязькин, А.В. Особенности плодоношения рябины обыкновенной (*SORBUS AUCUPARIA L.*) на вырубках / А.В. Грязькин, Н.В. Ковалёв, А.С. Ходачек, А.А. Фетисова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 195. – СПб.: СПбГЛТУ, 2011. – С. 77-86.

Монографии и публикации в периодических изданиях, материалах конференций

1. Чертов, О.Г. Динамическое моделирование в лесном хозяйстве: Монография / О.Г.Чертов, А.В. Грязькин, А.А. Фетисова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТА, 2011. – 64 с.

2. Belyaeva, N.V. The Dynamics of Natural Grass Vegetation in the Forests under the Influence of Silvicultural Thinning / N.V. Belyaeva, A.V. Gryazkin, N.V. Kovalev, A.A. Fetisova, A.S. Khodachek // Renewable Wood and Plant Recourses: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine: Abstracts of the International Conference / Saint-Petersburg, 2011. – С. 68-70.

3. Beljaeva, N.V. The Logging Waste as Inexhaustible Resource for Alternative Energy / N.V. Beljaeva, A.V. Griazkin, S.V. Vavilov, N.V. Kovalev, A.A. Fetisova // Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems: Abstracts of the 7th Conference / Ohrid, Macedonia, 2012. – С. 66-67.

4. Ковалев, Н.В. Динамика естественного возобновления на вырубке большой площади / Н.В. Ковалев, А.А. Фетисова, А.В. Сканцев // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов / Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия – СПб., 2010. – С. 31-34.

5. Фетисова, А.А. Структура подроста хвойных пород на вырубках Рошинского лесничества / А.А. Фетисова, Н.В. Ковалев // Леса России в XXI веке: Материалы шестой международной научно-технической интернет-конференции / Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия – СПб., 2011. – С. 92-94.

6. Фетисова, А.А. Моделирование развития подроста в Рошинском лесничестве Ленинградской области / А.А. Фетисова, Н.В. Ковалёв, Марко Гуталь, А.В. Грязькин // Леса России в XXI веке: Материалы седьмой международной научно-технической интернет-конференции / Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия – СПб., 2011. – С. 108-112.

7. Волкова, Е.О. Взаимосвязь численности и встречаемости подроста ели под пологом древостоев и на вырубках / Е.О. Волкова, А.А. Фетисова, А.Н. Дадох // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: сборник материалов Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов / Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет – СПб, 2011. – С. 25-29.

8. Климов, Б.Б. Особенности процессов естественного возобновления сосняков западного Забайкалья / Б.Б. Климов, А.А Фетисова, Г.Р. Файрузова // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов. – Вып.16. Архангельск, 2013. – С. 81-88.

Просим принять участие в работе диссертационного Совета Д212.220.02 или прислать Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова, Ученому секретарю диссертационного совета.

ФЕТИСОВА АННА АЛЕКСАНДРОВНА

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать с оригинал-макета 14.11.13.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Уч.-изд. л. 1,0. Печ. л. 1,25. Тираж 100 экз. Заказ № 277. С 20 а.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5.